XXIII COPINASVAL 2013

Margarita, Venezuela del 30 de septiembre al 04 de octubre 2013

CONGRESO PANAMERICANO DE INGENIERÍA NAVAL, TRANSPORTE MARÍTIMO E INGENIERÍA

República Bolivariana de Venezuela

Nueva Esparta, Porlamar

(Isla de Margarita)

30 de Septiembre al 4 de Octubre de 2013



Libro de Ponencias y Conferencias del XXIII Congreso Panamericano de Ingeniería Naval, Costa Afuera e Ingeniería Portuaria COPINAVAL 2013.

© 2010. COPINAVAL es un Congreso organizado por el Instituto Panamericano de Ingeniería Naval. Todos los derechos reservados.

XXIII COPINAVAL

Editado por:

José Gregorio Passariello Verdicchio
José Ángel Fraguela Formoso
Luís Carral Couce

2013

Libro de Conferencias Magistrales y Ponencias Técnicas del XXIII Congreso Panamericano de Ingeniería Naval, Portuaria y Costa Afuera COPINAVAL 2013.

Publicado por: **Instituto Panamericano de Ingeniería Naval (IPIN)/SOINAVE**

Publicado por primera vez 2013

ISBN: 978-980-7629-00-3
Deposito. Legal: lfx04120136203343

Copyright: IPIN. 2013

Todos los derechos reservados, incluido el de traducción. A excepción de la copia autorizada, ninguna parte de esta publicación puede ser reproducida, almacenada en sistema de recuperación o transmitida en cualquier forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, fotocopia u otro, sin el permiso previo por escrito de la editorial IPIN.
Este libro se publica entendiendo que los autores son los únicos responsables de las declaraciones y opiniones expresado en el mismo y que su publicación no implica necesariamente que tales declaraciones y/u opiniones son o reflejan las opiniones o dictámenes de los organizadores o los editores.

All rights, including translation reserved. Except for fair copying, no part of this publication may be reproduced, stored in retrieval system or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying or otherwise, without the prior written permission of the publisher IPIN.
This book is published on the understanding that the authors are solely responsible for the statements made and opinions expressed in it and that its publication does not necessarily imply that such statements and/or opinions are or reflect the views or opinions of the organisers or publishers.

COMITÉ ORGANIZADOR

Presidente
Ing. José Passariello

Vicepresidente
Ing. Reynaldo García

Secretario Ejecutivo
Ing. Jesús Sulbarán

Tesorero
CN. Gastón Correa

Coordinador Técnico
Ing. Manuel González Belmonte
Ing. José Roque

Relaciones Públicas
Lic. Marie Lourdes Jansen

Salón Náutico

ABG. Darío González

Director Producciones ES3

www.produccioneses3.com

Programa de Acompañantes

Lic. Marie Lourdes Jansen

mariepassariello@gmail.com

Secretaria General

Ing. Jessica Ramos San Fiel

IPIN AMERICAS

Presidente: José Gregorio Passariello Verdicchio (República Bolivariana de Venezuela)
1er. Vice-presidente: Julio César Cóppola (Uruguay)
2do. Vice-presidente: Gilberto Becerra Arévalo (Perú)
Director Financiero: Luis Alberto de Mattos (Brasil)
Director Técnico: José Marcio Vasconcellos (Brasil)

COMITÉ CIENTÍFICO

Directores Nacionales

Argentina: Gustavo Lucas Toubes
Brasil: Newton Narciso Pereira
Canadá: Ángel García-Proveyer
Colombia: CA. Roberto Sáchica Mejía
Cuba: José González Cobas
Chile: CA. Giancarlo Stagno Canziani
Ecuador: Fernando Maridueña
México: Marvin Gutiérrez Morales
Panamá: Adán Vega
Perú: Víctor Obregón Pizarro
República Dominicana: Fernando McDowell, Dante Badaracco
Uruguay: Jorge Freiría
Venezuela: José Vasquez Salazar

Consejo Consultivo

Amado Galiano Ortíz (Cuba)
CN Carlos Blamey Ponce (Chile)
Carlos Brañas (Argentina)
Valte. Cesar Pinto Corrêa (Brasil)
Dennis de La Torre Cortes (Perú)
Enrique de Souza (Uruguay)
Ernesto Marta (Uruguay)
Fritz Grannemann (México)
Gabriel Delgado (México)
Germán Aguirrezabala (Uruguay)
CF Germán García Castellanos (Colombia)
Gerson Rojas (Venezuela)
Jessica Ramos San Fiel (Venezuela)
CN Jorge Carreño (Colombia)
TN José Tilve (Uruguay)
CN Luís Niemann Figari (Chile)
Calte. Luiz Alberto Ordoñez (Colombia)
Marcelo Santos Neves (Brasil)
Marcos Salas Inzunza (Chile)
Mario Tedesco (Uruguay)
CN Mario Veloso Valenzuela (Chile)
Natasha Águila Valdés (Cuba)
Patrick Townsend (Ecuador)
CN Paul Johnson Huerta (Chile)
Ramón Velasco (Perú)
Roberto González Suárez (Cuba)
Rogelio Orillac (Panamá)
Sergio Chertkoff (Uruguay)
Tochi Ichi Tachibana (Brasil)
Víctor Sánchez Urrutia (Panamá)

EVALUACIÓN POR PARES

Nombre: Marvin Ángel Gutierrez Morales
País: México
Teléfono: 52 - 229 - 9310999
Email: marvingm@prodigy.net.mx
Profesión: Ingeniero Naval

Nombre: AdÁn Vega Saenz
País: Panamá
Teléfono: 507 - 6019 - 8076
Email: adan.vega@utp.ac.pa
Profesión: Doctor en Ingeniería Naval

Nombre: José Antonio Zamora Uriana
País: Venezuela
Teléfono: 0414 - 6615541
Email: jose.antonio-zamora2969@hotmail.com
Profesión: Ingeniero Naval

Nombre: José Ángel Fraguela Formoso
País: España
Teléfono: +34 - 981 - 337400
Email: jafraguela@udc.es
Profesión: Doctor Ingeniero Naval (Ph. D.)

Nombre: Edhin Antonio Jiménez Ugarte
País: Venezuela
Teléfono: 58 - 424 - 2820688
Email: edhinj@gmail.com
Profesión: Ingeniero Naval

Nombre: Luis Carral Couce
País: España
Teléfono: +34 - 981 - 337400
Email: l.carral@udc.es
Profesión: Doctor Ingeniero Naval (Ph. D.)

Nombre: Raúl Villa Caro
País: España
Teléfono: +34 - 981 - 337400
Email: raul.villa@udc.es
Profesión: Ingeniero Naval / Capitán Marina Mercante

AUSPICIADORES DEL EVENTO



INDICE

INDICE

CONFERENCIAS MAGISTRALES

Nuevas tendencias en prevención de riesgos laborales, calidad y medio ambiente, en instalaciones de producción naval.
José Ángel Fraguela Formoso..... 17

Después del SWATH nace el SWASH!
Fritz Grannemann……..……..... 45

Ruido generado por los buques: su impacto en los "hombres de la mar" y en el medioambiente. Las exenciones regulatorias y sus irreversibles consecuencias.
Publio Beltrán…….…….. 68

LNG combustible marino
Luís Guerrero Gómez…….... 158

New trends and forward looking visions in the protection of marine environments systems technologies
Justin Salisbury……..... 183

"Ecoeficiencia" Una nueva herramienta para apoyar mejores decisions sobre las inversions de recubrimiento del casco
Marcus Antonio Pereira Torres……..…..... 215

CT-01 EDUCACIÓN

Historia de los COPINAVALES
Gutierrez Morales, Marvin Ángel……... 246

El estudiante de Ingeniería Naval de la ESPOL y la excelencia Académica
Cristóbal Mariscal Díaz……..…. 259

CT-02 REPARACIONES NAVALES, INDUSTRIAS AUXILIARES

Riesgos en la reparación de buques tanque y su prevención.
José Ángel Fraguela Formoso; Luís Carral Couce; Raúl Villa Caro; Marcos Míguez González; Sara Ferreño González..... 279

Influência dos parâmetros de soldagem GMAW e GMAW-CW sobre a diluição e relação reforço/largura na recuperação de zonas erodidas aplicadas na indústria naval
Pedro Paulo Guimarães Ribeiro; Paulo Dangelo Costa Assunção Emanuel Bruno Ferreira dos Santos; Eduardo de Magalhães Braga..... 299

Development of a Methodology for Correcting Distortions Produced by Welding Processes in Naval Structures
Adan Vega Sáenz……..... 311

CT-03 CONSTRUCCIÓN NAVAL

Estruturas preenchidas com fluido em pressão positiva e suas possíveis aplicações na área naval
Sdepan Bogosian Neto; Alexandre Wierner Pesquisador; Rubens Carlos Oliveira Silva; Jocyr Sanchez de Almeida…….. 330

Winche con caracteristicas de control avanzadas para labores de maniobra en superyates
Luis Carral Couce; Juan Carlos Carral Couce; José Ángel Fraguela Formoso; Gerardo González Filgueira; Miguel Lamas Pardo…….. 348

Sistema automatizado para control en embarcaciones con fines optimizados en materia de medioambiente y consumo energético.
Juan Pablo Echaniz……..…….. 374

Sistema de produção integrado na construção naval
Delmo Alves de Moura; Rui Carlos Botter..... 388

Método para determinação do calado a partir de fotografias com câmeras não calibradas
Sdepan Bogosian Neto…….. 405

Uma avaliação comparativa de estratégias de arranjos físicos para a fabricação de lanchas metálicas
Rafael Araújo Sales; José Ailton da Silva Júnior; Raniery Carlos de Sousa; João Maria da Silva Santos……... 418

Innovación en la construcción de patrulleras de apoyo fluvial para la armada nacional de colombia
Mayra Alejandra Ovalle Fonseca…….. 441

Selección del equipo de amarre y fondeo de un remolcador
Raúl Villa Caro; Luis M. Carral Couce; José A. Fraguela Formoso……... 461

Diseño preliminar de una lancha para operaciones de rescate y asistencia médica en el Lago Maracaibo
Joanny Patricia Lugo Paredes..... *482*

Metodología desarrollada para el Recupero de Seguros de los Proyectos Navales en ejecución, afectados por el Terremoto - Tsunami del 27-Febrero-2010 en ASMAR(T.)
Manuel Alberto Massoglia Vargas..... *519*

Análise de risco na seleção de um estaleiro para a construção de embarcação fluvial
Ricardo A. de Oliveira Ferreira; Floriano C M Pires Jr; Luiz Felipe Assis..... *562*

CT-04 TRANSPORTES MARÍTIMOS Y FLUVIALES, OBRAS PORTUARIAS

Sistema automatizado para el manejo de carga paletizada a bordo de buques frigoríficos
Raúl Villa Caro; Luis M. Carral Couce; José Á. Fraguela Formoso..... *593*

Tipos de naves y facilidades portuarias como alternativas para mejorar el transporte fluvial en la zona de la Amazonia Ecuatoriana
Maricruz Fun-sang Cepeda..... *618*

Impacto de políticas de gestão de Canal de Navegação
Daniel de Oliveira Mota; Newton Narciso Pereira; Rui Carlos Botter..... *632*

Modelo de simulação para dimensionamento da frota de contêineres movimentada por navios em rota dedicada
João Ferreira Netto; Rui Carlos Botter..... *651*

Measuring the efficiency of a ship fleet
Jean-David Caprace; José Ruben Cedeño Coronel..... *665*

An integrated container terminal simulator
Rui Carlos Botter; Newton Narciso Pereira; Afonso Celso Medina *680*

El mercado marítimo internacional a traves de la crisis económica
José González Cobas..... *691*

Estimación de cargas marinas de petroleo por calados para buque tanque petrolero y quimiquero como metodo de cuantificación indirecta de cargas de petroleo, productos refinados y quimicos.
Carlos Esteban Laya Márquez..... *713*

Estaciones móviles de apoyo fluvial, un modelo de innovación para la Armada Nacional de Colombia
John Jairo Oviedo Sánchez…… 736

Medios de salvamento para la nueva terminal de contenedores del puerto de Mariel, Cuba.
Aleop Tur Gutierrez…….. 752

CT-05 EMBARCACIONES PESQUERAS

Optimizacion de la resistencia al avance de una embarcación pesquera por medio de bulbos de proa, utilizando análisis numérico y experimental
Jorge Alfredo Mendoza Dávila; David A Mestanza Rodrigues; Jhonatan Curi Casafranca ……..…. 763

Caracterização da frota pesqueira de mar aberto do sul do Espírito Santo.
Lucas de Carvalho Guesse; Thiago Pontin Tancredi; Bernardo Luis Rodrigues de Andrade..... 791

Propuesta: Prescripciones de Seguridad para el Diseño, Construcción y Modificación de Buques Pesqueros. Una Visión Integradora
Jaya Sri Flores López…….. 806

CT-06 CIENCIAS NAVALES, INVESTIGACIONES

Ensayos comparativos de resistencia en aguas someras
Santiago Herrera; Jorge Freiria Pereira…… 862

Study of different types of materials for use in passenger vessels for the Amazon Region
Hito Braga de Moraes; Philip Alan Wilson……..…. 873

Efectos sobre la resistencia al avance de barcazas tipicas existentes en la Amazonia Peruana utilizando métodos numéricos
Jorge Alfredo Mendoza Dávila; Juan Carlos Javier Puma Reátegui; Jorge Luis Ramírez Rosa; Mariano Marcos Moscol Proaño…… 897

Evaluation of methods for estimating power to the most common form of hulls in the Amazon
Hito Braga de Moraes; Philip Alan Wilson ……..…. 918

Simulación numérica a través de elementos finitos de una embarcación fluvial
Anthony Brito Ticlavilca Tenorio; David Alejandro Mestanza Rodriguez; Felipe Francisco Rivera Tirado; Jorge Vera Ermitaño……..…. 938

Desarrollo de un robot sumergible no tripulado (ROV) para inspección de tuberias en el Canal de Panama - análisis de maniobrabilidad
Adan Vega…… 950

Uma visão geral do segmento da construção náutica, turismo e lazer no Brasil
Delmo Alves de Moura, Rui Carlos Botter…… 965

Mejora de la confiabilidad y disponibilidad operacional de una plataforma de combate, mediante un esfuerzo logístico centrado en las performances
Carlos Blamey Ponce…….. 983

Modelación isotrópica de los esfuerzos del espejo de un bote de fibra impulsado por motor fuera de borda
Patrick Townsend Valencia…… 1008

Estimativa de ruído através de fórmulas empíricas: aplicação em navios e plataformas offshore
Víctor M. Palma; Luiz Antônio Vaz Pinto; Antonio Carlos Ramos Troyman; Juan M. Bueno..... 1021

Análise Preliminar de Perigos das etapas para a descarga de Granéis Líquidos de um Navio-Tanque em um Terminal Portuário Especializado
Francisco de Assis Basilio de Moraes; Marcelo Ramos Martins..... 1043

Estimativa numérica do fator de forma de embarcações
Marcos Felipe B.P. de Araujo; Kazuo Nishimoto..... 1076

Sistema automatizado para la gestión de información y pronósticos de comportamiento del Mercado Marítimo Internacional
Jorge Herrera Franklin; José González Cobas; Suitberto Cabrera García…….. 1095

Estudo operacional de manipulador robótico aplicado a soldagem na construção naval
Elaine Nascimento de Freitas; Eduardo de Magalhães Braga; Paulo D'ângelo Costa Assunção; Lino Alberto Soares Rodrigues; Igor Ricardo Prado da Silva 1112

Redes Neuronales para Movimiento Portuario: Tiempo de espera en fila en función de la tasa de ocupación del terminal
Edgard Mulford Garcia; Thiago Pontin Tancredi; Bernardo Luis Rodrigues de Andrade…….. 1128

Aplicação de fotogrametria na determinação da geometria de um propulsor: análise numérica de seu desempeho e comparação com estimativas a partir das séries sistemáticas

Lucas Fujiwara Osako; Bernardo Luis Rodrigues de Andrade; Thiago Pontin Tancredi…… *1152*

Aplicação de fotogrametria na determinação da geometria de um propulsor: comparação com séries sistemáticas
Lucas Fujiwara Osako; Thiago Pontin Tancredi; Bernardo Luis Rodrigues de Andrade…… *1181*

Estudo do clima organizacional em uma embarcação e os reflexos no comportamento e segurança da tripulação.
Rosa Maria Padroni; Alfredo Colenci Junior; Ana Teresa Colenci Trevelin; Humberto Rosseto; Alfredo Junior Colenci …… *1203*

Curve interpolation with normal information to determine contour lines
Edson Kenji Ueda ;J ocyr S. de Almeida; Marcos de Sales Guerra Tsuzuki…… *1227*

CT-07 ESTANDARIZACIÓN

Estandarización de metodologías para la aplicación de sistemas de protección contra la corrosión en el interior de tanques de lastre en embarcaciones marinas
Maryory Astrid Gómez; José Adrián Tamayo; Juan Guillermo Castaño; Francisco Bolívar; Paolo Medina García; Daniel de la Cruz; José Alfredo Morales…… *1246*

Estudio comparativo de las sociedades de clasificación en el cálculo del número de equipo de un buque
Raúl Villa Caro; Luis Manuel Carral Couce; José Ángel Fraguela Formoso; Antón González Martín…… *1267*

Homologación de la construcción de espigones flotantes de hormigón armado en Cuba
Roberto Luis González Suárez…….. *1286*

CT-08 EMBARCACIONES RÁPIDAS

Structural optimization of high speed boats built with composite materials
Christian Bonal Rayes; Thiago Pontin Tancredi; Bernardo Luis Rodrigues de Andrade…… *1296*

Aplicação de fotogrametria para o levantamento das características geométricas do casco de embarcações de planeio
Carla Regina De Oliveira Teodoro; Camille Lucie Leducq; Bernardo Luis Rodrigues de Andrade; Lucas Favero Silvestre; Rafael Ide Hashiba; Thiago Pontin Tancredi…… *1316*

Lancha Ambulancia Florence
Luis Rafael Hansell Camacho…… *1354*

CT-09 TECNOLOGÍA DE COSTA AFUERA

Position keeping costs of floating offshore platforms for marine renewable energies
Laura Castro Santos; Sara Ferreño González; Vicente Díaz Casas; José Ángel Fraguela Formoso…….. *1376*

Diseño/análisis de un buque FSPO en aguas profundas del Golfo de México.
José Hernández Hernández; Alberto Omar Vázquez Hernández…… *1388*

Elementos a considerar en una instalación de una nueva monoboya como estructura costa afuera
José Perdomo Rivadeneira……..…… *1401*

Análisis de los equipos de amarres para diferentes configuraciones de plataformas offshore flotantes
Alicia Munín Doce; Laura Castro Santos; Sara Ferreño González; Vicente Díaz-Casas; José Ángel Fraguela Formoso……..…. *1435*

Plantas nucleares flotantes para la industria offshore usando combustible nuclear tipo VVER y ciclos basados en Torio
D. E. Milian Lorenzo; D. Milian Pérez; L. P. Rodríguez García; J. Salomón Llanes……...…… *1455*

Equipo generador de energía eléctrica undimotriz
Carlos Eduardo Matus Parra…… *1468*

Diseño de la estructura de pontones y columnas de una plataforma semisumergible para perforación
Andrés Eloy Aguilera Muñoz; Luis Antonio Bravo Sosa ……..…… *1482*

Estudio para la especificación de un sistema de energia undimotriz para zonas aisladas
Ignacio Martínez Neghme…… *1502*

CT-10 MEDIO AMBIENTE

Desenvolvimento de um sistema para registro da quialidade da agua de lastro
Newton Narciso Pereira; Hernani Luiz Brinati; Geert Jan Prange; Marcelo Nelson Páez Carreño; Marco Isaías Alayo Chávez; Fábio Belotti Colombo... *1528*

Estudio conceptual de una estación autosustentable generadora, almacenadora y abastecedora de hidrógeno para zonas aisladas
Mario Gustavo Galarde Muñoz…… 1547

Impacto do nível de serviço portuário nas emissões atmosféricas dos navios
Newton Narciso Pereira; Daniel de Oliveira Mota; Marcos Nogueira; Rui Carlos Botter..... 1569

Diseño de un sistema de recepción y almacenamiento de mezclas oleosas para el muelle de Carúpano, municipio Bermúdez, estado Sucre, Venezuela
Francisco Rodriguez; Jesús Rodríguez……..… 1581

PÓSTERES

Parametric analysis of the structural design of high speed boats built with composite materials
Christian Bonal Rayes, Thiago Ponten Tancredi……..… 1620

PONENCIAS DE ESTUDIANTES

Programas informáticos para el diseño y análisis de buques
Fernando Polimeno……...…. 1622

Remolcador oceánico. Prediccion de maniobrabilidad
Mención especial Premio Mejor Trabajo de Estudiante. Argentina 2011
Eduardo Goldsztejn; Emilio Bressan; Mario Colpachi……..…. 1638

CONFERENCIAS MAGISTRALES

Nuevas tendencias en prevención de riesgos laborales, calidad y medio ambiente, en instalaciones de producción naval

José Ángel Fraguela Formoso Doctor Ingeniero Naval (Ph. D.)
Universidad de A Coruña. Escuela Politécnica Superior. Calle Mendizábal s/n 15403 Ferrol (España). jafraguela@udc.es. Teléfono +34 981337400. Fax +34 981337410

RESUMEN

El sector de la construcción y reparación de buques, tiene que adaptarse a las modificaciones tecnológicas, normativas y de negocio, para seguir siendo competitivo y bien aceptado en su país y en los mercados internacionales.

Muchas de estas modificaciones, vendrán impuestas por los clientes. Otras estarán influenciadas directamente por las políticas sociales de protección de los trabajadores, las políticas interiores de libre circulación de productos, personas, servicios y capitales y las políticas medioambientales de protección del medio ambiente acuático, aéreo y terrestre, adoptadas por los países, por la Unión Europea (UE), el Mercado Común del Sur (MERCOSUR), la Comunidad Andina (CAN), el Mercado Común Centroamericano (MCCA), la Comunidad del Caribe (CARICOM), el Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) y otros.

Estamos en una economía global, pero también en una economía de bloques, donde la mayoría de los pequeños y medianos países, parten con desventaja.

En este contexto, podemos hablar de la nueva cultura empresarial, basada en una serie de principios fundamentales, como: la integración de los sistemas de gestión de la prevención de riesgos laborales, de la calidad y del medio ambiente; la

investigación, el desarrollo y la innovación; la ética del trabajo; el liderazgo; la gestión de valores; la gestión del capital intelectual; la mejora continua y la responsabilidad social empresarial.

Es una cultura sustentada en las personas, en la que los trabajadores deben considerarse como uno de los mayores activos de las empresas, siendo fundamental la gestión de los recursos humanos para alcanzar el desarrollo sostenible y la excelencia empresarial.

1. INTRODUCCIÓN.

En el mundo de las nuevas construcciones y reparaciones de buques, dentro de una economía global, es difícil adaptarse a las exigencias de clientes muy distintos y a las diferentes disposiciones legislativas y normativas a nivel internacional y de los países con los que negocia.

Es necesaria la implantación de sistemas de gestión en el astillero y empresas auxiliares, para transmitir confianza a los clientes en la estructura empresarial, en los buques construidos o reparados y en los equipos, servicios y sistemas instalados. La certificación de la empresa, de personas y productos, aumenta la competitividad y añade valores cualitativos, que pueden ser decisivos en la mejora de la empresa y su permanencia en el mercado.

Una estrategia empresarial basada en las personas, mediante la gestión eficaz de los recursos humanos, la capacidad intelectual, formación, actitud y compromiso de los trabajadores, serán valores imprescindibles para el futuro de la empresa, que pueden llevarla a la excelencia.

Para aumentar la productividad, la competitividad y el desarrollo empresarial, serán pilares fundamentales, la investigación, el desarrollo, la innovación, la mejora continua, la certificación, las nuevas tecnologías y la mejora de los métodos de

trabajo, Por ello, necesitarán grandes inversiones por parte de las propias empresas y de los países.

Se sabe también, que el bajo nivel de innovación y formación en la empresa, así como de la participación de los trabajadores en la toma de decisiones, producen pérdidas de productividad y competitividad.

Las estadísticas confirman que todavía existen altos niveles de siniestralidad y enfermedades profesionales en los astilleros, detectándose un aumento de los niveles de insatisfacción y riesgo psicosocial entre los trabajadores.

Existe una mayor conciencia de la necesidad de aplicar en las relaciones comerciales, normas internacionales de Responsabilidad Social de las Empresas y de Desarrollo Sostenible, que serán bien vistas y valoradas por los clientes a la hora de decidir sus compras. Esta conciencia aumenta a medida que se hace mayor la actividad de las empresas a nivel mundial.

En este escenario en el que he tratado de situar a nuestras empresas de construcción y reparación naval, con las herramientas de gestión de que disponemos actualmente, con las políticas social, interior y medioambiental estructuradas e implantadas en la Unión Europea y América que mencioné anteriormente, apoyadas con un sistema de normalización armonizada y de infraestructura de la calidad y seguridad industriales, que permitan implantar un sistema armonizado de normalización-certificación, deberíamos estar en situación de obtener una mejora importante en nuestros resultados empresariales.

Los conceptos de prevención de riesgos, calidad y medio ambiente de la empresa, deberán ser valores cambiantes, mediante los cuales las organizaciones tratan de satisfacer las necesidades y las expectativas de los empresarios, trabajadores, proveedores, clientes y de la sociedad.

Los principios esenciales de lo que podría llamarse Nueva Cultura Empresarial y como están interrelacionados entre sí, pueden representarse en el modelo de la figura 1, en el que unos agentes facilitadotes nos van a conducir a unos resultados empresariales mucho más satisfactorios, modelo que deberá estar en continua revisión, con objeto de tender hacia la excelencia empresarial.

2. LOS AGENTES FACILITADORES DE LOS RESULTADOS EMPRESARIALES.

Siguiendo la figura 1, iré comentando brevemente cada uno de los principios esenciales que aparecen en el modelo y que van a contribuir al éxito empresarial.

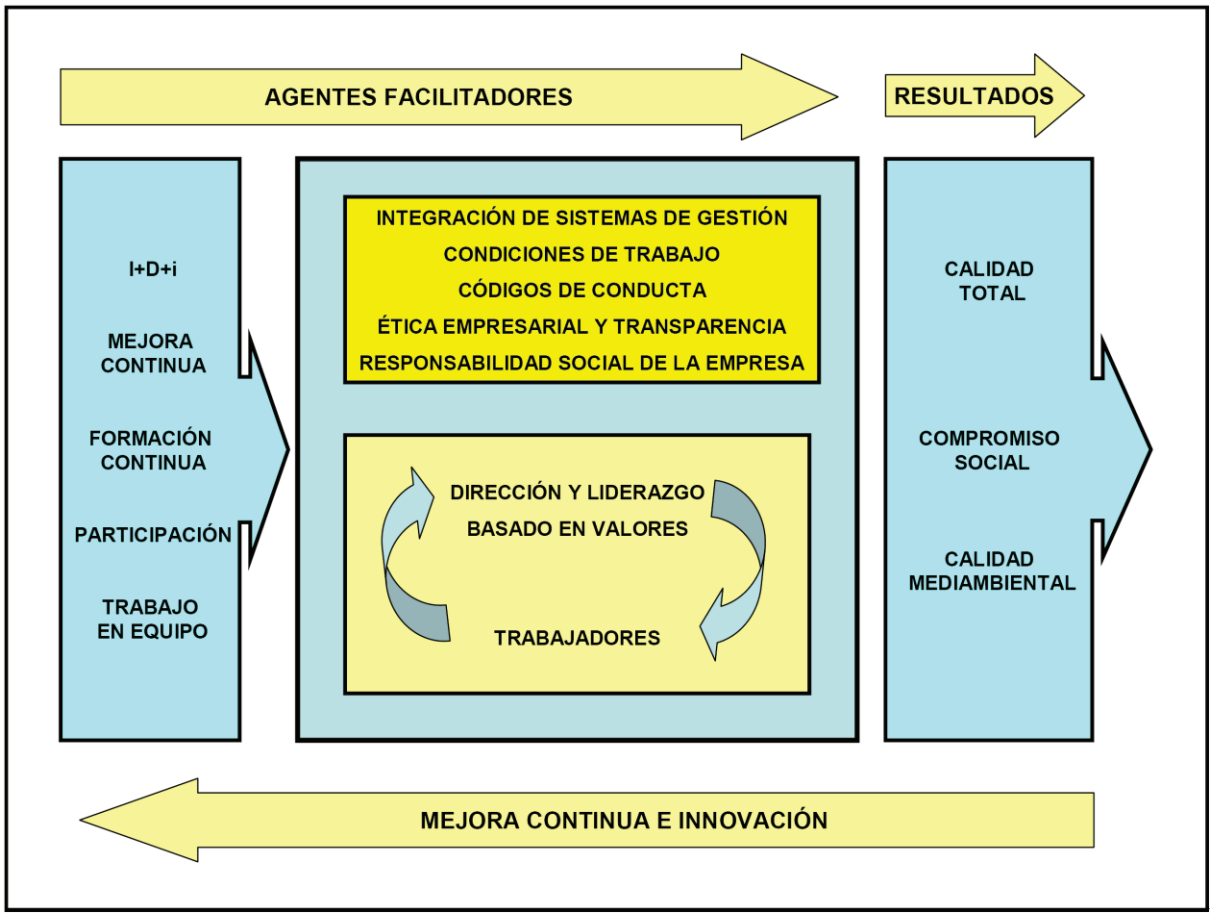


Figura 1. Interrelación de los Principios esenciales de la Nueva Cultura de Empresa

2.1. Investigación, desarrollo e innovación.

Por parte de la administración de los países, pero también por las empresas, es necesario incrementar los recursos dedicados a la investigación, desarrollo e innovación.

Los proyectos internacionales, nacionales y regionales de investigación y desarrollo, realizados por las universidades y las empresas de cada país, van a contribuir decisivamente al desarrollo empresarial y económico. De ahí la necesidad de que se dediquen mayores partidas económicas a estos proyectos.

La innovación es fundamental para mejorar la productividad y la competitividad de las empresas. La innovación tecnológica, deberá aprovechar las mejores tecnologías del mercado, pero también tendrá que adaptarse a las capacidades de sus trabajadores. Necesitará de la mayor creatividad y aporte que puedan darle todos sus trabajadores. Por ello es fundamental que se mejoren las condiciones de trabajo y de satisfacción del trabajador.

2.2. Formación continua.

La formación continua es el elemento esencial en cualquier proceso de cambio, a todos los niveles de la empresa. Constituye la garantía de desarrollo empresarial.

La planificación de la formación interna de la empresa, deberá identificarse totalmente con los objetivos de la organización, adaptándose a las necesidades de la actividad específica de cada trabajador. En algunos casos, como en los trabajos de gran riesgo, deberá ser mucho más responsable. En otros casos, necesitará de una certificación por alguna entidad certificada.

Es necesaria para mejorar y aumentar las aptitudes y actitudes de los trabajadores, permitiéndole a estos, conseguir un mayor desarrollo profesional y un aumento de sus posibilidades de promoción dentro de la empresa.

2.3. Participación y trabajo en equipo.

La empresa tiene que ser competitiva, si quiere permanecer en el mercado y seguir creciendo. Par lograrlo necesita establecer y reforzar los canales de comunicación y participación a todos los niveles, fundamentalmente en aspectos que puedan afectar al trabajador. Pero nada lograremos, si no contamos con la implicación y cooperación de los trabajadores.

El trabajo en equipo incrementa los niveles de comunicación, participación, implicación, cooperación, aprendizaje continuo, organización del trabajo, satisfacción y calidad de los productos fabricados.

A estos objetivos, contribuyen los círculos de calidad y de creatividad, permitiendo el desarrollo y mejora de la empresa y el establecimiento de un lugar de trabajo agradable, mejorando las condiciones de trabajo y favoreciendo la integración de la prevención en un proyecto de mejora continua. Además permiten mejorar las capacidades y las cualidades personales de los trabajadores, motivándolos y logrando cotas más altas de satisfacción.

2.4. Integración de sistemas de gestión.

Cualquier sistema de gestión empresarial, es un conjunto de elementos mutuamente relacionados o que interactúan, para establecer la política y los objetivos y para lograr dichos objetivos

Es necesario utilizar los Sistemas de Gestión Integrada (SGI), enfocados al logro de unos determinados resultados, en relación con los objetivos de la Seguridad y Salud, la Calidad y el Medio Ambiente, para satisfacer las necesidades, expectativas y requisitos de las partes interesadas, según corresponda.

Para favorecer y simplificar la implantación de Sistemas de Gestión Integrada, necesitamos de modelos que permiten implantar en las empresas sistemas de Gestión de la Prevención, Gestión de la Calidad y Gestión Medioambiental. Modelos que existen y que han evolucionado con el paso de los años.

Hagamos un poco de historia, porque la historia es actualidad para muchas empresas de muchos países, de modo que conociendo el camino recorrido por otras muchas, servirá de ayuda para orientarse en este mundo empresarial tan complejo y competitivo.

Durante siglos, las actuaciones a favor de la **protección de la salud de los trabajadores** se mantienen en valores testimoniales. La revolución industrial del siglo XIX, trae un aumento considerable de los riesgos industriales, de los accidentes y de las enfermedades profesionales.

Se producen actuaciones marcadas por un carácter proteccionista y reparador, dirigido a aquellos trabajadores que han sufrido un daño, y especialmente una lesión corporal motivada por un accidente de trabajo. Es la clásica protección de riesgos laborales, con actuaciones fundamentalmente reactivas o posteriores a la producción del daño.

La prevención activa comienza con H. Willians Heinrich, en 1931, al realizar un estudio sobre 70.000 accidentes de trabajo, obteniendo resultados convincentes acerca de la importancia que tiene para la empresa el estudio económico de los costos ocasionados por un accidente de trabajo, incluso si este no causa lesiones a un trabajador. Considera que la actuación más interesante es sobre los actos o condiciones peligrosas.

En 1969 Frank Bird estudia 1.753.498 casos de accidentes notificados en los Estados Unidos de América, concluyendo que el 5% de la facturación de las empresas, se lo llevan los costes ocasionados por los accidentes, lo que le lleva a

aconsejar que la gestión de la prevención debe integrarse en el sistema de gestión global de la empresa.

Actualmente las políticas preventivas de los Estados, la negociación sindical, los costos derivados de los accidentes, incluidas las responsabilidades derivadas, la política de los seguros, la opinión de los consumidores y otros, son aspectos que deberían ser suficientes para la implantación por parte de las empresas de sistemas eficaces de gestión de riesgos.

Pasan los años, mejoran las condiciones de trabajo en algunas empresas, pero en la actualidad las estadísticas de la mayoría de los países desarrollados, nos golpean con datos desalentadores. Cada vez hay más accidentes de trabajo y enfermedades profesionales.

La conclusión es que falla el sistema, al no integrarse la gestión de la prevención de riesgos laborales en el sistema de gestión de la empresa.

La unión de los países en bloques para favorecer las relaciones entre ellos, permite fijar una serie de políticas comunes, que repercuten sobre el intercambio de trabajadores, productos y el medio ambiente, aportando herramientas que contribuyen a la implantación y mejora en los sistemas de gestión.

Así ha ocurrido en la Unión Europea (UE), con la gran reforma del Tratado Constitutivo de la Comunidad Europea mediante el Acta Única Europea de 1986, permitiendo que la Seguridad y Salud en el Trabajo se convierte en un tema prioritario, con las disposiciones relativas a política social de protección del trabajador y a política interior de libre circulación de personas, productos, servicios y capitales. Aunque podría pensarse que ambas políticas tienen pocos vínculos en común, nada más alejado de la realidad, porque ambas políticas confluyen y se complementan en beneficio de una mayor prevención de riesgos para el trabajador. Por un lado la política social actúa sobre la mejora de las condiciones de trabajo del trabajador y la política interior tiene

una influencia decisiva sobre la seguridad de los productos, equipos de trabajo e instalaciones industriales.

En 1999 se aprueba la norma OHSAS 18001:"Sistemas de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo. Especificación", (revisada en 2007), con objeto de facilitar a las empresas a la implantación de un modelo de gestión preventiva, controlar los riesgos de seguridad y salud en el trabajo y mejorar su desempeño. Los requisitos de esta norma se han previsto para su incorporación a cualquier sistema de gestión, dependiendo la extensión de su aplicación de la política empresarial, la naturaleza de sus actividades, los riesgos y la complejidad de las operaciones. Para ayudar a su implementación en la empresa, se aprueba la norma OHSAS 18002:1999 "Sistemas de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo. Directrices para la implementación de OHSAS 18001".

El empresario deberá asumir que la prevención de los riesgos laborales deberá realizarse de forma permanente, mediante la integración de la actividad preventiva en el sistema general de gestión de la empresa, tanto en el conjunto de sus actividades como en todos los niveles jerárquicos de ésta. Adoptará cuantas medidas sean necesarias, en materia de plan de prevención de riesgos laborales, evaluación de riesgos, información, consulta, participación y formación de los trabajadores, actuación en casos de emergencia y de riesgo grave e inminente, vigilancia de la salud, y mediante la constitución de una organización y de los medios necesarios.

En el **área de la calidad**, también la Revolución Industrial cambia radicalmente los modelos empresariales que habían perdurado a través de los siglos. La masificación de las empresas, la división del trabajo, los operarios a destajo, hace que los sistemas tradicionales no sirvan para esta nueva situación

A finales del XIX, el sistema de "Gestión científica" de Taylor y el sistema de "Producción en masa" de Ford, con la separación de la planificación de la producción, producen un aumento de la productividad y la disminución de la calidad

de los productos. Esto provoca enormes problemas, que aconsejan el análisis estadístico de los defectos de los productos, con objeto de cuantificar la magnitud del problema.

Durante la Segunda Guerra Mundial, el ejército de los Estados Unidos de América, aplica los Military Standard, una serie de especificaciones técnicas a cumplir por los productos que compra. Aparece un nuevo concepto de Calidad como equiparable a **"Conformidad a unas especificaciones**".

Pero una cosa es lo que se pueda exigir a un producto en una recepción y otra es su comportamiento a lo largo de un periodo de tiempo en unas condiciones normales de uso. Se ve la necesidad de que el fabricante asegure que esto va a ser así y de esta forma en los años 50, se estudian técnicas de fiabilidad para asegurar la calidad de un producto durante su vida útil. Nace un nuevo concepto, el **"aseguramiento de la calidad",** mediante el cual se equipara a la calidad como "aptitud para el uso".

Pero todo cambia en los años 60, cuando en Japón se implanta una nueva forma de hacer las cosas, **la calidad total**, implantada con su modelo de gestión Total Quality Control (TQC), consiguiendo un éxito espectacular en el mundo.

El modelo es copiado en los Estados Unidos de América, pero el resultado esperado no se consigue, por lo que necesita una adaptación que se plasma en el modelo Total Quality Management (TQM).

La Unión Europea se mueve en esta dirección y crea en 1988 el modelo European Foundation for Quality Management (EFQM).

Una larga evolución que ha ido creando a lo largo de los años diferentes conceptos y formas de entender la Calidad.

Desde el concepto inicial de **Control del Proceso de fabricación** (control durante el proceso de fabricación basado fundamentalmente en el control estadístico de

procesos), se pasa al **Control de Calidad** (conjunto de actividades de inspección y ensayos encaminados a comprobar que el producto final cumple con las especificaciones), para llegar a la **Garantía de Calidad** (conjunto de actividades planificadas y sistemáticas, necesarias para garantizar que un producto o servicio va a satisfacer los requisitos de la calidad exigidos, independientemente del grado de inspección final que se aplique).

Finalmente se pasa a la **Calidad Total** (conjunto de principios y métodos, organizados dentro de una estrategia global, con vistas a movilizar a toda la empresa para lograr una mayor satisfacción del cliente interno y externo, al menor costo). La Calidad de las prestaciones, del trabajo, de la organización, de la imagen, de cada puesto de trabajo, de las relaciones, la calidad como satisfacción del cliente y como resultado, hacen que las empresas que adoptan este modelo, logren los mejores resultados empresariales que se puedan esperar. Es el camino hacia la excelencia empresarial, camino que no se puede improvisar.

El interés de los países por el **medio ambiente** es mucho más reciente y motivado por la aceleración de su deterioro. La contaminación de los suelos, aguas continentales y marítimas, la contaminación atmosférica, el calentamiento del planeta, el deterioro de la capa de ozono estratosférico, el impacto ambiental producido por el desarrollo de las empresas, son resultados fácilmente observables en cualquier entorno urbano e industrial.

La idea del medio ambiente, no debe quedar en un simple ecosistema. Su valor ecológico, sus recursos, su valor socio-cultural y paisajístico, hacen que los estados decidan actuar con la intención de poner límites a tantos desajustes como existen actualmente. El crecimiento económico, el uso racional de los recursos naturales y el medio ambiente están vinculados. Es necesario promover un crecimiento sostenible que respete el medio ambiente

El concepto de Sistema de Gestión Medioambiental, es nuevo en el mundo empresarial. Está vigente en la norma ISO 14001 “Sistemas de Gestión

Medioambiental. Especificaciones y directrices para su utilización", que permite implantar en la empresa un Sistema de Gestión Medioambiental, dentro del Sistema de Gestión Integrado, que repercute en la optimización del coste medioambiental. Optimización que viene por la vía de la prevención, mediante la minimización de residuos, vertidos y emisiones, como técnica de mejora continua, reduciendo en origen la generación de residuos, reciclando los subproductos empleándolos como materia prima, recuperando los subproductos como substancias que puedan ser empleadas en otro proceso.

Un Sistema de Gestión Integrada, posibilita y simplifica la implantación de un único sistema de gestión eficaz, adecuado para la empresa.

En un solo Manual de Gestión Integrada, se especifica el Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud, de la Calidad y del Medio Ambiente, de una organización.

Nuestro sistema de gestión podrá utilizar las normas OHSAS 18001:2007 "Sistemas de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo. Especificación", ISO 9001:2008 "Sistemas de Gestión de la Calidad. Requisitos" e ISO 14001 "Sistemas de Gestión Medioambiental. Especificaciones y directrices para su utilización". Es importante la correspondencia establecida entre OSHAS 18001de Seguridad y Salud, ISO 14001 de gestión ambiental e ISO 9001 de gestión de la calidad.

Cualquiera que sea el Modelo de Gestión Integrada que se adopte, debe contemplar los siguientes capítulos: Planificación; Organización; Documentación del Sistema de Gestión Integrada; Formación y Cualificación; Documentación del Sistema y su Control; Implantación; Evaluación y control del Sistema Integrado; Mejora del Sistema; Comunicación.

La integración de estos tres sistemas en uno solo (Sistema de Gestión Integrado-SGI) tiene muchas ventajas: la simplificación en la implantación del SGI, con respecto a la implantación de tres sistemas implantados por separado; mayor eficacia en la evaluación el control y el seguimiento del SGI; mayor participación de

los trabajadores en su implantación; se alcanzan cotas más altas en la mejora de las condiciones de trabajo, de la calidad y del respecto por el medio ambiente; las mejoras conseguidas traen como consecuencia, demandas menores de responsabilidad por incumplimientos; se reducen las primas de seguros; se consigue una mayor competitividad de la empresa; mayor confianza de los clientes; mejora de la imagen de la empresa.

Es verdad que la **implantación de un Sistema de Gestión Integrada** no está exenta de dificultades, unas internas y otras externas, a la empresa.

Entre las dificultades internas a la empresa podrían citarse, la falta de cultura, concienciación y formación por parte del empresario y trabajadores, la dificultad de lograr un equipo encargado de su implantación con una formación adecuada en las tres áreas, la temporalidad, subcontratación y precariedad en el empleo que provocan abusos y alta siniestralidad, el desconocimiento del empresario de sus responsabilidades en cada una de las materias.

En cuanto a las dificultades externas a la empresa, podrían citarse la falta de formación, concienciación y/o integración en las materias objeto de estudio, en los niveles de formación profesional y universitarios, la falta de inspectores que controlen las condiciones de seguridad y salud de las empresas, la falta del fomento de estos sistemas mediante desgravaciones fiscales por parte de los Estados, la falta de propaganda de las ventajas de un Sistema de Gestión Integrada por parte de las Confederaciones de Empresarios y de los Gobiernos.

Prueba de estas dificultades, la tenemos en el área de las Condiciones de Trabajo, con la triste realidad de las cifras de patologías laborales, que no bajan, a pesar del derecho de los trabajadores a una protección eficaz en materia de seguridad y salud en el trabajo.

Las empresas más importantes del mundo y la Pequeñas y Medianas Empresas mejor formadas y mentalizadas, comienzan a dar pasos en este sentido de la integración, otras ni lo piensan.

Queda por lo tanto un largo camino, nada fácil, pero es necesario recorrerlo para que las condiciones de trabajo mejoren, para que las empresas se vayan aproximando a los modelos de excelencia empresarial, para que nuestras actuaciones medioambientales estén en línea con el desarrollo sostenible.

5.5. Condiciones de trabajo

La mejora de las condiciones de trabajo, trae como consecuencia la reducción de los accidentes y daños a los trabajadores, las instalaciones y el medioambiente, una mejora de la calidad de vida laboral con trabajadores satisfechos y motivados y un aumento de los ingresos y beneficios tangibles e intangibles.

No es una tarea sencilla el controlar todas las condiciones de trabajo de todos los puestos y de todos los trabajadores de la empresa, dentro de unos valores asumibles. Tendríamos que controlar las siguientes condiciones:

Condiciones de la gestión preventiva:

- Compromiso de la dirección.
- Planificación.
- Órganos de prevención.
- Participación.
- Formación.
- Información.
- Actividades preventivas básicas.

Seguridad en el trabajo y seguridad de las instalaciones:

- Lugares y espacios de trabajo.
- Equipos de trabajo: instalación y uso.

Máquinas y herramientas: instalación y uso.

Aparatos y equipos de elevación y transporte: instalación y uso.

Aparatos a presión: instalación y uso.

Almacenamiento y manipulación de sustancias y preparados químicos.

Almacenamiento y uso de líquidos combustibles e inflamables.

Almacenamiento y uso de gases inflamables.

Instalación y uso de instalaciones eléctricas de alta y baja tensión.

Prevención y protección contra incendios.

Trabajos propios del sector industrial de que se trate.

Planes de emergencia

Higiene industrial:

Agentes químicos: gases, vapores, polvos, fibras, humos, nieblas, brumas.

Agentes físicos: ruidos, vibraciones; radiaciones no ionizantes, radiaciones ionizantes, estrés térmico, iluminación.

Agentes biológicos: virus, hongos, bacterias.

Ergonomía:

Diseño del puesto de trabajo (antropometría y geometría del puesto de trabajo, diseño ergonómico de puestos con PVD, confort térmico, ergonomía visual, confort acústico).

Estudio de la tarea (carga física, carga mental).

Estudio del individuo (características y conductas humanas).

Psicosociología aplicada:

Características de la empresa.

Estructura de la organización.

Características individuales.

Factores de la tarea.

Estrés.

Agotamiento psíquico.

Actuaciones hostiles continuadas.

Disfunciones.

Desde el punto de vista de la prevención de los accidentes y de las enfermedades profesionales, juegan un papel fundamental, la seguridad de las instalaciones, la seguridad intrínseca de los equipos de trabajo y su certificación y la seguridad del producto. Por otro lado, la formación de los trabajadores y su actitud ante los riesgos, cierra el círculo preventivo.

El factor humano tiene un gran protagonismo en la ergonomía. Sus líneas de actuación sobre el factor técnico y humano, son múltiples y menos conocidas que la seguridad del trabajo y de las instalaciones y de la higiene industrial, debiendo abarcar el diseño del puesto de trabajo (la antropometría y geometría del puesto de trabajo, el diseño ergonómico de puestos con pantallas de visualización de datos, el confort térmico, la ergonomía visual, el confort acústico), el estudio de la tarea (la carga física, la carga mental) y el estudio del individuo (las características y conductas humanas).

Pero es en la psicología y la psicosociología aplicada, donde el protagonismo total radica en el factor humano. Sus diferentes ámbitos de actuación son el estudio de las características de la empresa, de la estructura de la organización, de las características individuales de los trabajadores, de los factores de la tarea, el estrés, el agotamiento psíquico, las actuaciones hostiles continuadas, las disfunciones.

A muchos empresarios se le escapan demasiados detalles y casi siempre ignoran lo que cuestan y lo que valen las actuaciones en estas materias. No son capaces de ver la rentabilidad de las medidas preventivas a implantar en su empresa.

El empresario controla los gastos empresariales, todos ellos tangibles, como la evaluación y control de riesgos, la implementación y mantenimiento de las medidas preventivas, los recursos humanos, los procedimientos de trabajo y las primas de seguros.

Sería importantísimo que conociese que en su empresa hay una serie de ingresos tangibles, como el ahorro por reducción de fallos y la mejora de productividad, pero que también existen unos ingresos intangibles, como la mejora del capital intelectual de la empresa y la mejora del capital emocional de sus trabajadores.

El capital intelectual está constituido por el conjunto de conocimientos, experiencia aplicada, tecnología y destrezas que aportan valor y ventaja competitiva a la empresa. Está formado por otros tres: el capital humano, constituido por los conocimientos, actitudes, habilidades, motivaciones y satisfacción de los trabajadores; el capital estructural, que contiene los conocimientos compartidos, programas, patentes, bases de datos y cultura de la organización; y el capital relacional, con sus capacidades y potencialidades basadas en las relaciones con los trabajadores, proveedores, clientes y sociedad.

El capital emocional enriquece el capital intelectual con la dimensión afectiva, emotiva e intuitiva de los trabajadores con respecto a su trabajo y en su vida en general. Sus niveles de motivación son generados por factores extrínsecos al trabajo (salario, reconocimientos de logros, etc.), por factores intrínsecos al trabajo (fuente de aprendizaje y de desarrollo profesional y humano, que además satisface las capacidades y expectativas del trabajador) y por las capacidades y potencialidades de los trabajadores orientados hacia la mejora del entorno y de la sociedad.

No es bueno que el empresario sigua el modelo anticuado de valorar solo los aspectos financieros de la empresa, sin tener en cuenta que los trabajadores ocupan el núcleo del sistema empresarial, relacionados con los clientes, los procesos, los aspectos financieros y la innovación y el aprendizaje continuos. Es importante que valore los beneficios tangibles en forma de incremento de beneficios netos, pero es fundamental que valore los beneficios intangibles, como es la mejora de la competitividad.

2.6. Códigos de conducta y principios éticos.

La actividad empresarial a lo largo del tiempo, se fundamenta en la mutua confianza entre todos los grupos relacionados a través de su actividad. Si las actuaciones empresariales se desarrollan entre personas pertenecientes a la propia empresa y externas a ella, parece lógico que la confianza se base en comportamientos adoptados por la empresa y conocidos por todos ellos.

Los códigos de conducta permitirán conocer el compromiso de la empresa, en relación con las condiciones de trabajo, las relaciones con clientes y proveedores, con el medio ambiente y con la sociedad. Deberán ser principios básicos genéricos, claros y precisos. Su difusión deberá ser interna y externa a la empresa. No pueden convertirse en puro marketing empresarial y para ello deberán someterse a auditorias externas.

Los principios éticos deberán formar parte de la cultura de la empresa. Principios reales, objetivos y públicos, que deberían conducir a la excelencia humana y de la organización empresarial.

2.7. Responsabilidad social de la empresa.

Hablar de responsabilidad social empresarial, es hablar del Pacto Global de las Naciones Unidas (The Global Compact) propuesto en 1999 en el Foro Económico Mundial de Davos (Suiza), orientado a promover el desarrollo sostenible, en el cual se pide a las empresas que adopten voluntariamente en sus actuaciones, diez principios relativos a derechos humanos, normas laborales, medio ambiente y lucha contra la corrupción.

La Comunicación de la Comisión Europea de 2.7.2002 relativa a la responsabilidad social de las empresas: una contribución empresarial al desarrollo sostenible [COM (2002) 347 final], dice acerca de la responsabilidad social de las empresas (RSE) “El

concepto de responsabilidad social de las empresas se define en el Libro Verde como «la integración voluntaria, por parte de las empresas, de las preocupaciones sociales y medioambientales en sus operaciones comerciales y sus relaciones con sus interlocutores», pues las empresas son cada vez más conscientes de que un comportamiento responsable genera éxitos comerciales duraderos. Sin embargo, la responsabilidad social consiste también en gestionar los cambios dentro de la empresa de una manera socialmente responsable, lo que ocurre cuando una empresa procura reconciliar los intereses y las necesidades de las distintas partes de manera aceptable para todas ellas. Una gestión socialmente responsable de los cambios generará efectos positivos para las empresas a nivel macroeconómico".

En esta línea, los empresarios deben de apostar por el fomento e integración en los procesos fundamentales de la empresa, de criterios de responsabilidad social y de desarrollo sostenible e implantar una política de información, transparencia, responsabilidad y capacidad de verificación de estos criterios.

2.8. Dirección y liderazgo basado en valores.

Es fundamental el cambio en la dirección de la empresa, orientado hacia los resultados. La gestión basada en el diálogo, confianza mutua y satisfacción entre los grupos de interés de la empresa (proveedores, trabajadores, clientes y el entorno social), como factores fundamentales del éxito continuado de la organización.

La gestión basada en valores. La implantación de valores esenciales, como la competencia profesional, lealtad, honestidad, transparencia, igualdad, eficiencia profesional y compromiso con las personas.

La gestión basada en procesos en lugar de funciones, con objeto de facilitar la cooperación.

Los directivos y mandos intermedios, deberán ejercer el liderazgo de una forma coherente con el desarrollo de una cultura democrática y de excelencia. Deberán ser

modelos de referencia en sus funciones, valores y principios. Su implicación en la mejora continua del modelo de gestión, deberá ser total, contribuyendo a su desarrollo, fomentando la motivación y cualificación de los trabajadores, así como el reconocimiento de sus logros. Fomentarán la visión de futuro y el logro de resultados positivos. Su atención a los proveedores, clientes y a la sociedad, deberá ser la mejor posible.

2.9. Los trabajadores y el capital intelectual.

Los trabajadores y el capital intelectual, son el principal activo de la organización.

La mejora de la gestión de personal, basada en valores éticos y mejora continua, en el nivel de competencias y del conocimiento en concordancia con los objetivos empresariales, en la creación de canales adecuados, eficaces e incentivados de comunicación entre personas y la organización, en el reconocimiento de los logros, fomento de la implicación y recompensa mediante beneficios.

Aumentar la motivación intrínseca mediante el desarrollo de capacidades profesionales y personales y la motivación trascendente mediante la orientación hacia la mejora de las condiciones de trabajo, de vida y de la sociedad.

3. LOS RESULTADOS EMPRESARIALES.

3.1.Calidad total.

Actualmente no se puede hablar solamente de los aspectos financieros de la empresa. Es necesario situar a las personas en el núcleo del sistema empresarial, orientando la gestión empresarial hacia los clientes y los procesos que permitan ofrecer productos y servicios de calidad, a buen precio, con buen servicio y en corto plazo.

La calidad total está fundamentada en un conjunto de principios y métodos, organizados dentro de una estrategia global, con vistas a movilizar a toda la empresa para lograr una mayor satisfacción del cliente (interno y externo), al menor costo.

Los principales activos de la empresa son intangibles: su reputación y prestigio, el valor de la marca, la calidad integral del producto y servicio ofrecido, la confianza generada, fidelidad de trabajadores y clientes, etc.

La calidad del proceso productivo, con generación de valor en todas sus etapas. La calidad y precio justo del producto, como se obtiene, plazos de respuesta previstos y servicios asociados. La generación de un alto valor añadido, posible gracias a la innovación.

Deberá orientarse hacia las prestaciones, el trabajo, la organización, la imagen, de cada puesto de trabajo, las relaciones. La Calidad como satisfacción del cliente interno y externo y como resultado.

3.2. Compromiso con la sociedad.

La empresa está ubicada en un determinado entorno físico y social, que de alguna forma condiciona sus relaciones. Crea puestos de trabajo, mejora las condiciones de vida de sus trabajadores, genera bienes y servicios, crea riqueza social.

Pero todo esto no puede ser a cualquier precio. Los principios éticos, el respecto a los valores morales, interna y externamente a la empresa, la conservación del medio ambiente, la respuesta a las necesidades sociales de su entorno, tendrán mucho que ver con su crecimiento y su futuro.

3.3. Calidad medioambiental.

Sin la intervención de las empresas no se pueden controlar los daños medioambientales al planeta. El valor ecológico del medio ambiente, sus recursos, su valor socio-cultural y paisajístico, son razones de peso para que las empresas tomen conciencia de su importancia y vinculen el crecimiento económico, al uso racional de los recursos naturales y al medio ambiente.

Deberá contemplarse el uso racional de la energía, el empleo de energías renovables, la gestión de residuos y la contaminación, así como el desarrollo sostenible que respete el medio ambiente.

La optimización en la gestión medio ambiental, viene por la vía de la prevención, mediante la minimización de residuos, vertidos y emisiones, como técnica de mejora continua, reduciendo en origen la generación de residuos, reciclando los subproductos empleándolos como materia prima, recuperando los subproductos como substancias que puedan ser empleadas en otro proceso.

4. LA MEJORA CONTINUA E INNOVACIÓN.

La empresa no puede quedarse en acciones puntuales. Debe establecer una cultura de mejora continua en todos los ámbitos. Realizar grandes esfuerzos económicos en la formación e innovación continuas. Implantar una verdadera gestión del conocimiento.

La mejora continua permitirá perfeccionar la actividad de producción, única actividad de un proceso que añade valor a la empresa, al tiempo que reduce las otras actividades que no añaden valor alguno, como son, la inspección, el transporte, la espera y el almacenaje.

La innovación es una de las variables que más contribuye a la creatividad y al éxito de la empresa.

Todos los modelos de gestión deben valorarse, comprobando de forma objetiva la eficacia o deficiencia de los programas, criterios, prácticas y capacidades, de modo que el sistema se mantenga en un proceso de realimentación de resultados y de mejora continua. Para ello, puede utilizarse el esquema lógico RADAR (Results, Approach, Deployment, Assessment, Review), en el que para cada grupo de criterios hay un conjunto de reglas objetivas de evaluación.

Para la verificación de la eficacia de integración de sistemas de gestión, resulta muy interesante utilizar el ciclo de mejora continua de DEMING.

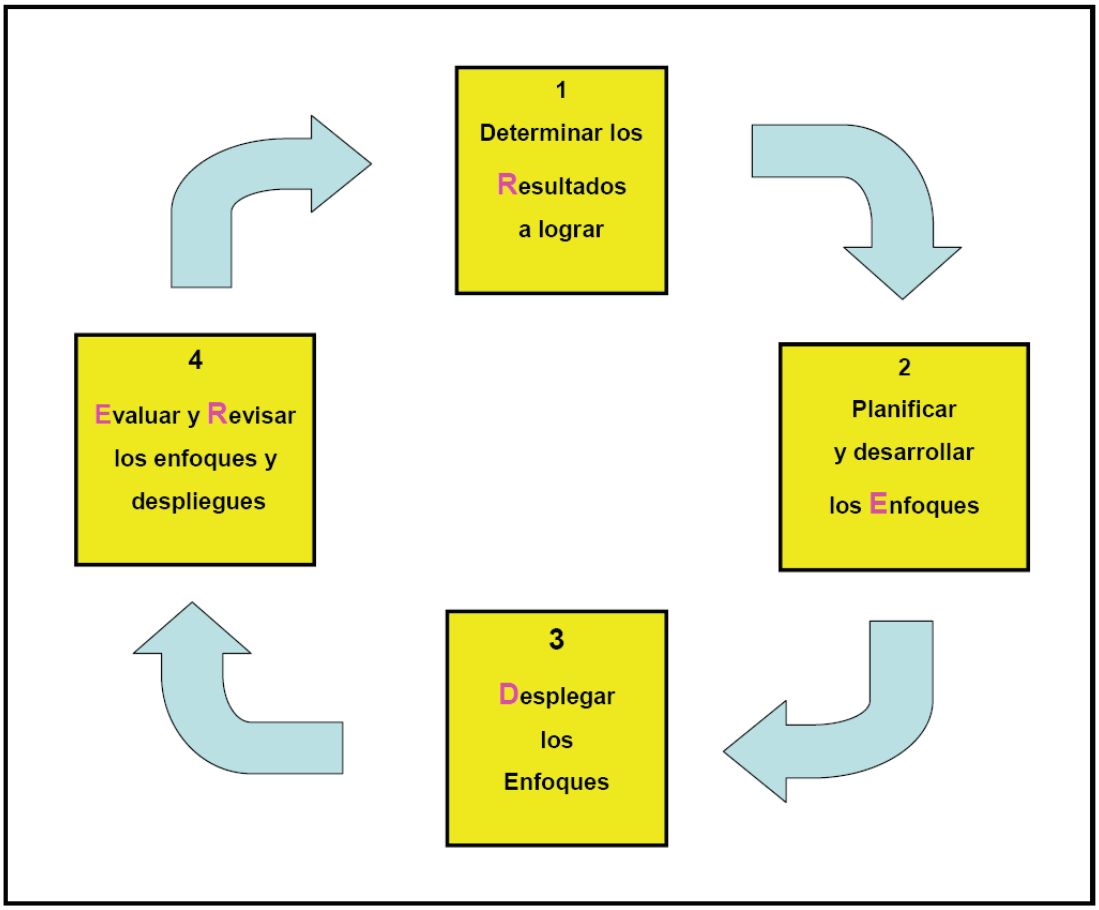


Figura 2. Lógica REDER

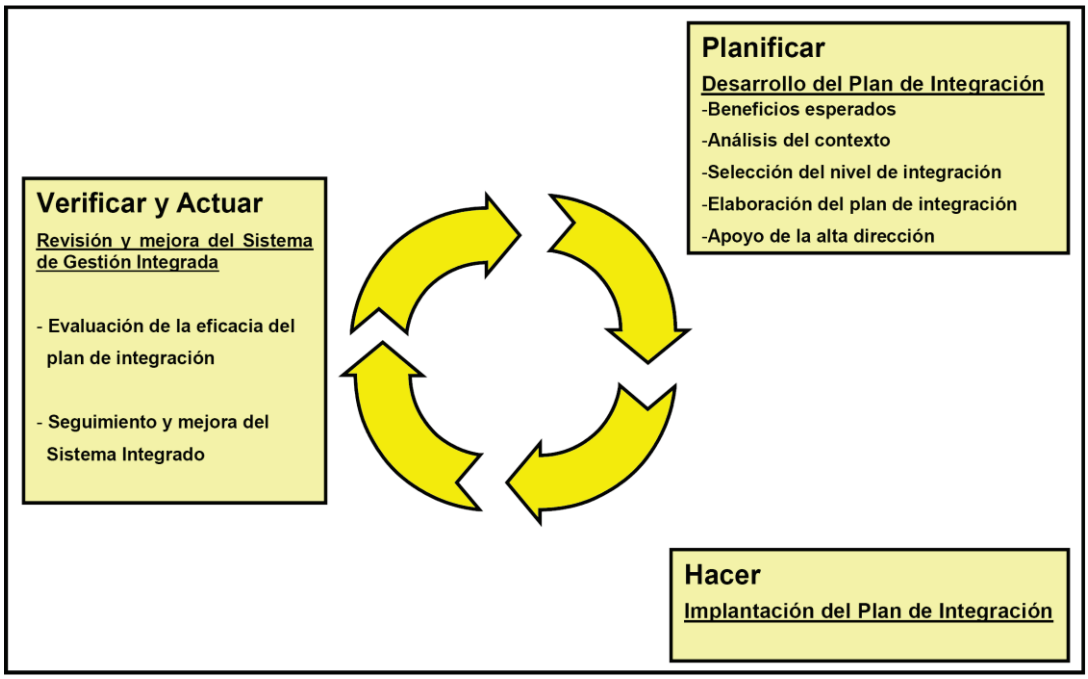


Figura 3. Ciclo de DEMING

5. CONCLUSIONES.

La gestión empresarial admite muchos enfoques. Existen aspectos fundamentales a contemplar en cada uno de los modelos que van a determinar que los resultados finales sean distintos.

Una estrategia empresarial basada en las personas, da como resultados: una calidad total en la empresa, con unos clientes satisfechos y fidelizados; unas mejores condiciones de trabajo, con unos trabajadores cualificados y motivados; una mejora de la calidad medioambiental, con una sociedad satisfecha.

La certificación de empresas, productos, personas y servicios, será imprescindible para crecer y mantenerse en un mercado tan liberal, exigente y selectivo. Esta certificación deberá llevar a nuestros empresarios a comprometerse realmente con el sistema. De ello dependerá el futuro o la desaparición de la empresa de los mercados internacionales.

La implantación de un sistema de gestión integrada, mejora los ingresos tangibles e intangibles de la empresa, incrementando los beneficios netos y aumentando la competitividad.

El conocimiento, la formación continua, la educación, el trabajo en equipo y el compromiso de los trabajadores, así como la puesta al día en nuevas tecnologías y métodos de trabajo, serán factores clave del desarrollo empresarial, y dada su importancia, necesitarán de grandes inversiones.

Las empresas deben participar en la asunción de los retos planteados en el Pacto Mundial (The Global Compact).

El desarrollo de políticas de investigación, desarrollo e innovación y el aprendizaje continuo, incrementa el capital intelectual de la empresa y el capital emocional de los trabajador, permitiendo alcanzar como objetivos, un desarrollo empresarial sostenible y la excelencia en la gestión empresarial, que permitan situarnos en cada momento, en las mejores condiciones de satisfacción, productividad y competitividad, tanto a nivel individual como colectivo.

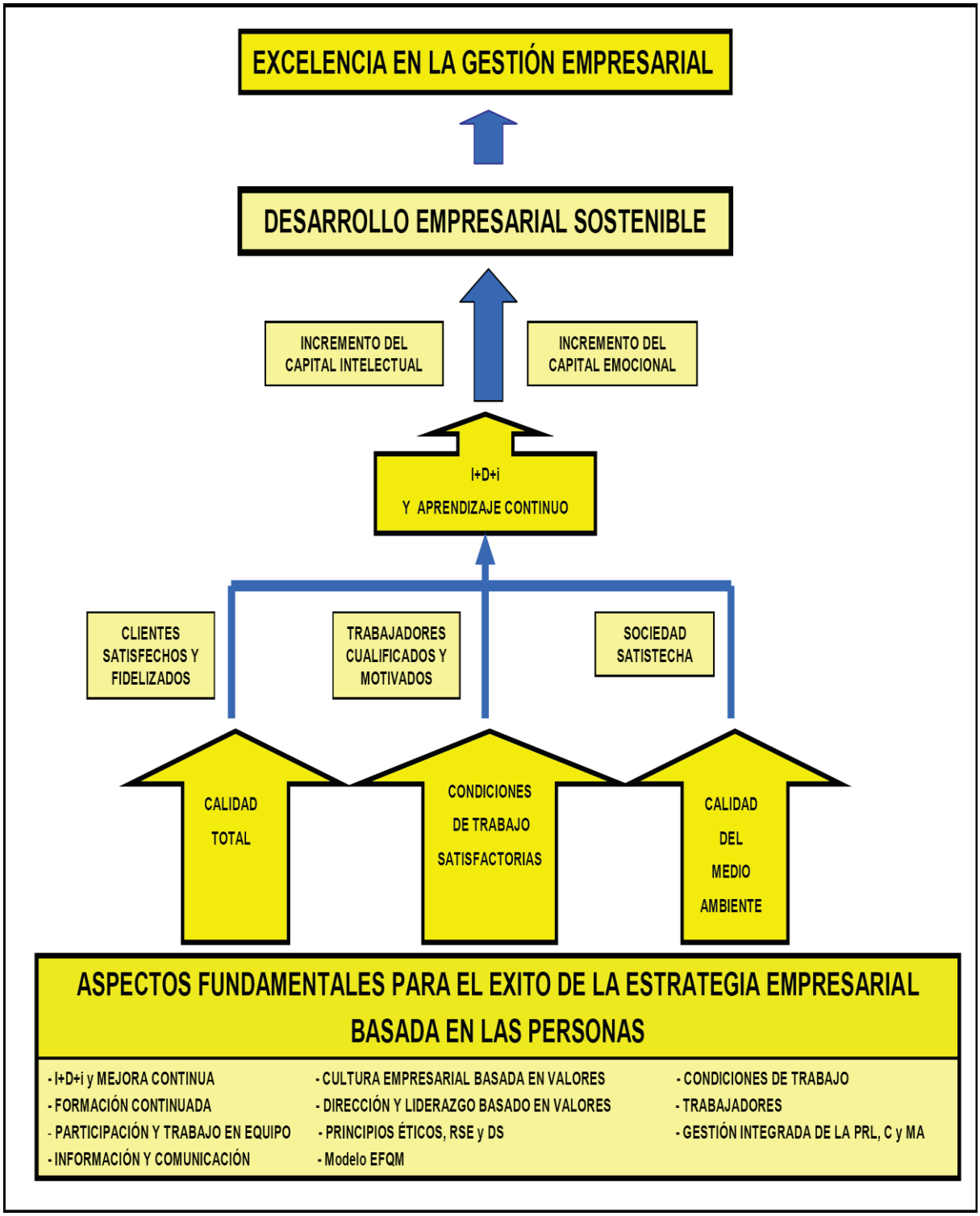


Figura 4. El camino hacia la excelencia

6. BIBLIOGRAFIA.

AENOR. Sistemas de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo. Especificación. OSHAS 18001:2007. Madrid: AENOR, 2007.

AENOR. Sistemas de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo. Directrices para la implementación de OHSAS 18001:2007. OSHAS 18002:2008. Madrid: AENOR, 2008.

AENOR. Sistemas de Gestión Medioambiental. Especificaciones y directrices para su utilización. EN-ISO 14001:2004. Madrid: AENOR, 2004.

AENOR. Sistemas de Gestión de la Calidad. Requisitos. UNE-EN-ISO 9001:2008.Madrid: AENOR, 2008.

BOWIE, Norman E. "Business Ethics: A Kantian Perspective". ISBN: 0-631-21173-X. Blackwell Publishers, Oxford, 1999

COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES. COM(2001) 366 final. GREEN PAPER "Promoting a European framework for Corporate Social Responsibility". Brussels, 18.7.2001.

DEBELJUH, PATRICIA. "El desafío de la Ética". ISBN 978-987-916486-0. Editorial Buenos Aires:Temas. 2003.

European Agency for Safety and Health at Work. "Corporate social responsibility and safety and health at work". ISBN 92-9191-072-4. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2004.

European Parliament resolution on the Commission Green Paper on Promoting a European framework for Corporate Social Responsibility (COM(2001) 366 – C5-0161/2002 – 2002/2069(COS))

FRAGUELA FORMOSO, J. A, et al. "La integración de los sistemas de gestión. Necesidad de una nueva cultura empresarial". DYNA Revista de la Facultad de Minas Universidad Nacional de Colombia. Junio 2011. Número 167. Páginas 44-49. 2011.

GARCIA, S. y DOLAN, S. "La dirección por valores". Ed. McGraw-Hill, Madrid, 1997

GARCÍA MARZÁ, D. "Ética empresarial. Del diálogo a la confianza". ISBN: 8481646946. Editorial Trotta, Madrid, 2004

GLOBAL REPORTING INITIATIVE Sustainability Reporting Guidelines *GRI, Boston-USA, 2002 (www.globalreporting.org)*

LEIF EDVINSSON Y MICHAEL S. MALONE. “Intellectual Capital: Realizing Your Company's True Value by Finding Its Hidden Brainpower”. ISBN: 0887308414/0-88730-841-4. Harper Business Publisher. New York 1997

MELE, D. “Ética en la dirección de empresas”. Biblioteca IESE de Gestión de Empresas. Universidad de Navarra. Ediciones Folio. Barcelona, 1997

MUÑOZ SECA, B. y RIVEROLA, J. "Gestión del Conocimiento". Biblioteca IESE de Gestión de Empresas. Universidad de Navarra. Ediciones Folio. Barcelona. 1997.

O. I. T. “Guidelines on Occupational Safety and Health Management Systems”. ILO-OSH 2001.

PÉREZ LÓPEZ, JUAN A. "Liderazgo y Ética en la dirección de empresas: la nueva empresa del siglo XXI". Editorial Deusto, Bilbao, 1998

PETERS, T. Y WATERMAN, R.H. “In Search of Excellence: Lessons from America's Best-Run Companies” ISBN: 9781861977168, 1861977166. Business Publisher. 2004

Reicheld, Frederick F. “El efecto lealtad. Crecimiento, beneficios y valor último”. ISBN: 9788434448322. Editorial. Ariel. Barcelona. 2002

Schaubroek, J y Jones, J.R. “Antecedents of workplace emotional labour dimensions and moderators of their effects on physical symptoms”.Journal of Organizacional Behavior. Volume 21. Page 163-183. ISSN: 1099-1379.

SICHAR, G. “La empresa socialmente responsable. Ética y empresa”. Fundación CIDEAL, Madrid, 2003

Unión Europea. Directiva Marco 89/391 CEE del Consejo, de 12 de junio de 1989, relativa a la aplicación de medidas para promover la mejora de la Seguridad y de la Salud de los trabajadores en el trabajo DOCE L 183 de 29-6-1989.

Zapf, Dieter. “Emotion work and psychological well-being: A review of the literature and some conceptual considerations”. Human Resource Management Review. ISSN: 1053-4822. Volume 12, Issue 2. Page 237-268. March 2002.

After SWATH comes SWASH!

Fritz Grannemann
Agent of Abeking & Rasmussen in Mexico
Abeking & Rasmussen Schiffs- und Yachtwerft Aktiengesellschaft
Tel: +49 421 6733 0; in Mexico: +52-155-4368 4580
Fax: +49 421 6733 0
info@abeking.com; fritz.grannemann@globe.mx
www.abeking.com

ABSTRACT

Due to cost reduction and in order to minimize the inert forces during offshore operations and manoeuvring, workboats and special crafts have a limited size.

This is at the expense of motion in seawaves, which is the main constraint for the operating time of the ship and the working ability of the crew. The SWA concept (Small Waterplane Area Concept) for ships is corresponding to semi submersibles for stationary operations. Minimizing the waterplane area, which is responsible for ship motion in seawaves has advantages for sea keeping of the vessels.

Abeking & Rasmussen has developed the SWATH@A&R technology (TH = Twin Hull) and have designed and built 22 vessels based on varying platform sizes to date. Now, in March 2013, a complete new design enters the market: SWASH@A&R - SH = Single Hull. The new vessel is the result of down-sizing the existing designs while maintaining superior sea keeping. At the same time the further development of the SWA concept creates new possibilities for the design of workboats and special crafts.

INTRODUCTION

The seakeeping capability of conventional ships depends mostly on their size and displacement. Naval architects usually optimize seakeeping behavior by well chosen main dimensions and refined hull lines.

Depending on sea state, a vessel is exposed to alternating accelerations, rolling and pitching motions. The difficulty is not to design a vessel strong enough to withstand those environmental forces, but avoid exposing sailors operating the vessel to these adverse conditions over a longer period of time.

Various stabilization systems have been developed to reduce rolling and pitching, some with resonable results, but all of these systems have their limits as they cannot push beyond the limit set by physics.

By mastering a unique design, which focuses on minimizing the waterplane area of the vessel, A&R succeeded in reducing roll, pitch and accelerations in bad weather conditions to a comfortable level, even for non-sailors.

Since 1999 SWATH@A&R®-vessels are in daily service in the German Bight providing pilots a safe and stable platform with exceptional seakeeping capabilities.

Over the years other applications were explored, designed and built and by today more than 20 SWATH vessels have been delivered.

This paper presents an overview of semi-submersible technology of the state-ofthe-art for twin hull vessels and the special features developed by A&R.

1. WHAT MAKES A SWATH A SWATH?

The buoyancy of a SWATH is provided by fully submerged, torpedo-like bodies, which are connected by single or twin struts to the upper platform. The crosssection at waterline level is minimized and thus lowering the hydrostatic restoration forces at design draft. The resulting wave induced motions in the vertical plane are reduced to one quarter of those of comparable monohulls. Figure 1 shows a comparison of waterline areas for different hull configurations.

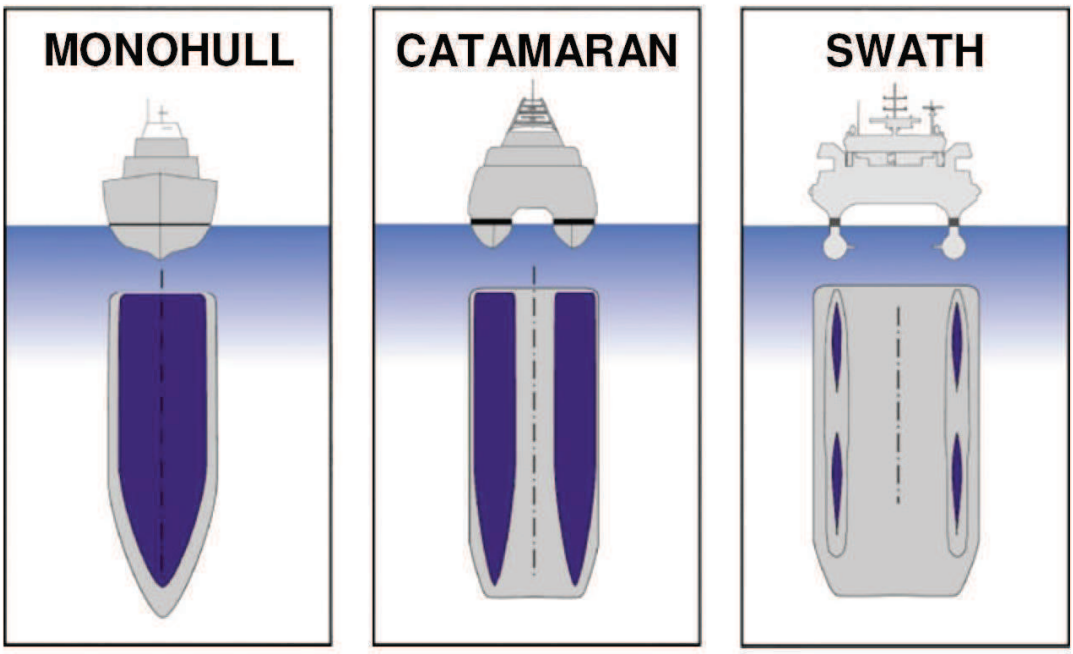


Figure 1: Comparison of different waterline areas

Using the precise wording of the German War Weapon Control Law, a SWATH is a craft with reduced waterplane area (AWL) relative to its displaced volume (Ñ), specifically:

$$A_{WL} < 2 \cdot \nabla^{2/3}$$

Two design justifications for reducing the waterplane area are:

- to reduce the wave-making resistance
- to reduce sea-induced ship motions

The original intention for the design of SWATH vessels was probably to develop unconventional fast crafts by reduction of wave-making resistance. Subsequently A&R concentrated on the reduction of sea-induced ship motions to improve seaworthiness, crew effectiveness and vessel availability in bad weather conditions.

A SWATH@A&R® is by definition a fast displacement vessel. It is designed for operation at speeds up to a Froude number of 0.75, without slamming. These are speeds higher than those of frigates, refrigerated carrierers or corvettes, when related to ship length.

MONOHULL CATAMARAN SWATH

Semi-submersibles can be classified by the number of displacement bodies in each configuration. Table 1 divides SWATH configurations into design configurations.

Type	Number of Displacement Bodies		Status
Monohull	1 Hull	1	proven
Catamaran	2 Hulls	2	proven
Generation I SWATH (single strut)	2 Struts 2 Torpedos	4	proven
Generation II SWATH (twin strut)	4 Struts 2 Torpedos	6	proven
Generation III SWATH (SLICE)	4 Struts 4 Torpedos	8	experimental
Generation IV SWATH (single strut, single hull) **(SWASH)**	1 Strut 1 Torpedo	2	experimental

Table 1: SWATH generations

The evolution of SWATH design from first generation to third increases the complexity of the development process because of the increasingly complicated interactions of the displaced bodies. The analysis of hydrodynamic and structural factors, including the optimization of resistance, becomes more difficult, increasing the required qualifications for naval architects during design development.

The greater the number of displacement bodies in a SWATH design, the greater the potential for meeting specific design requirements. At the same time, increased complexity of the design procedure adds to the sensitivity of the design to construction inaccuracies, expressed as excess weight or inadequate hull structure.

1.1 Generation I SWATH: single strut

Advantages:

- good accessibility to spaces in lower hulls
- good transverse strength
- simple construction
- significantly reduced ship motions compared to monohulls and catamarans

Disadvantages:

- dissimilar transverse and longitudinal stability
- hydrodynamic efficiency (resistance and seakeeping) limited by layout
- sensitive to speed dependent trim moments (Munk moments)

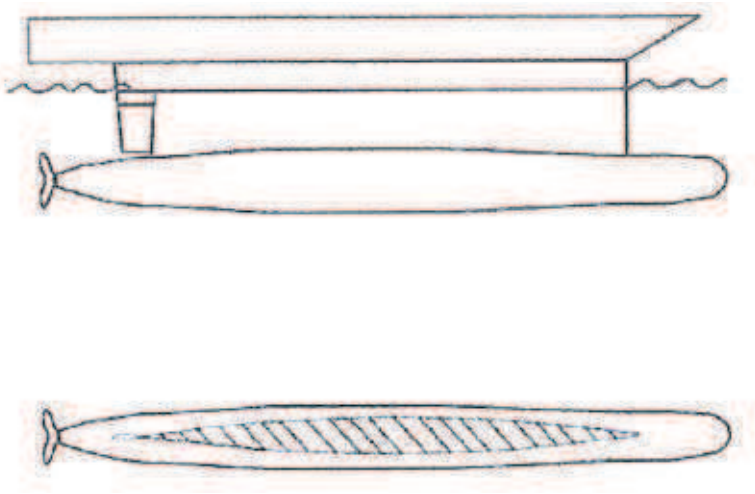


Figure 2: Generation I SWATH

2 x 2 buoyancy hulls, usually streamlined, single struts and relative large waterplane area.

1.2 Generation II SWATH: twin strut

Advantages:

- more options for hull form shape to optimize resistance
- longitudinal stability can be matched to transverse for optimal seakeeping compared to Generation I SWATH (single strut)
- higher speed with stability in smooth water or a seaway
- compared with Generation I SWATH (single strut) further reduction of ship motion
- more sensitive reaction of ride control action, even stability longitudinally is increased

Disadvantages:

- limited accessibility to lower hull spaces („bottle necks“ in the struts for maintenance, ventilation, manholes, emergency exits)
- increased requirements to an optimized hull structure

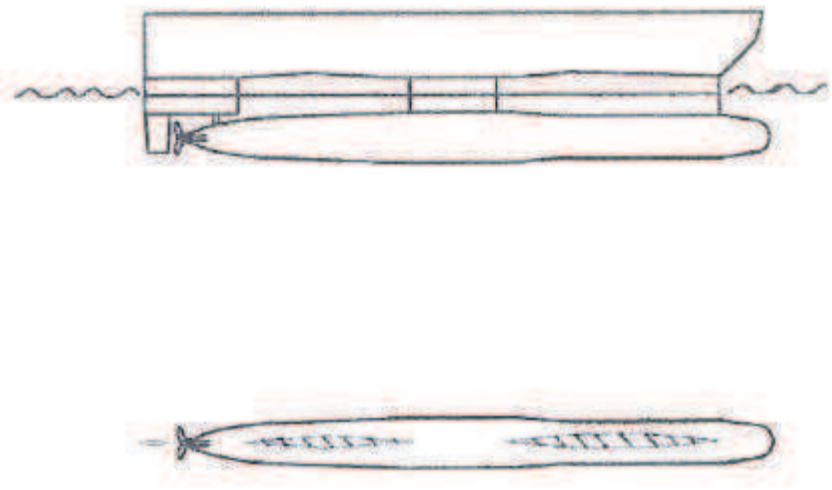


Figure 3: Generation II SWATH

2 x 3 buoyancy hulls, with optimized hull form and minimized waterplane area. The different buoyancy parts (twin strut and longer hull) interact depending on form, length and width.

2. SWATH vs. Monohull

Human beings which are permanently exposed to sea response motions (i.e. alternating accelerations) suffer from lack of concentration, exhaustion and seasickness. Even if experienced sailors get accustomed to motions of a vessel, it only prolongs the period of time when exhaustion and fatigue occurs.

In order to keep crew and passengers fairly comfortable and enable them to perform their main duties, limits have been defined, e.g. by the U.S. Navy or by ISO for the permanent allowable accelerations on board of seagoing vessels. Following limits are widely accepted:

- Crew and passenger comfort: 0,2 g
- Operating limit experienced Crew: 0,4 g

Figure 4 shows a comparison between vertical accelerations onboard a 33 m A&R built DeepVee Monohull and a slightly smaller 25 m SWATH@A&R® Pilot Tender. Measurements were conducted at various speeds in head seas of approximately 2 m and 3 m significant wave height respectively which corresponds to about sea state 5.

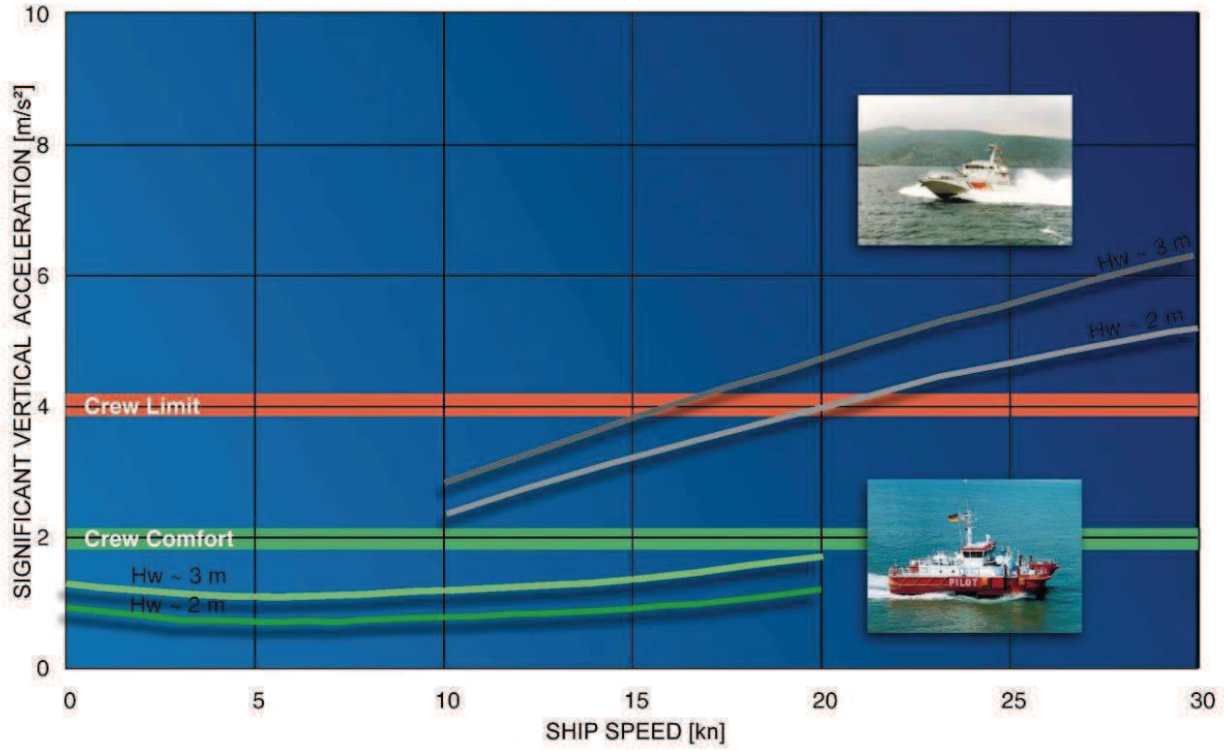


Figure 4: Comparison of vertical accelerations

To stay within the “Crew Limit” of 4 m/s², the maximum speed of the DeepVee vessel needs to be reduced to 16 and 20 knots depending on sea state. In comparison, the 25m SWATH@A&R® Pilot Tender maintains its top speed of 20 knots even without exceeding the “Crew Comfort” limit of 2 m/s².

3. SWATH@AR Design Features

a) General Design Concepts

A&R has until today developed and built four different groups of SWATH vessels defined mainly by length and deadweight capacity. Each group is characterized by the same underwater body hull form, strut configuration, platform design and hull structure. Given the constraints for weight and centers of gravities, almost any change to the designs are practicable which has been successfully proven by A&R in several cases (Table 2).

Group	Application	Status
25 m SWATH	Pilot Tender	built
	Hydrographic Research Vessel	built
	PV - Patrol Vessel	built
	MCMV - Mine Countermeasures Vessel	experimental
	USV - Unmanned Surface Vehicle	project
	Wind Farm Crew and Maintenance Vessel	built
40 m SWATH	Explorer Super Yacht	built
	Crew Supply Vessel	project
	Research Vessel	project
50 m SWATH	Pilot Station Ship	Built
	Wind Farm Maintenance and Hotel Vessel	project
60 m SWATH	Pilot Station Ship	built
	Wind Farm Maintenance and Hotel Vessel	project
	SIGINT Vessel (**SIG**nal **INT**elligence)	project
	Research Vessel	project

Table 2: Different applications of SWATH@AR®

b) Propulsion Concepts

Both diesel-electric and diesel-mechanic propulsion concepts are available for all SWATH@AR® vessels. Depending on the main task of the vessel, the most suitable concept with regards to operational and economical requirements is installed.

The contrast between both propulsion concepts is noticeable, especially for the smaller 25 m SWATH. Two diesel-generators are installed within the platform above water level providing power for electric motors which are installed within the displacement bodies below water level. Each of the electric motors drive fixed pitch propellers through reduction gearboxes enabling speeds up to 20 knots. A&R succeeded in implementing a diesel-mechanic propulsion where propulsion diesels are installed within the displacement bodies below water level driving controllable pitch propellers through reduction gearboxes enabling even higher speeds up to 21.4 knots.

Advantages of the diesel-mechanic propulsion are:

- added space within the platform which can be utilized for extra cabins or other purposes
- low noise and vibration levels since the sources are installed below water level
  remote from personnel onboard

c) Modularity

A multi-purpose tool contains a variety of elements in one basis. The different tasks can be fulfilled by “switching” from one to the other element. By the nature of such a tool, the integration of the different elements requires compromises with regard to handling the tool and the integration of other elements. Some larger variants of the well known Swiss Army Knife represent best where multi-purpose might lead. A modular tool consists of one common basis which can be supplemented by modules

for a dedicated task. By exchanging the modules the tool can be configured for various different tasks and at the same time each configuration represents a dedicated tool. A socket wrench set is the best example for such a modular tool. Dedicated, single tasked vessels are hardly affordable in an era of shrinking budgets while the mission variety is increasing, which is the case especially for navies and authorities . With decreasing number of hulls within most fleets, modular or multi-purpose “tools” are considered to be the solution for executing all required naval tasks.

A&R responded to these requirements by implementing a containerized solution to its 25 m SWATH. One module with the size of a standard ISO 20ft. container can be stored in front of the superstructure in-between the stems (figure 5 and 6).



Figure 5: 20’ container storage for modules

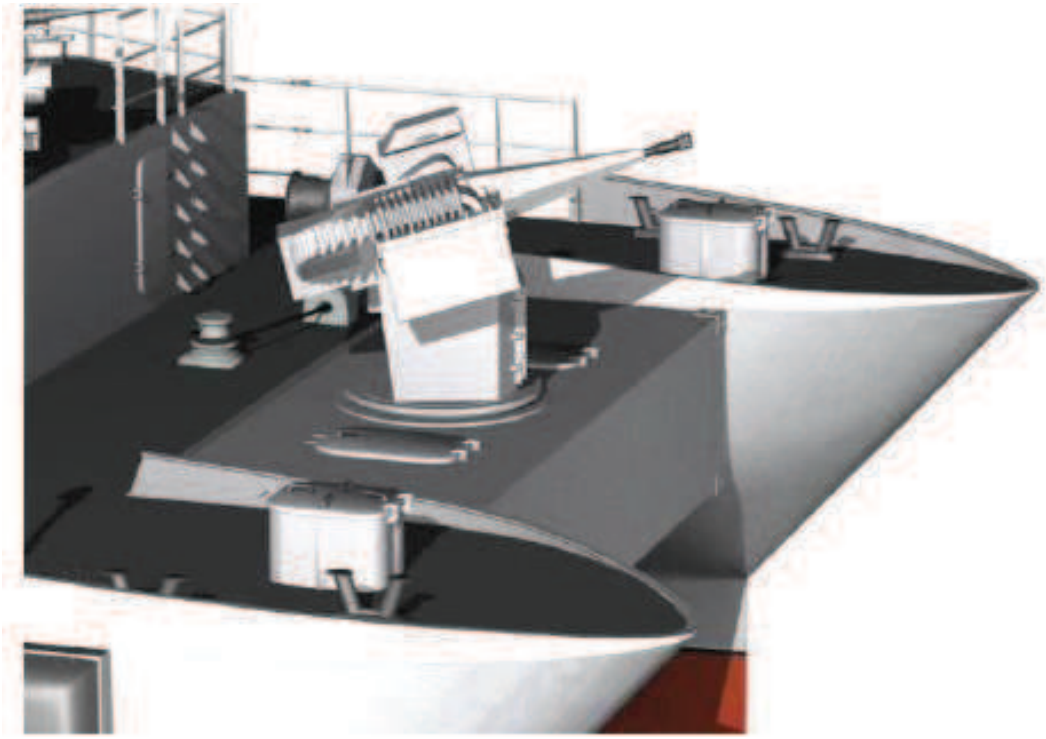


Figure 6: Example of a gun module

The gun module fitted with a medium calibre gun contains all subsystems necessary for operation of the gun, including ammunition. Only electric voltage (440V) will be supplied, target data will be transmitted by a data bus. Due to this limited interface requirement, the gun module can also be used on other units and even onshore.

Under condition of a compatible target assignment format, modules can be used by army units as well, e.g. for camp protection tasks. This brings the advantages of modular ship design into a “joint” account.

Instead of the gun module, other modules are possible for secondary tasks. The interfaces remain the same, i.e. only electric voltage, connection to the ship’s data bus plus seawater and possibly freshwater. These interfaces will be available on all craft with the opportunity to use the modules on board all 25 m SWATH´s.

A module equipped with sonar ROV will enable MCM operations, such as e.g. route survey. Even a hyperbaric diving chamber and breathing air compressor might be fitted for diving operations. The stable SWATH makes a perfect platform for diving operations. Access to the water is conveniently given by a hydraulic lift on the starboard side which reaches from main deck level well below the water surface.
Other modules might contain equipment for oil pollution control or hydrographic research equipment. Further applications can be developed as long as it is within the geometrical dimensions and the maximum weight. This allows cost effective future upgrades and enhancements of secondary missions.

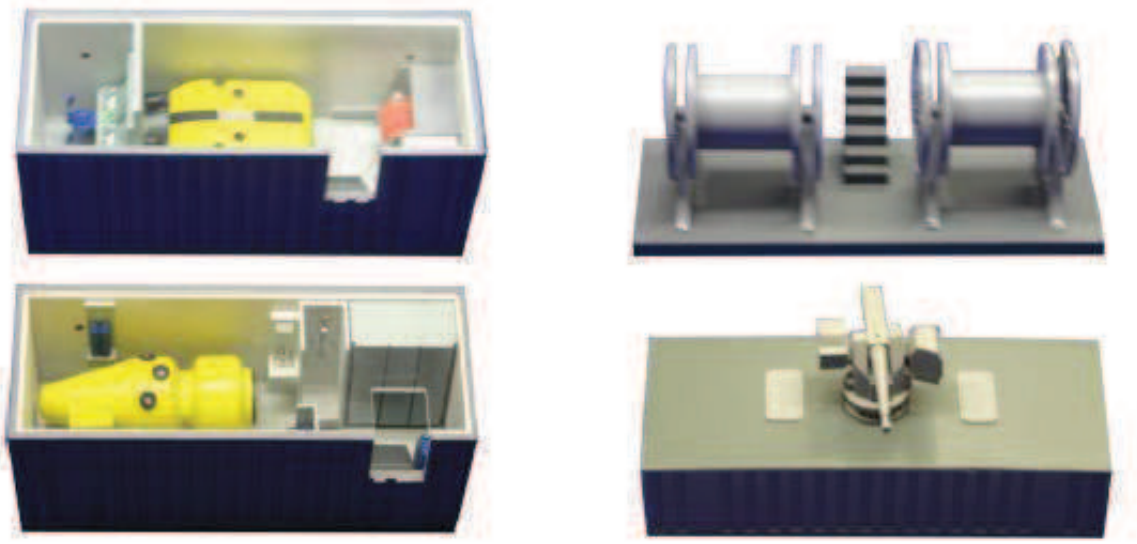


Figure 7: ROV module, oil spill response module, diving chamber module and gun module

d) Redundancy

Depending on the requirements and operational profile of a vessel, different redundancy levels for propulsion and ship's service system can be achieved with a SWATH. In any case two independent compartments comprising both lower hulls including two identical propulsion systems (one in each hull) are available. Given this compartmentation, gensets, auxiliary systems and electric panels need to be located in separate and independent engine rooms within the superstructure to achieve extra

safety and redundancy effects. This can be achieved with small structural changes within the platform and of course with duplication of systems as required by redundancy class. An additional benefit is the large spatial distance between both propulsion trains providing additional safety.

4. SWATH@A&R® in Service

a) 25m SWATH@A&R® Pilot Tender Mk I



Figure 8 (A&R Pilot Tenders MK I)

Length o.a: 25.65 m Displacement: 129.0 t

Breath o.a.: 14.25 m Speed: 18 kts

Draught: 2.70 m Class: GL

In close cooperation with the Elbe Pilot Association Abeking & Rasmussen developed technical systems tailored to the boarding procedure required, such as

» fendering system

» quick ballast system

» boarding aids

Until today each of the vessels has accumulated more than 15.000 operating hours in regular all day/all weather pilot operation.

This longtime operating since 1999 experience of SWATH vessels in a tough workboat application gives Abeking & Rasmussen a good insight into the structural and mechanical stresses of such a vessel and as such is a valuable design feedback.

b) 50 m SWATH @ A&R® Pilot Station Ship



Figure 9 (50 m A&R Pilot Station Ship)

Length o.a: 49.90 m Displacement: 1,480.0 t

Breath o.a.: 22.55 m Speed: 14.2 kts

Draught: 5.90 m Class: GL

Since commissioning in 2000 the “ELBE” has been in continuous operation in the North Sea off Cuxhaven. She is just undergoing her second class docking and has not been in a shipyard since the previous class docking.

The “ELBE” stays at sea all year round acting as a hotel ship for the off-duty Elbe Pilots. Every 14 days she is only off-station for about 12 hours when she calls Cuxhaven for replenishment and crew change.

During approx. 40.000 operating hours which were accumulated by the “ELBE” until today a lot of operational experience in supporting the SWATH Pilot Tenders was gained. This resulted in some important improvements with regard to SWATH Pilot Tender operation and replenishment at sea.

c) 25 m SWATH@A&R® Patrol Boat



Figure 10 (A&R Patrol Boat)

Length o.a: 25.80 m Displacement: 132.9 t

Breath o.a.: 14.25 m Speed: 20 kts

Draught: 2.70 m Class: GL

In 2008 the Latvian Navy placed an order for five 25m SWATH@A&R® Patrol Boats based on the design of the 25m Pilot Tender. The decision was explicitly made to benefit from the well proven seaworthiness of the compact vessels. A crew of eight can remain at sea for one week to fulfill patrol and surveillance tasks, SAR missions and to participate in international assignments.

The new vessels feature a modular mission space at the fore ship. By fitting appropriate mission modules, such as a medium caliber gun or mine hunting equipment, the capabilities of the vessels can be flexibly enhanced to suit the assigned task.

After SWATH comes SWASH !

5) SWASH@A&R Design Features

In March 2013, a complete new design enters the market: SWASH@A&R - SH = Single Hull. The new vessel is the result of down-sizing the existing designs while maintaining superior sea keeping. At the same time the further development of the SWA concept creates new possibilities for the design of workboats and special crafts.

General Design Concepts

At first glance one would classify the SWASH as a trimaran which it is **not**.

A typical trimaran features is a very slender monohull supported by outriggers.

Whereas 100% buoyancy is provided by two submerged hulls on the SWATH, only one submerged hull provides about 85% of the buoyancy on the SWASH.

One outrigger on each side of the vessel provides the remaining buoyancy and the necessary static transversal stability (Fig. 11).

In contrast to conventional trimarans, the waterplane area of the SWASH is significantly reduced. Active fins are used for dynamic stabilty and ride control for enhanced comfort onboard.

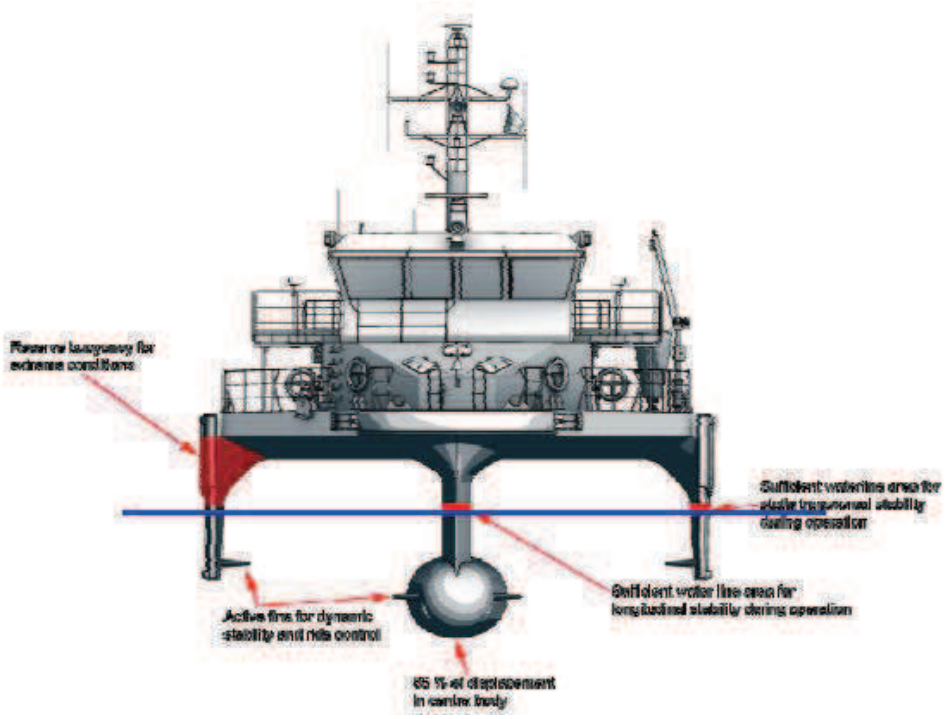
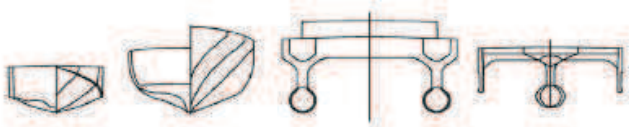


Fig. 11: Front view of SWASH

Table 3 shows the differences between SWATH and SWASH as well as the comparable seakeeping capabilities. Though the SWASH is smaller, the design reaches similar seakeeping as the 25m SWATH. Low acceleration amplitudes result in a smooth ride, thus enabling long-time crew efficiency without seasickness.



Vessel type	Planing type	Semi-planing type	25m SWATH	20m SWASH
Main dimensions	26 m x 5,8 m	23 m x 8 m	25 m x 13 m	20 m x 12 m
Displacement	75 t	80 t	125 t	70 t
Propulsion power	2300 kW	1600 kW	1800 kW	900 kW
Wetted surface area	125 m²	100 m²	314 m²	198 m²
Operational limit for boarding	$h_{1/3}$ < 1 m	$h_{1/3}$ ~ 1 m	$h_{1/3}$ = 2,5 m	$h_{1/3}$ = 2 m
Vertical acceleration at $h_{1/3}$ = 2,5 m	abt. 1,0 m/s²	abt. 0,6 m/s²	abt. 0,2 m/s²	abt. 0,2 m/s²

Tab. 3: Comparision of different hull forms

Current intended operational use can be seen as pilot tender, crew transfer or as patrol boat. The prototype design features fendering systems (Fig.12) on the sides for boarding of other vessels, e.g. pilots or customs officers. Staircases on both sides

enble a boarding of vessels with low freeboard and saves a gangway in some harbours. A fender system at the bow enables boarding to offshore wind turbines or similar waterborne structures.

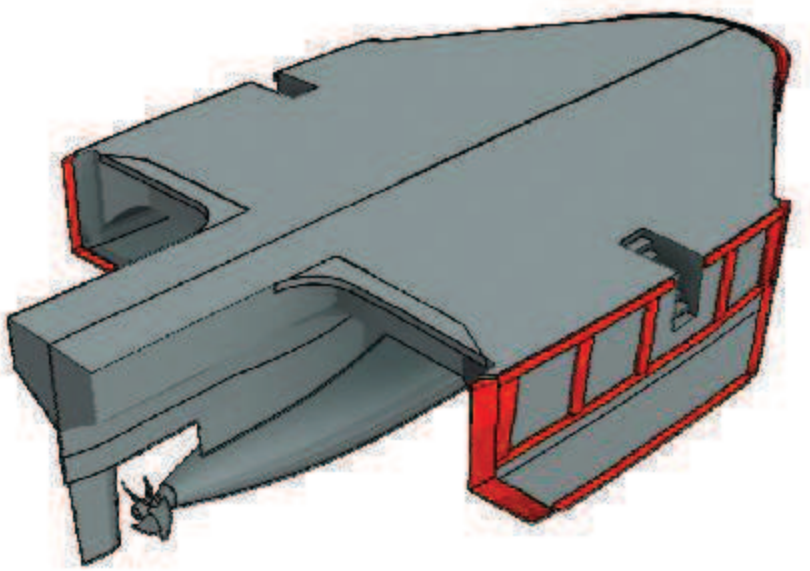


Fig. 12: SWASH fendering system

SWASH-main particulars

Length:	20.42 m	Number of passengers:	12
Breadth:	12.16 m	Number of crew:	2
Draught:	3.10 m		
Speed:	17 knots	Range @ 15 knots:	320 nm
Propulsion power:	900 kW		

Classification

GL ✠100 A5 HSDE RSA (200) „Transfer Vessel“

✠MC AUT

Design Development

Extensive research and development by Abeking&Rasmussen over the past eight years have finally turned an initial idea into a prototype still undergoing test and trails. This is not only to ensure that theoretical prededictions resulting from computer simulations and wide-stretched model testing are met, but to optimize the design even further.

First hull form concepts where assessed in various seakeeping and CFD simulations (Fig. 13)

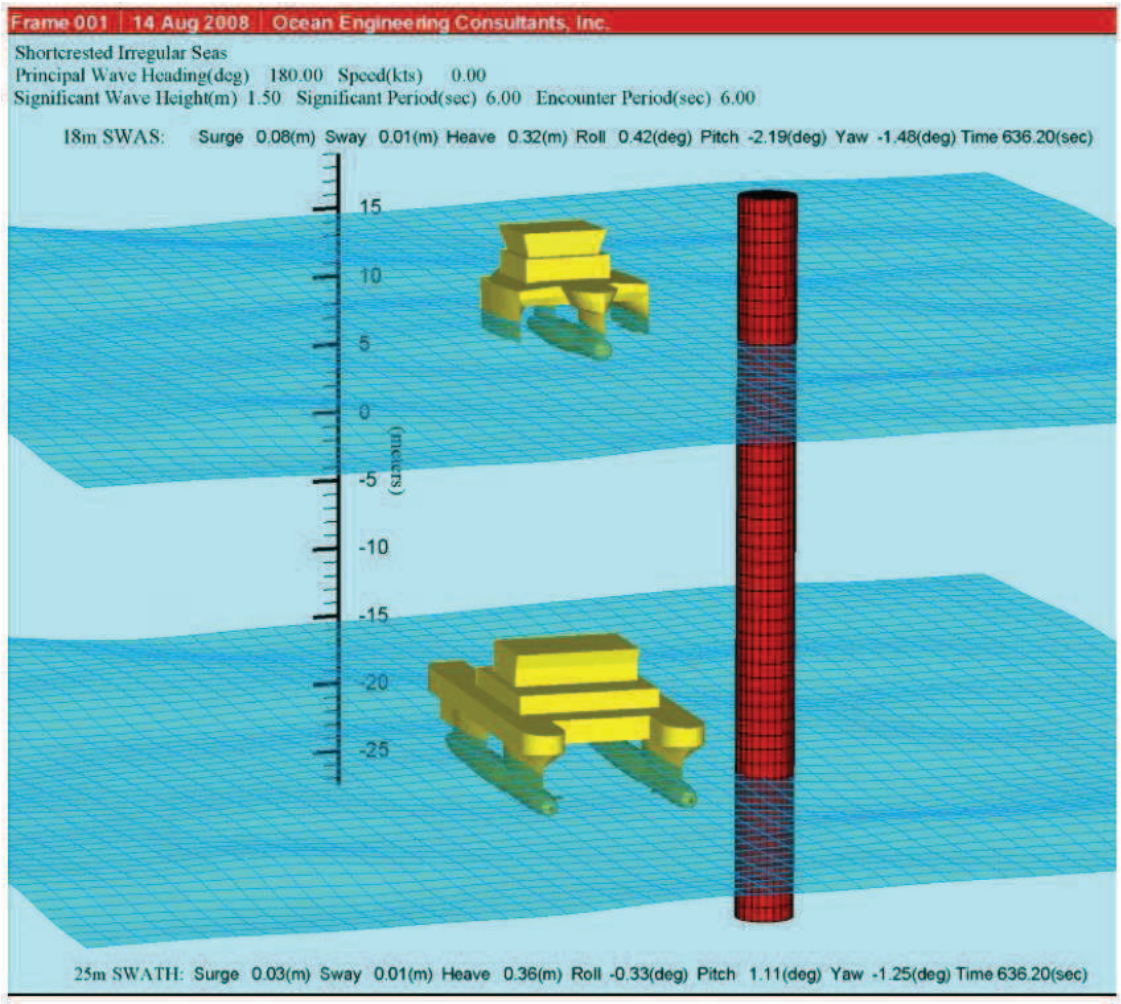


Fig. 13: Seakeeping simulation of SWASH

Small and large scale models (Fig. 14) where produced on basis of the findings from computer simulations to assess the simulation accurateness and to optimize the hull form.

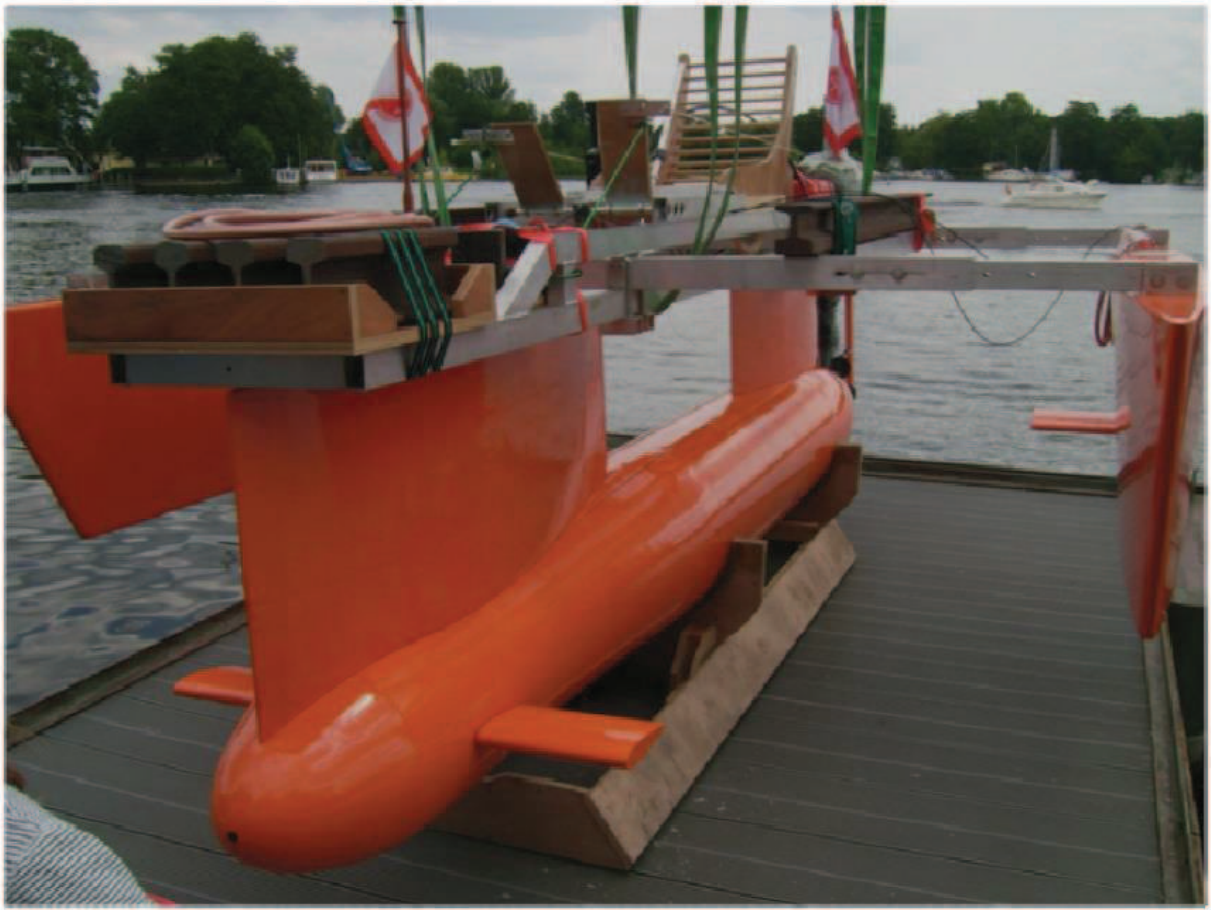


Fig. 14: Large scale modle testing

Propulsion Concept

The submerged body provides the necessary space for main and auxiliary engines only (Fig.15). Consequently only a single shaft arrangement could be implemented. A special hybrid propulsion concept was choosen to provide exeptional low fuel consumption stand-by situations as well as providing a takehome device in case of main engine failure.

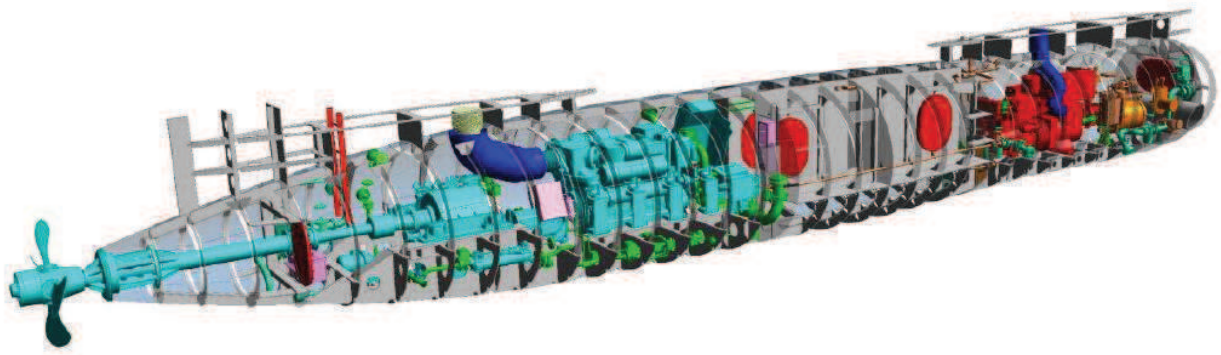


Fig. 15: Cutaway drawing of lower SWASH body

The propulsion train (Fig. 16) comprises main engine, gear box, propeller shaft and CPP (controlable pitch propeller). The gearbox features a PTI/PTO (power take in, power take off) enabling different propulsion scenarios.

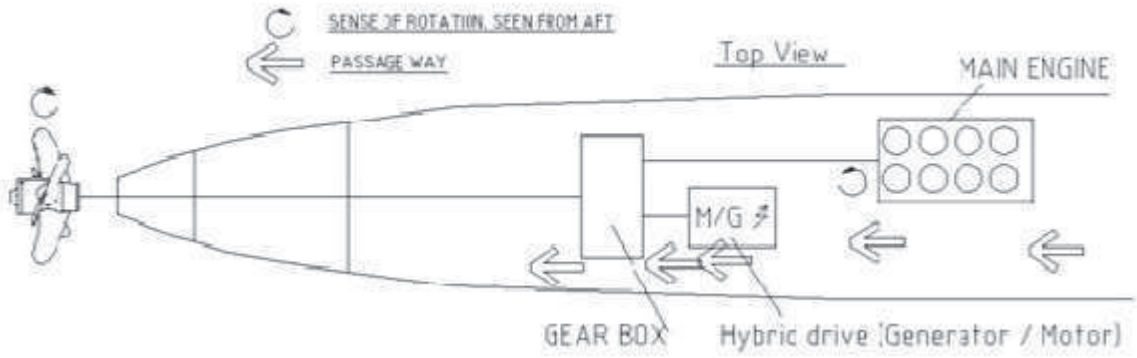


Fig.16: Scetch of principle of hyprid propulsion concept

In harbour, electric power for ship's general consumption load is generated by an auxiliary engine. In transit condition the ship's general consumption load can either be generated by the auxiliary engine or by using the hybrid drive as a generator, which enables a reduced fuel consumption as the auxiliary engine is not running.

In holding or stand-by situations, the main engine is disconnected from the gear box and the hybrid drive is used as a propulsion motor. Electric power is provided by the auxiliary engine. Benefits are very low fuel consumption of the auxiliary engine, avoidance of long time low load operations of main engine and more importantly

saving engine hours on the main engine. Time between overhauls can be extended if there is a demand for long-time holding, as in the offshore wind farm sector.

SWASH in Service

Abeking&Rasmussen has built one SWASH prototype todate. The vessel is currenlty undergoing extensive trials as a pilot tender at the entrance to the Kiel Canal at Brunsbüttel. In this area choppy wave conditions develope frequently when the wind is against the tide.

In close cooperation with the Elbe Pilot Association, Abeking&Rasmussen has developed technical systems tailored to the boarding procedure required.



Ruido generado por los buques: su impacto en los "hombres de la mar" y en el medioambiente. Las exenciones regulatorias y sus irreversibles consecuencias.

Publio Beltrán
Ingeniero Naval- Fundador /Director
TSI- Técnicas y Servicios de Ingeniería, S.L. Madrid (España).
publiobp@tsisl.es; www.tsisl.es

RESUMEN:

Han transcurrido treinta y un (31) años desde la promulgación de la Resolución IMO A.468 (XII) "Código de Niveles de Ruido a bordo de Buques", que entró en vigor el 19 de Noviembre de 1981, y su modificación o revisión por medio de la Resolución MSC.337(91) "Adopción del Código de Niveles de Ruido a bordo de Buque", adoptada por el Comité de Seguridad Marítima (MSC) el 30 de Noviembre de 2012 y cuya entrada en vigor se prevé para el 1 de Julio de 2014.

Los "cambios regulatorios aplicados" se han limitado, única y exclusivamente, a: introducir una nueva subdivisión en el tamaño (GT) de los buques entre 1.600 hasta 10.000 GT, y por encima o igual de 10.000 GT; mantener los mismos límites de ruidos, para todos los espacios de los primeros, y reducir, tan solo en 5 dB(A), los límites de ruidos en determinados espacios de habilitación de los segundos (≥10.000 GT). Se ha incrementado, asimismo, en 5 dB el Índice Ponderado de Reducción Acústica entre cabinas, para mejorar la "privacidad". Por último, se han emitido recomendaciones sobre la determinación experimental de este "indicador" (Rw) así como sobre la conveniencia de realizar estudios de predicción en las fases tempranas de los nuevos proyectos. Todo ello de forma muy genérica y con injustificadas exenciones que, proyectadas a lo largo del tiempo, limitan su objetivo básico de protección de la salud de los hombres de la mar frente al ruido.

En paralelo, a este “cambio regulatorio” ha transcurrido la vida profesional del autor. Su actividad de más de 37 años se ha centrado, principalmente, en la resolución de problemas de vibraciones y ruidos en buques y en la industria, disponiendo de más de 2.000 estudios de estas actividades. Lo anterior, unido a su directa participación en los proyectos de Investigación de la UE: “BESST”, “SILENV” y “AQUO”, dirigidos todos ellos a la “reducción del impacto ambiental de todo tipo y tamaño de buques”, le permiten una “plataforma crítica” de análisis de este cambio regulatorio en particular.

En el presente artículo, tras un repaso del Marco Regulatorio actual, del impacto del ruido en la salud de las personas y, en particular, de los hombres de la mar, y de las capacidades tecnológicas actuales de la Construcción Naval, se realiza un análisis crítico documentado de las “injustificadas limitaciones” de la Resolución MSC. 337(91) -Código de Niveles de Ruido a bordo de los Buques-, de próxima aparición en el Sector Marítimo Mundial.

1 VISIÓN GENERAL DEL MARCO REGULATORIO.

1.1. Introducción.

El “ruido”, entendido como un “sonido no deseado”, ha sido identificado como uno de los factores más contaminantes de las sociedades industrializadas, siendo el transporte, en todas sus variantes: aéreo, terrestre y marítimo, uno de sus principales agentes. El ruido está presente en toda actividad humana, relacionándose, en muchas ocasiones, con el nivel o grado de desarrollo industrial de dichas sociedades.

Así, se estima que en los Estados Unidos de América (USA) aproximadamente 40 millones de personas, y en Alemania entre 4 y 5 millones de personas (12 -15% del personal laboral), están sometidos a “niveles de ruidos ocupacional” definidos como “peligrosos” por la Organización Mundial de la Salud (WHO, 2001). Entendiendo como “ruido ocupacional” el que se evalúa en términos de su impacto en el

"bienestar humano", y como "ruido ambiental", el que evalúa en otros escenarios: tráfico, lugares de recreo, deportes, música, etc.

Por otro lado, si bien el ruido está asociado con toda actividad humana, existen actividades que se caracterizan por altos niveles de ruido: Minería, transportes, construcción, agricultura y militar.

En las últimas décadas en este tipo de sociedades desarrolladas, la extendida sensibilidad en ellas sobre el impacto del ruido en la salud de las personas y en el medioambiente, ha forzado a los responsables políticos y las diferentes agencias reguladoras al desarrollo frenético de un nuevo marco regulatorio que les garantice su protección frente a este perturbador agente. En este periodo cabe citar, entre otras, la aparición de las siguientes Regulaciones y Directivas: ILO- Intenational Labour Organization- Código de Prácticas "Factores Ambientales en el puesto de trabajo" (2001), USA- Leyes para el Control de Ruido y Vibraciones (1983), Directivas de la Unión Europea (UE), para el Control de Vibraciones y Ruido (2002), directivas, todas ellas que una vez aprobadas son adoptadas e incorporadas como Leyes por los diferentes Estados Miembros.

De forma general, los resultados de estas actuaciones pueden calificarse de satisfactorio: La práctica totalidad de los trabajadores, "sin distinción", están protegidos por Leyes locales de Protección de "Seguridad e Higiene en el Trabajo" que les garantizan un seguimiento y control de su salud frente a los agentes contaminantes en general. Y todo ello de acuerdo a los Criterios y Objetivos definidos por la Organización Internacional del Trabajo (ILO). La concienciación de estas sociedades a través de la educación y divulgación, ha sido el motor de este cambio.

Esta situación contrasta con la correspondiente a los países en vías de desarrollo con acelerados procesos de crecimiento basados en sus recursos naturales. Si bien el nivel de datos disponibles es escaso, existen evidencias que sugieren que los niveles de ruido ocupacional en los puestos de trabajo están muy por encima de los

recomendados en las naciones desarrolladas. El valor medio del nivel de ruido en general, ocupacional y ambiental, puede estar aumentando dado que estos procesos acelerados de industrialización no van acompañados de los correspondientes marcos regulatorios locales de protección.

Si bien no es tarea sencilla, y dentro de los principios de la Organización Internacional del Trabajo (ILO), en una economía globalizada los derechos de todas las personas, independientemente de su localización geográfica, a un "puesto de trabajo seguro", y a un "medioambiente sostenible", deberán ser inalienables. Nada se conseguirá "con esfuerzos locales" de protección de las personas y el medioambiente, si no se enmarca dentro de un escenario globalizado. La educación y divulgación de conocimientos y experiencias, por parte de los países avanzados hacia los correspondientes en vías de desarrollo, son pilares esenciales en este propósito. Y, más, teniendo siempre presente que estos países son, en muchos casos, el auténtico pulmón del mundo.

Estos pronunciamientos no son fruto, ni mucho menos, de un "acaloramiento ecologista" por parte del autor. Sino del firme convencimiento, como ingeniero, de que hoy en día uno de los principales retos de la Ingeniería, en todas sus vertientes, es el poder hacer compatible el desarrollo de las sociedades con unas condiciones de trabajo dignas, un comercio justo y un medioambiente sostenible.

1.2. El Ruido en el Tráfico Marítimo.

Como se ha recogido anteriormente, el transporte, en sus diversas modalidades, ha sido identificado como uno de los agentes que más contribuyen a la contaminación ambiental por ruido. Si bien las variantes terrestres: vehículos y trenes, e incluso el aérea, están sometidas a regulaciones locales, el tráfico marítimo, en general, dado su carácter internacional/globalizado, presenta particularidades que serán tratadas en este artículo.

Refiriéndonos específicamente al tráfico marítimo, los ruidos y las vibraciones a bordo de los buques han sido uno de los aspectos más recurrentes de la Construcción Naval. A pesar de ello, la regulación y control de ambos aspectos: vibraciones y ruido a bordo, ha experimentado grandes cambios a lo largo del tiempo [1]. Así, la situación de la década de los setenta, donde la mención a estos aspectos era completamente ambigua, con expresiones tales como “el Astillero aplicará “su mejor hacer” para reducir o limitar las vibraciones y ruido en el buque”; experimentó un cambio drástico con la aparición de los Estándares Internacionales IMO A.468 (XII) [2], para ruidos a bordo, e ISO 6954 (1984) [3], para vibraciones a bordo. A pesar de sus “limitaciones/exenciones”, posiblemente derivadas del “estado del arte” en las fechas de su promulgación, el establecimiento de límites para los diferentes espacios del buque, en ambos casos, permitió la objetivación de los aspectos de vibraciones y ruidos a bordo de los buques, hasta ahora ambiguos. Se acabaron, así, las interminables reuniones/discusiones entre Armadores (“el buque vibra y hace ruido”) y Astilleros (“el buque no vibra”), a las que, en una gran mayoría de casos, se ponía fin mediante un acuerdo económico entre las partes.

En la década de los 90 y hasta la actualidad, con el boyante crecimiento del mercado de Cruceros y Buques de Pasaje, y la necesidad de los armadores de estos buques de responder a las demandas cada vez más exigentes de sus clientes (el pasaje), aparecen las Notaciones Opcionales de Clase (Comfot Class Notations) relativas a vibraciones y ruidos a bordo de este tipo de buques. Notaciones opcionales qué, promovidas por las Sociedades de Clasificación, tratan de responder a esta “demanda del mercado”. Para darnos cuenta del reto tecnológico que ha supuesto la incorporación de las Notaciones de Clase, es importante mencionar, que para algunos grados de confort, algunas de ellas han establecido límites de vibraciones de 1-2 mm/s-rms, frente a los 4 mm/s-rms, del Estándar, y límites de ruido en algunos espacios, fundamentalmente de acomodación, 15 dB(A) por debajo del límite Estándar correspondiente.

Ante esta demanda y el reto tecnológico que ello supone, la Industria de la Construcción Naval ha respondido favorablemente incorporando las tecnologías más novedosas y vanguardista en pro de este “objetivo”.

Se confirma así, por la consistencia de los hechos antes citados, uno de los principios que después del de Arquímedes, es, a juicio del autor, uno de los más importantes en Construcción Naval: “Nadie hace nada si no se le fuerza a ello y, sobretodo, si el negocio funciona bien”.O en otras palabras, no existen retos técnicos, en los aspectos de ruidos y vibraciones, cuando es el “mercado” el que manda.

En este tiempo y hasta la actualidad, los estándares ISO -vibraciones- e IMO -ruidos-, apenas si han introducido cambios significativos y siguen manteniendo unas “exenciones/limitaciones”, difícilmente sostenibles en los tiempos actuales. En efecto, ISO en el año 2000 introdujo la revisión ISO 6954 (2000) [4], con modificaciones de los límites de los espacios: 4 mm/s-rms, para acomodación y 8 mm/s-rms, para espacios de maquinaria, así como cambios en la adquisición y el procesamiento de las señales -ponderación de la baja frecuencia-, derivadas del nuevo estado del arte en el conocimiento de cómo estas bajas frecuencias afectan al cuerpo humano y, sobretodo, las derivadas del análisis digital de señales del moderno equipamiento. Por el contario, IMO ha “mantenido congelado”, durante todo este periodo de tiempo, su Resolución A.468 (XII) “Código de Niveles de Ruido a bordo de Buques”, que entró en vigor el 19 de Noviembre de 1981, y que se tiene prevista su modificación o revisión por medio de la Resolución MSC.337(91) “Adopción del Código de Niveles de Ruido a bordo de Buque” [5], adoptada por el Comité de Seguridad Marítima (MSC) el 30 de Noviembre de 2012 y cuya entrada en vigor se prevé para Julio de 2014.

En paralelo y como elemento de contraste, la Unión Europea (EU) dentro del marco general de su “Política Verde” (Green Policy) dirigida a reducir el “impacto ambiental” de todo tipo de buques, viene promulgando toda una serie de Directivas, entre otras la Directiva 2003/10/EC [6], la Directiva 2006/87/EC [7] y la reciente Directiva

2008/56/EC [8]. Directivas, todas ellas, orientadas a la creación de un nuevo y consistente “Marco Regulatorio” que permita evitar y/o reducir los efectos negativos de las Vibraciones y los Ruidos no sólo en la salud de las tripulaciones y pasajeros, si no en el el medioambiente debido al “ruido exterior” y las vibraciones radiadas por los buques al aire y al medio marino.

En el primer caso: ruido exterior radiado por los buques a los puertos (NRH), sus negativos efectos se han visto evidenciados por el número creciente de reclamaciones de las personas afectadas en las áreas residenciales a los puertos y las vías navegables. Con relación al segundo aspecto: Ruido Radiado al Agua (URN) por los buques, una amplia y detallada variedad de investigaciones, conducidas en la mayoría de los casos por la Comunidad Científica, han permitido identificar al “tráfico marítimo” y su sensible incremento en las últimas décadas, como la causa principal del incremento del ruido en los Océanos (más de 50 dB (ref. 1 □Pa)) en los últimos veinte años, así como el centro de atención en el acalorado debate relativo a perturbaciones y daños en las diferentes especies de la fauna marina.

Es evidente que esta “aproximación global” al impacto de los buque tanto en la salud de las personas como en el medioambiente, requerida por el marco regulatorio actual y el de inmediata aparición, significa un nuevo reto para la Industria de la Construcción Naval. En efecto, y como han evidenciado recientes investigaciones, en el marco de los Proyectos de Investigación promovidos por la UE [9, 10, 11], en la mayoría de los proyectos y diseños de los buques civiles de la Flota Europea, incluso los más recientes, no se han tenido en cuenta, y por lo tanto no se han adoptado las medida preventivas correspondientes, con relación al Ruido Radiado al Puerto y el Ruido Radiado al Agua, por los mismos. Solamente cabe reseñar dos excepciones: los Buques Militares y los Buques de Investigación Oceanográfica. En los primeros, por “requerimientos o necesidades estratégicas”, y en los segundos, por “requerimientos operativos del equipo electrónico”, se han adoptado las medidas preventivas oportunas en cada caso. Se dispone, por lo tanto, de otro “hecho” más

que viene a confirmar el “segundo principio de la Construcción Naval” (después del de Arquímedes), y al que volveremos a lo largo de este artículo.

Para cambiar radicalmente este escenario y dotar de consistencia técnica a las nuevas Directivas, la UE ha promovido, dentro de los Programas Marcos de Investigación, FP7 y FP5, entre otros, los proyectos “BESST”[9], “SILENV” [10] y “AQUO” [11]; dirigidos todos ellos a “reducir el impacto ambiental” de todo tipo y tamaño de buques. Proyectos, algunos ya completados, en los que se han y están invirtiendo decenas de millones de euros de los impuestos de los ciudadanos europeos; que han contado con la destacada participación de los principales protagonistas: Grandes Astilleros, Suministradores y Armadores, prestigiosas Universidades y Centros de Investigación, Sociedades de Clasificación, y consultores especializados, entre los que se encuentra el autor.

Y en este “agitado mar regulatorio”, después de treinta y un años (31) de la promulgación del primer y único “Código de Niveles de Ruido a bordo de Buques”, Resolución IMO A.468 (XII), que ha dominado, por su vigencia, toda la Construcción Naval de las tres últimas décadas, viene a aparecer, bajo el nombre de Resolución MSC.337(91) “Adopción del Código de Niveles de Ruido a bordo de Buques”, la nueva resolución que sustituye y reemplaza al anterior y cuya entrada en vigor se tiene prevista para el próximo 2014.

En el presente artículo, y desde la perspectiva que le brinda al autor el hecho de que toda su vida profesional, como especialista en ruido y vibraciones en buques, ha transcurrido paralela a este Código, o lo que es lo mismo, el hecho de haber estado peleando durante tanto años con él, sus ambigüedades y sus exenciones/limitaciones, se realiza un completo y exhaustivo “análisis crítico” de este nuevo código de ruidos.

Un primer examen del mismo, y teniendo en cuenta las dificultades que supone el hecho de tenerse que lograr su aprobación por consenso, nada se puede objetar desde el punto de vista diplomático/político: es impecable. En segundo lugar y desde

el punto de vista técnico, los “criterios” empleados para el mantenimiento de los límites de ruido (los mismos que hace 31 años) en los buques entre 1.600 GT´s y hasta 10.000 GT´s, y reducir en 5 dB(A) los límites en los espacios de habilitación de los buques por encima de 10.000 GT´s, pueden calificarse de “técnicamente inconsistentes” con el “estado actual del arte” así como con los “objetivos de protección” que, obedeciendo a las recomendaciones de la Organización Internacional del Trabajo (ILO), el Nuevo Código pretende establecer.

Por último, pero no menos importante, las “exenciones” que se establecieron en 1981 en la Resolución IMO A.468 (XII), posiblemente por el nivel de conocimientos de esta materia en estas fechas, y que se siguen manteniendo, sin fisuras, en la nueva Resolución MSC. 337(91), constituyen una injustificada “contradicción” con las leyes de seguridad laboral adoptadas por algunos países Miembros de la Unión Europea (UE) y emanadas de la Directiva 2003/10/EC, así como con los “objetivos” universales de protección de “todos los trabajadores”, sin discriminación alguna, establecidos por la Organización Internacional del Trabajo -ILO-.

Todas estas “debilidades”, convierten, a juicio del autor, a la nueva Resolución MSC. 337(91) “Adopción del Código de Niveles de Ruido a bordo de los Buques”, en un simple “acuerdo de mínimos”, contradictorio con Directivas y “objetivos universales de protección de todos los trabajadores” frente al ruido como agente nocivo, “técnicamente obsoleto” con respecto al nivel actual de conocimientos, y que se verá, más pronto que tarde, desbordado por la realidad.

Como aviso a los actores protagonistas: Administraciones, Armadores, Trabajadores de la mar, etc; una prueba indiscutible de la última valoración: “desbordado por la realidad”, la podemos encontrar en el documento CO80 “Code of practice on noise and vibration in ships”, de la MCA -Maritime and Coastguard Agency- [12], en que se recoge qué “de acuerdo con la BIA (British Insurance Association), las “perdidas auditivas inducidas por el ruido (NI-HL), lidera las “reclamaciones compensatorias” por tal motivo”.

Este primer “examen crítico” del nuevo Código no pasaría de ser una simple “evaluación subjetiva y personal-profesional”, con estas valoraciones. El objeto del presente trabajo es aportar los datos técnicos y de otro tipo que den sustento a las mismas.

2 EL RUIDO, SU MEDIDA Y CUANTIFICACIÓN. LOS EFECTOS EN LA SALUD DE LAS PERSONAS.

Con la finalidad de que el lector, no experto en la materia, pueda formularse su propia valoración de los aspectos a tratar en el presente trabajo, se ha considerado oportuno repasar algunos conceptos básicos, así como las definiciones que se manejan a lo largo del mismo.

2.1. Conceptos Básicos y Definiciones.

De forma general el sonido es un fenómeno físico que consiste en la perturbación mecánica de las partículas de un medio elástico (aire, acero, etc), inducida por un elemento que vibra o un impacto, y que se percibe, a través del oído humano, como una sensación sonora. En el ejemplo de la Figura 1 se representa el mecanismo de generación y percepción del sonido. Las paredes del diapasón (fuente sonora) al vibrar perturban las moléculas de aire (medio) próximas originando así una perturbación en el medio (fluctuaciones de presión: compresiones y descompresiones) que dan lugar a una onda de presión (onda sonora) que se propaga por el medio (aire a 340 m/s) y que alcanza el oído humano (receptor). Esta onda de presión al introducirse por el pabellón auditivo hace vibrar la membrana del tímpano, de ahí pasa al oído medio, oído interno y excita las terminales del nervio acústico que transporta al cerebro los impulsos neuronales que finalmente generan la sensación sonora. Las alteraciones de este delicado mecanismo del “oído humano”, por cualquier causa o motivo, son causa de incapacidad en las personas que lo padecen.

El ruido es un sonido que por sus características: amplitud, repetitividad, y frecuencia, se convierte en “no deseado”. El ruido como fenómeno ondulatorio que es, se caracteriza por su amplitud: la onda expansiva de una mina (alta) o el canto de un pájaro (baja); y por su frecuencia: un tambor (baja) o el violín (alta).

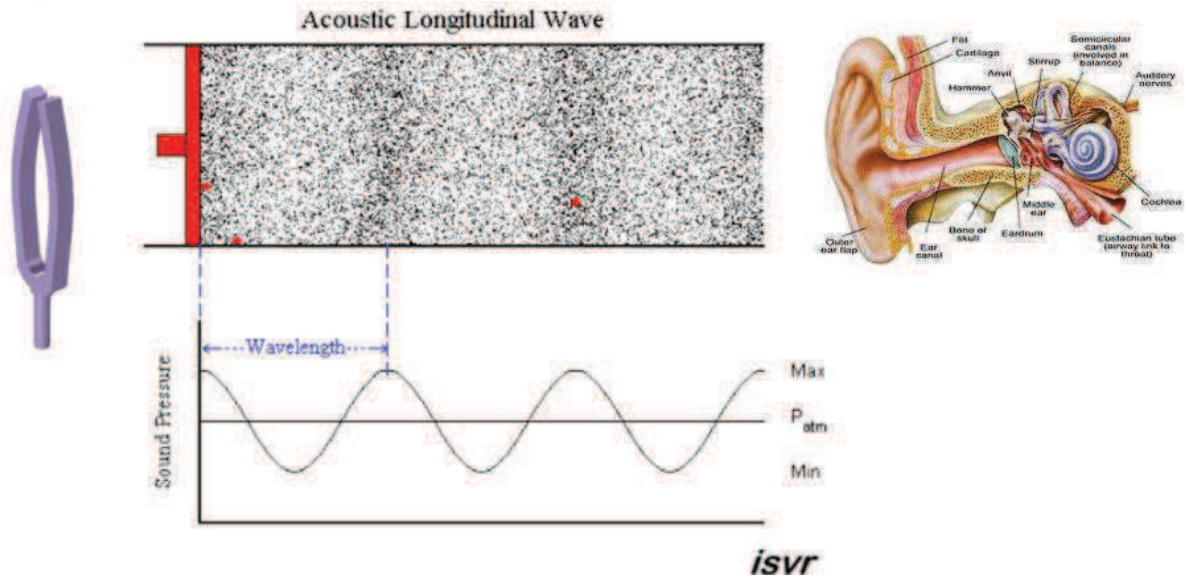


Figura 1.- Mecanismos de generación, propagación y recpeción del ruido.-

2.2. Medida y Cuantificación del Ruido.

Existe una amplia variedad de magnitudes o indicadores que permiten la cuantificación de los niveles de ruido. De todos ellos los más útiles, desde el punto de vista de su impacto en la salud, son descritos por de Hollander et al, (2004) [13]. En general, estos indicadores son magnitudes físicas que se "corrigen" en función de la “sensibilidad” de las personas al ruido. Estas correcciones varían con la frecuencia del ruido y sus características: Continuo, intermitente, impulsivo; y con la fuente de ruido. Habitualmente para la evaluación los niveles de ruido en el trabajo se emplean las siguientes magnitudes:

Nivel de Presión Sonora: El nivel de Presión de Sonora (Lp) es una medida de la amplitud de la fluctuación de presión que genera el sonido/ruido. Dado que el oído humano es capaz de detectar una amplia gama de niveles del sonido que van desde

los $20x10^{-6}$ Pa hasta los 200 Pa, el manejo de estas unidades en escala lineal en este amplio margen resulta incómoda. Por ello y para la cuantificación de esta magnitud se emplea el decibelio dB. El decibelio se define según la siguiente expresión: $dB = 10 \log (p_{e2}/p_{02}) = 20 \log (p_e/ p_0)$. Siendo p0 la presión que se adopta como "referencia" y que se ha convenido en fijarla en el rango inferior (20.10^{-6}) del oído humano. Así el oído humano es capaz de percibir y soportar sonidos que van de 0 a 120 dB (ref. 20 μPa).

Nivel Sonoro. La respuesta del oído humano varía con la frecuencia o lo que es lo mismo, el oído humano no es igualmente sensible a las diferentes frecuencias del ruido. Para tener en cuenta este efecto y por lo tanto la sonoridad percibida de un sonido, se emplea un factor de sensibilidad espectral que permite ponderar el nivel de presión sonora a cada frecuencia (filtro A). Estos niveles de presión sonora con ponderación A se expresan en unidades de dB(A).

Nivel Sonoro Equivalente. Cuando los niveles de sonido fluctúan con el tiempo, como es el caso de los ruidos que se generan en el puesto de trabajo, el nivel de ruido o sonido equivalente se determina durante un periodo de tiempo específico. En consecuencia el nivel sonoro ponderado en decibelios A -dB(A)- se promedia durante un período de tiempo (T) y es designado por LAeq,T. Normalmente el período de exposición común, T, adoptado por los diferentes estudios y reglamentos de ruido en el trabajo es de ocho (8) horas, y el parámetro se designa por el símbolo, LAeq (8), expresado en dB(A).

En el caso de los "hombres de la mar", aparte de ser su trabajo uno de los qué, de acuerdo con la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) y la ILO (International Labour Organization), recibe la calificación de los más peligros, ha de tenerse en cuenta que la vida de estas personas, durante la navegación, transcurre de forma completa 24 de cada 24 horas del día, en el mismo medio potencialmente ruidoso: el buque. El Nivel Sonoro equivalente que se empleará en estos casos será el correspondiente a 24 horas.

2.3. Los Efectos del Ruido en la Salud.

No es posible resumir en un solo apartado toda la literatura existente e investigaciones solventes al respecto sobre los efectos del ruido en la salud de las personas, realizadas por organizaciones prestigiosas, entre otras, como la WHO (World Health Organization), OSHA (Occupational Safety and Health Administration-, etc. Remitimos al lector interesado a un a simple búsqueda en la red con la entrada: NIHL (Noise Induced Hearing Losse "Pérdida de Audición inducida por el ruido"), para que compruebe por sí mismo la solvencia científica de estos trabajos.

Por el contrario, y con el propósito fundamental de este trabajo sobre el cuestionamiento de la nueva Resolución MSC.337(91) "Adopción del Código de Ruido a bordo de los Buques", como instrumento o herramienta con capacidad de protección de la salud de los "hombres de la mar", dadas sus "exenciones y limitaciones"; hemos considerado oportuno resumir y extraer de la referida literatura científica, aquellos principios, conclusiones y experiencias, que soportan, mediante vivencias de terceros, el referido cuestionamiento, así como algunos aspectos que se mencionan en este trabajo.

Un primer examen de los diferentes estudios epidemiológicos consultados y que fueron específicamente diseñados para poder vincular los efectos del "ruido ocupacional" (en el puesto de trabajo) en la salud de las personas, independientemente del espacio geográfico (lugar) en el que la investigación se ha llevado a acabo, permite concluir que:
"En general, las consecuencias para la salud de un determinado nivel de ruido en el trabajo son prácticamente las mismas, independientemente del país o región en el que se produce la exposición".



Figura 2.- Carácter “globalizado” del factor de riesgo-ruido.-

La generalización de esta conclusión al medio marino permite establecer que el factor de riesgo del ruido para la salud es el mismo para cualquiera de los trabajadores que desempeñen su actividad en cualquier lugar o espacio de trabajo como los que se recogen en la Figura 2.

La revisión de la basta literatura al respecto indica que el ruido además de sus efectos sobre la audición tiene una serie de efectos sobre otros aspectos de la salud. Algunos de ellos, tal y como la privación del sueño, son importantes en el contexto del ruido ambiental, pero son menos probables que estén asociados con el ruido en el lugar de trabajo. Otras consecuencias del ruido en el trabajo, tales como molestias, hipertensión, alteración del bienestar psicosocial y trastornos psiquiátrico han descritos por De Hollander et al., 2004 [13].

Para el “ruido ocupacional” que se experimenta durante la realización de nuestro trabajo, el mejor indicador que permite cuantificar su efecto sobre la salud es la mayor o menor perdida de la capacidad auditiva que la exposición prolongada a este agente induce en el individuo. Este término que se conoce en ingles como NIHL (Noise Induced Hearing Loss), y cuya traducción podría hacerse como “Pérdida Auditiva Inducida por el Ruido (PAIR)”, ha sido durante mucho tiempo y constituye hoy en día, por: a) su impacto directo e irreversibles e “inmediatas” consecuencias en la salud del personal expuesto, b) las consecuencias socioeconómicas, a “medio plazo”, derivadas para los Estados (independiente de su localización), c) e incluso por su impacto económico y operativo en determinados colectivos como pueden ser las Armadas de determinadas potencias mundiales como son los EUA (Estados

Unidos de América); el sujeto-objeto de las más amplias y vastas investigaciones científicas, del frenético tren regulatorio de las últimas décadas y de la puesta en práctica de estrategias y tecnologías que permitan combatirlo y mitigarlo.

En efecto, todas las investigaciones científicas han revelado que los primeros efectos de la exposición prolongada a un ruido excesivo (altos "niveles de exposición") son, normalmente, un aumento en el "umbral de la audición"- o "nivel mínimo de percepción" del ruido. Ello se denomina "cambio del umbral", según han revelado las evaluaciones audiométricas. Según la NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health) (1998)- este "cambio de umbral de audición" se define como un cambio en el umbral de un valor promedio de 10 dB para las frecuencias de 2.000, 3.000 y 4.000, Hz, en ambos oídos. El NIHL o PAIR, Pérdida de Audición Inducida por el Ruido se mide comparando el "umbral de escucha" o de percepción a una frecuencia especificada con un estándar de este "umbral de percepción", para una audición normal. Su valor se reporta en "unidades de la pérdida de audición" en decibelios (dB HL). Este cambio del "umbral de audición" es el precursor de la pérdida de la audición como principal causa de la alta o descontrolada exposición al ruido en el trabajo. Ello se corresponde con un aumento permanente en el umbral de audición que puede derivar, con el tiempo, en tinnitus: zumbido parmente y continuo de oídos o en la cabeza.

Desafortunadamente la discapacidad auditiva (NIHL) es un "fenómeno gradual" de tal manera que los trabajadores afectados no se dan cuenta de los cambios en su capacidad auditiva hasta pasado unos años y cuando ya, de forma irreversible, ha ocurrido un gran cambio en su "umbral de audición". Así durante unos pocos años de exposición a altos y peligrosos niveles de ruido la discapacidad auditiva se inicia con el cambio del umbral de percepción en el estrecho margen de frecuencias antes mencionado: 2 kHz a 4 kHz, donde el oído humano es más sensible. A medida que esta discapacidad aumenta, al mantenerse los niveles de exposición al ruido, la capacidad auditiva se reduce ya que se empiezan a afectar los nervios del oído interno por destrucción de sus células y por consiguiente la adecuada transmisión de señales al cerebro. En estos casos, y como consecuencia de estos daños

irreversibles de destrucción de células nerviosas, el rango de frecuencias afectado se incrementa hasta los 6 kHz. Dado que este rango de frecuencias de afectación: 2 kHz a 6 kHz, entra dentro del rango que se conoce como SIL- Speech Interference Levels- que contiene las frecuencias generadas por la voz humana, el individuo afectado constata realmente sus limitaciones de entendimiento con sus compañeros: Está definitivamente sordo. El tiempo de degradación así como el grado de la misma, dependen directamente del nivel de ruido al que este trabajador ha estado expuesto y del tiempo de exposición al mismo.

Consecuencias Individuales: Las "consecuencias individuales" de esta discapacidad que, en algunos casos como el de un marinero-pescador asistente a una de las conferencias del autor que reconoció perdidas auditivas por encima del 70% en ambos oídos, se identifican cuando el individuo pasa al retiro obligatorio y son sobradamente conocidas: 1) Aislamiento social, 2) Problemas de comunicación con los compañeros de trabajo y la familia, 3) Aumento de las lesiones derivadas del problema de comunicación y el aislamiento; 4) Ansiedad, irritabilidad, disminución de la autoestima; 5) Gasto médicos para su cuidado. En definitiva, una muy baja calidad de vida después de pasar al retiro.

Asimismo, y para aquellos individuos afectados que sigan desarrollando su actividad laboral, a las consecuencias ya indicadas hay que añadir las siguientes: 6) Disminución de la capacidad para controlar el ambiente de trabajo: señales de alarma, equipos, instrucciones, etc, y en consecuencia mayor riesgo de accidentes, 7) Pérdida de productividad, 8) Reducción de sus perspectivas de empleo. En efecto la necesidad de cualquier trabajador, marineros incluidos, de tener que disponer de un Certificado Médico de Aptitudes obligatorio para el desempeño de su trabajo, donde la capacidad auditiva es un indicador evaluable, puede limitar sus expectativas laborales. Así, el tener que usar audífonos puede no ser limitativo para acceder a un puesto de camarero, pero si en el caso de un puesto para el cual la comunicación es un factor esencial de la seguridad: Oficiales de puente y máquinas, sonaristas, oficiales y marineros de CIC (Centro de Información y Combate), etc.

Consecuencias para los Estados: Debido al carácter globalizado de la conclusión descritita al principio de este apartado, todos los Estados, sea cual sea su localización geográfica, así como los responsables políticos de los mismos, deben ser conscientes de que la No-regulación, y en consecuencia la desprotección de sus ciudadanos frente a un agente tan nocivo y con efectos retardados en el tiempo, como es el ruido y los altos niveles de exposición al mismo, termina por ocasionar consecuencias que les afectarán a los mismos: Altos índices de discapacidad de su fuerza laboral y productiva, aumento de los costes sociales por tal motivo, aumento del número de accidentes y costes derivados, etc. Es más, en un mundo de la comunicación y sin fronteras para el conocimiento, estos responsables políticos deben ser conscientes de que sus ciudadanos son conocedores de los mecanismos que las sociedades avanzadas, por experiencia y concienciación han establecido para protegerse. Será cuestión de tiempo el que tengan que soportan la presión social correspondiente que les lleve al cambio.

Consecuencias para la Organizaciones/Empresas: Según se recoge en el documento de la MCA (Maritme Coastguard Agency) [12], de adecuación de la Directiva 2003/10/EC [6] al sector marítimo, “la Pérdida de Audición Inducida por el Ruido, (o como se conoce por sus iniciales en ingles, NIHL), es una de las principales causas de las reclamaciones de indemnización de acuerdo con la Asociación de Aseguradoras Británicas”. Asimismo, en prácticamente todas las sociedades avanzadas con sistemas sociales de protección con carácter universal, esta “discapacidad auditiva” de cualquier trabajador está considera como “enfermedad prescrita” bajo esos Regimenes de Seguridad Social y Protección de los Trabajadores, como causa de “baja permanente” del trabajador y pago de su salario con cargo a los Presupuestos de estos Sistemas de protección y por lo tanto, con cargo a los impuestos de los ciudadanos y de las empresas.

Mención especial merece el caso del colectivo de los 107.000 marineros de la US-Navy que viven y trabajan en sus buques y para los que el ruido es un hecho más de su vida cotidiana. En un reciente estudio del CNA (Center for Naval Analyses), “Statistical Analysis of Hearing Loss Among Navy Personnel”, CRM

D0011228.A2/Final February 2005, Geoffrey B. Shaw and Robert P. Trost, se ha demostrado la directa correlación entre los destinos de larga duración en los buques de superficie y un incremeno de las perdidas de audición. La VA (Veteran Administration), reporta que los costes derivados de las discapacidades auditivas han sido, para este colectivo, de 6.480 millones de dólares entre 1968 y 2006. A todo ello deben añadirse pérdidas de tiempo y reducción de productividad, pérdida de trabajadores y personal cualificado por baja médica, invalidez militar,

Convenio, reconversiones, etc. En base a todas estas consecuencias, la US-Navy bajo el epígrafe “Buy Quiet”, ha establecido una estrategia que permita revertir esta tendencia. Se concluye que “el Control de Ruidos en los buques” es esencial para la protección de las dotaciones, el éxito de las misiones y la retención del personal.

Por las razones expuestas la lucha contra este agente: el ruido, se hace necesario que tenga un carácter “global” y de “tolerancia cero”. Ello puede conseguirse, en primer lugar, mediante el establecimiento de mecanismos de cooperación entre las sociedades avanzadas, que ya han experimentado las consecuencias de la desprotección, con aquellas otras sociedades en procesos acelerados de desarrollo. Las directrices de organizaciones como la ILO (International Labour Organization), sobre la protección de los trabajadores frente al ruido son esenciales. Se echan en falta en este tipo de directrices una mayor concreción sobre los límites de exposición y las penalizaciones por incumplimientos. Se debe ser consciente que las “ambigüedades”, “las exenciones” y “limitaciones”, terminan generando “desprotección”, desvirtuando cualquier intento de regulación. Un ejemplo claro de “firmeza regulatoria” y de “tolerancia cero”, como lo requiere un agente para el que todas las investigaciones científicas y estudios epidemiológicos han demostrado sus efectos, lo constituye la transposición de la Directiva 2003/10/EC a todo tipo de buques realizada por la Maritime Coastguard Agency del Gobierno del Reino Unido [12].

Por último, se considera importante destacar que la Construcción Naval, en estos últimos 31 años, ha demostrado sobradamente su capacidad tecnológica para

responder satisfactoriamente al reto que supone lograr y producir buques, de todo tipo, que garanticen unas condiciones ambientales sin riesgo para la salud de todos los hombres de la mar que trabajan en ellos. Los niveles de confort, relativos al control del ruido, logrados en los buques de crucero, yates y embarcaciones de recreo, en los buques especiales como los buques oceanográficos, así como en buques mercantes donde los armadores sensibilizados y los requerimientos de bandera los han impuesto, son una prueba de esa capacidad de la Construcción Naval y de que no existen, por lo tanto, "limitaciones técnicas" que impidan lograr el objetivo del control de ruido en todo tipo de buques. Los costes de estas actuaciones, que como se verá carecen de fundamento, pueden ser consideradas como ahorro de unos pocos y para hoy, pero que con el tiempo derivaran en altos costes para los directamente afectados así como para los Estados y el resto ciudadanos.

3 EL "NUEVO" Y EL "VIEJO" CÓDIGO DE NIVELES DE RUIDO EN LOS BUQUES. ASPECTOS TÉCNICOS. ANÁLISIS COMPARATIVO.

3.1. Introducción

Una vez que el lector dispone de una visión general del: Marco Regulatorio actual sobre el ruido, el carácter "universal" de las directrices promulgadas por las Organizaciones Internacionales al respecto, las consecuencias de la "desprotección" de los trabajadores con relación a este agente, y una vez repasados los conceptos básico sobre el ruido; se dispone de las herramientas necesarias para proceder al examen y análisis de la nueva Resolución MSC. 337(91) "Adopción de Código de Niveles de Ruido a bordo de Buques" adoptada el 30 de Noviembre de 2012 y cuya entrada en vigor se prevé para el 1 de Julio de 2014. A lo largo del texto nos referiremos a ella como "nueva resolución" o "nuevo código". Esta nueva resolución sustituye y reemplaza a la Resolución A. 468(XII) "Código de Niveles de Ruidos a bordo de Buques", adoptada el 19 de Noviembre de 1.981, y actualmente en vigor, y a la que nos referiremos en el texto como "vieja resolución" o "código viejo".

En este apartado, y con el propósito de que este examen le permita al lector su propia valoración, se ha hecho un análisis comparativo de los aspectos más significativos de ambas resoluciones; empezando por los "aspectos técnicos" y terminando por los "formales". Al final de cada apartado se resumen las "observaciones" del autor.

3.2. Comparativa de Límites de Ruido en los diferentes espacios del Buque.

La primera de las diferencias entre ambas resoluciones: A. 468(XII) y MSC. 337(91), aparece con relación al "tamaño de los buques". Si bien en la primera su campo de aplicación se circunscribía a los buques con arqueo igual o superior a las 1.600 GT´s, en la segunda se establecen dos subgrupos: Los buques con arqueo igual o superior a 1.600 GT´s, hasta las 10.000 GT´s, y aquellos otros por encima o igual a 10.000 GT´s.

De acuerdo con ello, los Límites de Ruidos para ambos Códigos para los diferentes espacios del buque, así como sus nuevas denominaciones, se han resumido en la Tabla de la Figura 3 adjunta. (Nota: La tabla se reproduce en inglés para evitar posibles errores en su interpretación).

NOISE LEVEL LIMITS- dB(A)				
IMO A.468(XII) November 1.981		MSC-337(91) November 2012.		
Designation of Room and Spaces	SHIP SIZE ≥ 1.600 GT	Designation of Room and Spaces	SHIP SIZE 1.600 up to 10.000GT	SHIP SIZE ≥ 10.000 GT
WORK SPACES		WORK SPACES		
Machinery spaces(continuously manned)**	90	Machinery Spaces *	110	110
Machinery spaces (not continously manned)**	110			
Machinery Control Room	75	Machinery Control Room	75	75

Workshops	85	Workshops other tan those forming part of the Machinery spaces.	85	85
Non.specific work spaces **	90	Non.specific work spaces **(other work áreas)	90	[85]
NAVEGATION SPACES		**NAVEGATION SPACES**		
Navigation bridge and chartrooms	65	Navigation bridge and chartrooms	65	65
Listening post, including navigation bridge wings* and windows	70	Look-out posts, incl. navigation bridge wings*** and windows	70	70
Radio rooms (with radio equipment operating but not producing audio signal)	60	Radio rooms (with radio equipment operating but not producing audio signal)	60	60
Radar rooms	65	Radar rooms	65	65
ACCOMMODATION SPACES		**ACCOMMODATION SPACES**		
Cabins and hospitals	60	Cabins and hospitals****	60	[55]
Messrooms	65	Messrooms	65	[60]
Recreation rooms	65	Recreation rooms	65	[60]
Open recreation areas	75	Open recreation areas (external recreation areas)	75	75
Offices	65	Offices	65	[60]
SERVICES SPACES		**SERVICES SPACES**		
Galleys, without food processing equipment Operating	75	Galleys, without food processing equipment operating	75	75
Serveries and pantries	75	Serveries and pantries	75	75
NORMALLY UNOCCUPIED SPACES		**NORMALLY UNOCCUPIED SPACES**		
Spaces not specified	90	Spaces referred to in section 3.14 (measurements shall be taken in all location with unusually high noise levels where seafarers may be exposed, even for relatively short periods, and at intermittently used machinery locations)	90	90
(*) Reference is made to resolution A.343 (IX) which also applies. (**) Ear protectors should be worn when the noise level is above 85 dB(A).		(*) If the maximum noise levels are exceeded when machinery is operating (only permitted if dispensation is granted in accordance with paragraph 1.3.6), stay should be limited to very short periods or not allowed at all. The area should be marked according to section 7.4. (**) Examples are open deck workspaces that are not machinery spaces, and open deck worksapces where communication is relevant. (***) Reference is made to the Recommendation on methods of measuring noise levels at listening post (resolution A.343 (IX)) which also applies. (****) Hospitals: Treatment room with bed.		

Figura 3.- Límites de Ruido en términos de Presión Sonora- dB(A).-

Por consiguiente, de examen de la Figura 3 se deduce que los “cambios” introducidos por la Nueva Resolución MSC. 337(91), en lo referente a los Límites de Niveles de Ruido, en términos de Niveles de Presión Sonora con ponderación A, en los diferentes espacios del buque, se reduce a los siguientes puntos:

- Subdivisión de los buques por “tamaño” estableciéndose dos sub-grupos: el primero entre 1.600 hasta 10.000 GT´s, y el segundo para buques por encima o igual de las 10.000 GT´s.
- Para el primero de los grupos de buques (> 1.600 y hasta 10.000 GT´s), los Límites de Niveles de Ruidos en los diferentes espacios “no han experimentado” ninguna modificación con respecto a la Vieja Resolución A. 468 (XII). Se asume, por tanto, “sin una detallada explicación técnica” de sus razones, que para todos los buques de este tamaño sigue vigente el “viejo código” y, por lo tanto, los mismos “niveles de protección” para todas la tripulaciones de estos buques “pequeños” que los que se establecieron hace treinta y un (31) años.
- Por el contrario, para los buques mayores de 10.000 GT´s, se han introducido “ligeras mejoras”. Estas se han limitado a la reducción de 5 dB(A) en los Límites de los siguientes espacios: Camarotes, Hospitales, Comedores, Salas de Recreo y Oficinas, principalmente.

3.3. Comparativa de Aislamiento Acústico entre espacios de Acomodación.

Con la finalidad de garantizar “condiciones de privacidad”, fundamentalmente en los camarotes, así como hacer posible el descanso y el recreo cuando en los espacios adyacentes se desarrollen otras actividades como música, conversación, movimientos de carga, etc; en ambas resoluciones se recomendó y se recomienda, poner especial atención al aislamiento acústico entre estos espacios.

Las propiedades de aislamiento a ruido aéreo de los mamparos y cubiertas de los espacios de acomodación según la Resolución A.468 (XII) debían caracterizarse de acuerdo con la Norma ISO R-717 (1:1996). Según la nueva Resolución MSC. 337

(91), los nuevos valores de aislamiento deben caracterizarse de acuerdo a la Norma ISO 717-1:1996 según la modificación (1-2006) parte 1.

En la tabla de la Figura 4, se recogen los valores establecidos en uno y otro caso para los Índices Ponderados de Reducción Acústica a ruido aéreo (Rw).

ACOUSTIC INSULATION INDEX BETWEEN ACCOMMODATION SAPCES (Rw)			
IMO A.468(XII) November 1.981		MSC-337(91) November 2012.	
Cabin to Cabin	30	Cabin to Cabin	35
Messrooms, recreation rooms to cabins and hospitals	45	Messrooms, recreation rooms, public spaces and entertainment areas to cabins and hospitals	45
-----	---	Corridor to Cabin	30
-----	---	Cabin to Cabin with communicating door	30

Figura 4.- Índices Ponderados de Aislamiento Acústico: Resoluciones A. 468(XII) / MSC-337(91).-

En ambas Regulaciones: “Nueva” y “Vieja”, se establece que este “Indicador” deberá determinarse experimentalmente mediante ensayos de laboratorio de acuerdo con la normativa ISO R-140 Parte III, para el caso de la “vieja”, y de la ISO-10144 O-2:2010, en el caso de la “nueva”.

Con relación a este “indicador”, se considera oportuno destacar las siguientes observaciones de ambas Resoluciones:

- En su apartado 6.3. Instalación de materiales, la Resolución A.468 (XII) establecida, de forma muy ambigua que “durante la instalación de los materiales (de asilamiento) y la construcción de los espacios de alojamiento, se tomasen las precauciones necesarias para lograr en la mayor medida posible que los valores de atenuación especificados en el punto 6.2- tabla Figura 4- no se viesen sensiblemente reducidos”.

- Por el contario, la Resolución MSC. 337(91), también en su apartado 6.3, si bien sigue manteniendo la misma "recomendación ambigua", respecto al cuidado en el "montaje de los materiales y a la construcción de los espacios de acomodación", da un ligero paso más; eso si, también un poco ambiguo, estableciendo que, "sí durante las pruebas de mar existe "duda" sobre el montaje de los materiales (de aislamiento)", "se deberían realizar medidas experimentales a bordo del buque (de lo que se denomina "Índice Ponderado Aparente de Reducción Acústica- R'w-), para una muestra significativa de particiones: cubiertas, mamparos, puertas, etc", admitiéndose una desviación de 3 dB con respecto a los valores especificados en el párrafo 6.2.1 de la misma (según la tabla de la Figura 2). Y completa su "ambigüedad" delegando en la "Administración" (entendida como "Administración Local") la "satisfacción" o no del resultado de estos ensayos experimentales.

En definitiva, y del análisis comparativo de este aspecto se deduce qué, si bien la "nueva Resolución" "reconoce un problema" con respecto a las propiedades de aislamiento de los materiales y el montaje de los espacios de acomodación, como ha sido constatado por la experiencia de estos treinta y un (31) años, da toda la impresión de que no se atreve a resolverlo con firmeza y resolución. Asimismo, el "delegar" este asunto en la "Administración", es, como se verá por la experiencia, poner este problema en "vía muerta": Muy poco o casi nada se hará por resolverlo. En definitiva, una "ambigüedad"- Apartado 6.3 de la Resolución A. 468 (XII)- ha sido sustituida por otra "ambigüedad más sofisticada", y por lo tanto sin garantía de firmeza a la hora de abordar y resolver definitivamente este problema qué, curiosamente, se reconoce.

En efecto, las experiencias durante estas tres últimas décadas, en lo referente a este aspecto del Índice de Reducción Acústico entre espacios de acomodación, permiten destacar, entre otros, los siguientes puntos:

1. En toda su vida profesional (37 años) y para todos los buques (más 500) en los que ha llevado a cabo las medidas de vibraciones y ruido durante las

pruebas de mar, por estar recogido en la especificación contractual correspondiente el cumplimiento con la Resolución IMO-A.468 (XII), el autor ha participado en un solo ensayo relativo a la obtención del Índice Ponderado Aparente de Reducción Acústica- R´w-, o, lo que es lo mismo, a la comprobación experimental de los "valores teóricos de laboratorio" de los materiales de aislamiento empleados.

2. Se conoce por experiencias sobradamente documentadas, que debido al "ruido por flancos", o lo que es lo mismo, pérdidas de "aislamiento" por montajes, incluso cuidados, las diferencias entre los "valores teóricos" de los materiales empleados y el valor de aislamiento, experimentalmente medido (Índice aparente), está entre 5 y 7 dB, dependiendo de la calidad y acabado del montaje. En el caso de puertas de camarotes, se han llegado a obtener hasta -10 dB de desviación.
3. Obedeciendo al "segundo principio", ya mencionado ("Nadie hace nada si no se le obliga a ello"), ¿por qué un astillero o montador de acomodación van a incrementar su correspondiente oferta instalando materiales con un Rw de 38 dB, si dispone de materiales "certificados por laboratorio" de 30 dB, de acuerdo con lo que requiere IMO?. Y más, sabiendo que no "se requieren pruebas" de verificación experimental de este indicador.
4. Como resultado de "tal ambigüedad", es bastante presumible que para la gran mayoría de buques que se dice cumplen IMO A. 468 (XII), los Índices Ponderados Aparentes de Reducción Acústica estarán "por debajo" de los valores requeridos. Así lo han revelado las actuaciones puntuales dirigidas a resolver problemas de esta índole por reclamaciones de las tripulaciones.
5. Y este escenario de potenciales incumplimientos persistirá, de mantenerse la "ambigüedad" en la nueva Resolución MSC. 337(91), para los nuevos buques a partir de Julio de 2014. En efecto, y aquí se podrían "haber importado" las experiencias de las Sociedades de Clasificación, algunas de las cuales como el Bureau Veritas (BV), para la emisión de sus correspondientes Notaciones de Clase de Confort, exigen la "verificación experimental", ejecutada por ellas mismas, de los Índices Ponderados Aparentes de Aislamiento Acústico -R´w-.

6. En consecuencia, y en base a estas nuevas y sofisticadas ambigüedades tales como: “sí existen “dudas” sobre el montaje de los materiales, se “deberían” realizar medidas experimentales……”, “a satisfacción de la Administración”; es evidente que para las nuevas construcciones a las que aplique la nueva Resolución MSC. 337(91), no son esperables grandes cambios en lo referente al aspecto tratado. En efecto, ¿Quién será quien ponga en duda la calidad de los materiales y su montaje?, ¿Bajo qué criterios, si no dispone de ensayos experimentales para su valoración? ¿Acaso alguien conoce alguna Administración que haya intervenido en los aspectos de ruido en los buques durante los 31 años de vigencia de la antigua resolución? El autor, en sus 37 años de experiencia, y para la correspondiente a su país, no lo ha observado nunca. Sus cometidos principales escapan del ámbito del ruido.
7. En conclusión, el nuevo escenario práctico que se prevé será como sigue: Por una parte nos encontraremos con aquellos Armadores, “sensibles con la protección acústica de sus marineros”, e incluso, en previsión de evitar los “altos costes” que supondría el tener que remover y sustituir toda la acomodación, procederán a exigir contractualmente la realización de ensayos experimentales que certifiquen, tanto la calidad de los materiales empleados, como la calidad y buen acabado del montaje de los mismos en los espacios de acomodación.

   En el otro extremo se situarán los armadores que, quizá por desconocimiento, o por equivocadas consideraciones de ahorro, se limitaran a exigir el cumplimiento con la “nueva” resolución MSC. 337(91). Por las razones prácticas apuntadas en el anterior punto 3, y obedeciendo al “mencionado segundo principio”, el astillero no hará más de lo que se le pida. La polémica generada por la “ambigüedad” esta garantizada, como ocurrió en la década de los 70 antes de objetivarse los límites de vibraciones y de ruido. Ante la posible y esperada pasividad de la Administración, sí es el armador el que “pone en duda” la calidad de los materiales y sus montajes, deberá dotarse de “datos o pruebas experimentales” que soporten esa duda. Es muy probable, que este tipo de conflicto se resuelva mediante la

correspondiente penalización o negociación económica sobre el precio final del buque.

8. Tanto unos: Armadores del segundo tipo, como otros: Astilleros que consideren que de esta forma ahorran costes, deben conocer qué, por experiencias documentadas, los ahorros esperados por proceder de esta forma "ambigua" pueden traducirse en pérdidas del orden de 100 a 1.000 veces esos "ahorros esperados". En efecto, un cambio en los materiales ya instalados así como en la ardua tarea que supone el tener que remover toda la acomodación, supone, en algunos casos, penalizaciones por retraso de más de dos (2) meses, y en otros casos, es técnicamente inviable. Así, se podrían mencionar casos donde, por un error de este tipo, la Notación de Clase Confort 2, hubo de rebajarse a un Confort 3, con la consiguiente penalización, tanto para el Astillero como para el Suministrador de la acomodación, e incluso para el Armador que se vio en la necesidad de aceptar un buque con un grado de confort por debajo del que pretendía adquirir. Es decir, todos perdieron.

3.4. Comparativa de Niveles de Exposición al Ruido.

El ruido, como se ha indicado anteriormente, es un agente nocivo para la salud de las personas. El nivel o grado de afectación y su progresión en el tiempo depende de los dos siguientes factores: Nivel de ruido al que está sometido el individuo y "tiempo de exposición" al mismo.

Así, y según se recoge en los Capítulos 5 de ambas Resoluciones, antigua y nueva, si se cumple con los Límites de Niveles de Ruido en los diferentes espacios del buque especificados en los correspondientes Capítulos 4, y que se han resumido en la tabla de la Figura 3, el "nivel de exposición a un ruido equivalente durante 24 horas", no deberá superar los 80 dB(A). Este indicador se indica como Leq (24) < 80 dB(A).

A diferencia de la resolución “antigua”, la nueva resolución MSC. 337(91), recomienda (should be) no exige (shall be), la verificación experimental de que este Criterio de exposición se cumple para todo el personal de la tripulación, durante la medida de niveles de ruido en pruebas oficiales, y siguiendo el método descrito en su Sección 3.7.

En ambas regulaciones se mantiene el requerimiento de que para aquellos espacios en los que los niveles de ruido excedan de los 85 dB(A), se deberá exigir la utilización de protectores auditivos adecuados (en la nueva regulación se concreta que la atenuación de estos protectores deberá ser como mínimo de 25 dB(A), en tanto que en la antigua no se especificaba ningún requerimiento específico para estos dispositivos), o reducir el tiempo de exposición para garantizar el cumplimiento del “nivel de exposición equivalente”: 80 dB(A) en 24 horas.

Asimismo, las dos resoluciones mantienen idénticos criterios en lo referente a los Límites de Exposición de los hombres de la mar a los altos niveles de ruido (sección 5.3). Así se establece que la gente de la mar no deberá quedar expuesta a ruidos que excedan, por lo que hace (es decir su ocupación en las áreas de trabajo del buque), por el nivel de ruido y duración, a lo que se especifica en las diferentes áreas de la gráfica de la Figura 5.

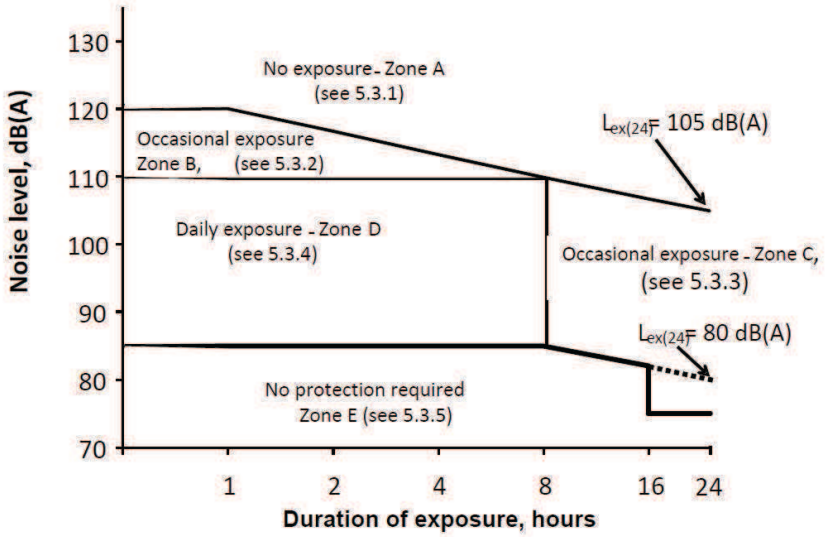


Figura 5.- Zonas de exposición diaria y ocasional al ruido a un nivel admisible.-

De acuerdo con ello se establecen las siguientes zonas o áreas:

Zona E. Máxima exposición sin protección: En periodos inferiores a las ocho (8) horas, la gente de la mar que no lleve protectores de oídos no quedará expuesta a niveles de ruido que excedan de los 85 dB(A). Cuando permanezca más de 8 horas en espacios en los que haya un nivel de ruido elevado, este no excederá del expresado por la formula Leq(24) de 80 dB(A). Por consiguiente, durante al menos un tercio del periodo de 24 horas, todo hombre de la mar deberá encontrarse en un medioambiente cuyo nivel de ruido no exceda de 75 dB(A).

Zona A. Máxima exposición con protección: Ningún hombre de la mar, aún cuando lleve protección de oídos, quedara expuesto a niveles que excedan de 120 dB(A) ni a un nivel Leq(24) que exceda de 115 dB(A).

Zona D. Exposición Diaria: Si la gente de la mar realiza trabajos corrientes (exposición diaria) en espacios cuyos niveles de ruido sean los propios de la zona D, llevará protectores de oídos y cabrá hacer uso de un programa para la conservación de la capacidad auditiva. La única diferencia introducida por la nueva regulación MSC. 337(91) con respecto a la antigua (A. 468(XII)), es la concreción en las características de atenuación del protector de oídos que deberá ser como mínimo de 25 dB(A), así como el establecimiento de un programa adicional de “Análisis de Riesgos”, al ya mencionado de Protección.

Zona B. Exposición ocasional: Para esta zona, tanto la “antigua” como la “nueva regulación” establecen que sólo se permitirá exposición ocasional. Si bien en la antigua se recomendaba disponer tanto de cascos protectores como de tapones de oído, a menos que la exposición se limitase a menos de 10 minutos, en la nueva regulación se especifica que deberá emplearse protectores de oídos con una atenuación de entre 25 a 35 dB(A).

Zona C. Exposición ocasional: En la zona C sólo se deberían permitir exposiciones ocasionales y deberían emplearse protecciones de oídos. La “nueva

regulación" concreta un poco más que la antigua, exigiendo que esta protección acústica disponga de una atenuación por encima de 25 dB(A).

Por último, y con relación a este aspecto del Nivel de Exposición de los trabajadores de la mar, ambas regulaciones establecen la conveniencia de un Programa de Evaluación de Riesgos (la nueva) y un Programa de Conservación de la Capacidad Auditiva (la vieja). Ambas resoluciones establecen como elementos esenciales de estos programas de conservación los siguientes puntos:

1. Tests audiométricos iniciales y periódicos a cargo de personal capacitado y competente, "que sean satisfactorios a juicio de la Administración". Por parte del autor se ha entrecomillado esta expresión para, posteriormente, evaluar su consistencia.
2. Capacitación de las personas expuestas, acerca de los peligros de la exposición prolongada a altos niveles de ruido y acerca del empleo adecuado de las protecciones de oídos.
3. Consignación de los test audiométricos en registros.
4. Análisis periódico de los registros y de la agudeza auditiva de las personas que hayan sufrido una disminución importante de la capacidad auditiva.

Como resumen del examen comparativo del aspecto relativo a "Niveles de Exposición" de ambas Resoluciones: A.468 (XII) y la de próxima entrada en vigor, MSC. 337(91), se destacan las siguientes observaciones:

A. Ambas resoluciones mantienen el mismo requerimiento en lo referente al "nivel de exposición a un ruido equivalente durante 24 horas", en un valor que no deberá superar los 80 dB(A).
B. La nueva resolución: MSC. 337(91), a diferencia de la antigua: A. 468(XII), especifica la atenuación mínima exigible a los protectores de oídos, estableciéndose en 25 dB(A), como mínimo para la "Zona A. Exposición diaria", y entre 25 a 35 dB(A), para la "Zona B de exposición ocasional".

En resumen, y salvo estas últimas precisiones, se constata, sorprendentemente, que no ha habido cambios significativos en lo que al aspecto técnico de “niveles de exposición” se refiere, entre la Resolución A. 468 (XII), promulgada hace 31 años, y la nueva MS. 337(91) cuya entrada en vigor será en 2014.

Tras la lectura detallada de ambos documentos, un primer examen permite puntualizar las siguientes observaciones:

- Es evidente que el examen de las Bases de Datos correspondientes a los registros de los tests audiométricos, iniciales y periódicos, que se establecieron por la Resolución A. 468(XII) hace treinta y un años, y a ejecutar por “personal capacitado y competente y su valoración por la Administración”, a quien se le otorga la “satisfacción” o no de los mismos, deberían haber sido el documento científico e irrefutable en el que se sustentase o soportase técnicamente el criterio de mantener el mismo “nivel de exposición” de 80 dB(A) durante 24 horas, en la nueva Resolución MSC. 337(91). Un análisis estadístico en este sentido, y con los correspondientes datos de las diferentes “Administraciones”, podrían haber sido el documento o base para garantizar, fidedignamente, que con este nivel de 80 dB(A) durante 24 horas no hay alteración de la capacidad auditiva de los hombres de la mar, debido a su actividad laboral en los diferentes buques. Lamentablemente nada de esto ha podido ser encontrado por el autor, tras una tediosa y dilatada búsqueda.

- Independientemente de esta ausencia, si este criterio, establecido hace 31 años, acerca del “nivel de exposición de 80 dB(A) en 24 horas es “consistente”, como lo prueba el hecho de que la nueva resolución MSC. 337(91) lo mantiene inalterable, cabe preguntarse ¿por qué se reducen 5 dB(A), en la nueva resolución, los niveles de ruido en diferentes localizaciones de acomodación de los buques de más o igual a 10.000 GT´s?. Resulta, cuanto menos, contradictorio teniendo en cuenta qué, como se recoge en ambas resoluciones, “los Límites de Ruido en los diferentes

locales se han fijado para garantizar que, sí se cumplen, el “nivel de exposición” no superará los 80 dB(A) en 24 horas”.

- Teniendo en cuenta que los hombres de la mar viven y trabajan, durante 24 horas, a bordo de los buques, es evidente que el “nivel de exposición” se fije o establezca para esas 24 horas. Ahora bien y a efectos de poder comparar u homologar este nivel de exposición, para los hombres de la mar, con el correspondiente a otros trabajadores de tierra, con jornada laboral de ocho (8) horas, se ha adaptado el nivel de exposición de 80 dB(A) durante 24 horas, al nivel correspondiente a ocho (8) horas, como establecen las diferentes regulaciones. Mediante la ley de energía equivalente, un nivel de exposición de 80 dB(A) durante 24 horas, equivale a un nivel de exposición de, aproximadamente, 85 dB(A) durante 8 horas. Idéntico al recogido en el gráfico de la Figura 5.

- En primer lugar este nivel de exposición de 85 dB(A), para una jornada de ocho (8) horas, se sitúa muy por encima de la media correspondiente a la mayoría de los trabajos en tierra. En segundo lugar, obedeciendo a las recomendaciones de la Directiva 2003/10/EC, para niveles de exposición comprendidos entre 80 y 85 dB(A), se requiere formación de los trabajadores, dotarlos de medios de protección (acústica) y vigilancia de la salud mediante controles periódicos de capacidad auditiva, así como de la posible revisión o re-evaluación de los diferentes puestos de trabajo.

  Por último, basándose en datos disponibles, el NIOSH (National Intitute for Occupational Safety and Health) (1996), se ha calculado que el 15% de los trabajadores sometidos a niveles de exposición de 85 dB(A) durante ocho horas, desarrollarán “pérdidas auditivas” a lo largo de su vida. De acuerdo con este organismo se define como “pérdida auditiva” el tono-puro promedio en cada oído para las frecuencias del test de audiometría de 1.000, 2.000, 3.000 y 4.000 Hz, que excede de 25 dB(A). En los Estados Unidos de América, la OSHA (Occupational Safety and Health Administration) (1993), a través de la “Hearing Conservation Amendment of the Noise Standard”,

requiere a todos los empresarios el obtener el “audiograma de referencia” (baseline audiogram) de todos los trabajadores expuestos a niveles de ruido por encima de 85 dB(A) para un tiempo de exposición de ocho horas. OSHA, asimismo requiere que todos los trabajadores expuestos durante su vida laboral a un ambiente de 85 dB(A) durante 8 horas diarias, sean sometidos a un tests audio métrico anual. El audiograma anual de cada trabajador se comparará con el correspondiente “audiograma de referencia”, para identificar o chequear los cambios en la audición que puedan estar relacionados con la exposición a este nivel de ruido.

- En base a este “estado del conocimiento”, se entenderá la preocupación del autor por la ausencia de estadísticas o datos técnicos solventes de este tipo que permitan sustentar el mantenimiento de un “nivel de exposición de 80 dB(A), durante 24 horas”, equivalente a 85 dB(A), para ocho horas, establecido hace 31 años por la Resolución A. 468(XII) y que se mantendrá vigente, sin ningún cuestionamiento y por consiguiente, revisión a la baja, en la nueva resolución MSC. 337(91). Y esta ausencia es aún más llamativa teniendo en cuenta que ya en su día se definieron Programas de Conservación de la facultad auditiva mediante la realización de tests audiométricos iniciales (referencia) y periódicos, eso sí, a criterio y/o satisfacción de la “Administración”. Quizás, deberían ser estas “Administraciones” quienes puedan responder a estas ausencias.

- En este contexto del Sector Marítimo no es descartable que, en base a los niveles de información que se están proporcionando y se deberán proporcionar a los trabajadores de la mar en virtud de las exigencias de las Directivas y Regulaciones Locales, sea este colectivo el que, en defensa de su salud, se encargue de “forzar” a cambios regulatorios en lo referente al “nivel de exposición durante las 24 horas” a bordo de los buques. No es de extrañar, por consiguiente, y como un primer “aviso a navegantes” debería considerarse el incremento en el número de demandas con reclamación de

cantidad, por perdidas auditivas", al que hace referencia y recoge la Association of British Insures [12].

3.5. Condiciones de Operación durante las Medidas de Niveles de Ruido.

Por último y desde el punto de vista técnico, en lo referente al aspecto de las Condiciones Operacionales del buque durante el desarrollo de las mediciones de niveles de ruido, los cambios entre una resolución y otra se concretan en que la nueva Resolución MSC. 337(91) ha resuelto las "ambigüedades" que existían, al respecto, en la Resolución A. 468(XII).

Así, y mientras la "vieja resolución" establecida que durante las medidas en condiciones de navegación la maquinaria principal del buque debería encontrarse operando en las condiciones normales de diseño de la velocidad del eje de cola; en la nueva se establece que la medida de niveles de ruido, en esta condición de navegación, deberá realizarse en las condiciones normales de velocidad de servicio, y a no ser que exista otra disposición, a no menos del 80% del MCR- Maximum Continuous Rating- de la propulsión principal del buque.

Asimismo, y para la condición de Posicionamiento Dinámico (DP), en la Resolución A. 468(XII), asumiéndose que los niveles de ruido esperados serían altos, se recomendaba realizar medidas en los espacios de los trusthers así como en los espacios de acomodación y estaciones de servicio adyacentes. No se reflejaba, en ningún caso, si estos niveles deberían ser comparados con los Límites de Ruido establecidos, así como tampoco las condiciones de carga de los thrusters o hélices transversales durante las mediciones. En la "nueva resolución", en el caso en que este sistema de Posicionamiento Dinámico (DP) esté destinado para condiciones normales de trabajo del buque, las medidas de ruidos en los diferentes espacios de la maquinaria, acomodación y estaciones de servicio, adyacentes, deberán realizarse para asegurar que "no se superan los límites fijados".

Por último, y para aquellos casos en los que estos sistemas se empleen de forma discontinua y en periodos cortos, por ejemplo para maniobras de entrada y salida de puerto, las medidas de niveles de ruido solamente serán relevantes desde el punto de vista de cumplimiento con los "niveles de exposición".

Para la condición de medidas de niveles de ruido en puerto con el buque atracado, no se han identificado cambios significativos entre una u otra resolución.

En los apartados de "Medidas" de ambas resoluciones, Capítulo 2 para la Resolución A. 468 (XII) y 3, para la MSC. 337(91), se han identificado ciertos cambios, de la primera a la segunda resolución, que se concretan en los siguientes puntos: 1) Medida del nivel de ruido continuo equivalente con ponderación C – Lceq (T), así como nivel de pico con ponderación C, LCpeak deberán llevarse a cabo en espacios donde el valor de LAeq(T) exceda de 85 dB(A), con el objetivo de determinar la adecuada protección acústica de acuerdo con el método HML descrito en el Apartado 4 del Apéndice 2.

Finalmente, en el Apéndice 3. "Métodos sugeridos para la atenuación del ruido", la "nueva resolución" MSC. 337(91), recomienda que el diseñador o el astillero realicen cálculos de predicción de ruidos, en la fase de proyecto, que permitan identificar las zonas conflictivas desde el punto de vista de cumplimiento con los límites establecidos. Se identifica, por tanto, una gran "tibieza" en lo referente a la aplicación de técnicas de Control de Ruidos en buques que han demostrado su eficacia y solvencia durante estos treinta y un últimos años.

4 EL "NUEVO" Y EL "VIEJO" CÓDIGO DE NIVELES DE RUIDO EN LOS BUQUES. ASPECTOS FORMALES Y EXENCIONES.

4.1. Introducción.

Una vez completado el análisis de los aspectos técnicos más significativos de ambas Resoluciones: A. 468(XII) y la de inminente aparición, MSC. 337(91), en el presente

apartado nos centraremos en lo que hemos dado en llamar “aspectos formales y exenciones”.

Ambos son, a juicio del autor y por las razones, referencias documentadas y experiencias que se exponen, los más confusos, ambiguos y contradictorios que se podrían esperar de cualquier normativa, directiva o resolución, dirigida a cumplir con el objetivo básico de “protección real” de los trabajadores de la mar frente a un agente tan contaminante, de efectos retardados en el tiempo y, en algunos casos, de irreversibles consecuencias para la salud de los trabajadores expuestos, según lo han reconocido innumerables Organismos Internacionales especializados, como es el ruido a bordo de “todo tipo de buque”.

Dado que en lo referente a ambos conceptos: “aspectos formales y exenciones”, la nueva Resolución MSC. 337(91) podría considerarse una envolvente de la antigua Resolución A. 468(XII), el siguiente análisis se centrará, única y exclusivamente, en el examen de los aspectos mencionados correspondientes a la Resolución MSC de inmediata aparición. Se procede a una descripción de estos aspectos formales y exenciones, seguida de su correspondiente evaluación.

4.2. Aspectos Formales.

En la primera página de la Nueva Resolución, y como justificación de la promulgación del Código de Niveles de Ruido en los Buques se destacan, entre otros los siguientes párrafos (recogidos en inglés y español, para evitar errores de interpretación):

- RECONOCIENDO la necesidad de establecer límites de niveles de ruido obligatorios en espacios de maquinaria, salas de control, talleres, espacios de acomodación y otros espacios del buque, teniendo en cuenta la experiencia adquirida con respecto al control de ruidos y niveles permisibles de exposición desde la adopción de la Resolución A. 468(XII), (RECOGNIZING the need to establish mandatory noise level limits for

machinery spaces, control rooms, workshops, accommodation and other spaces on board ships, taking into account experience gained with regard to noise control and allowable exposure levels since the adoption of resolution A. 468(XII),

- TOMANDO NOTA de regulación II-1/3-12 de la Convención Internacional para la Seguridad de la Vida Humana en el Mar (SOLAS), 1974, enmendado (en adelante "la Convención"), aprobada por Resolución MSC.338 (91), relativa a la protección contra el ruido, (NOTING regulation II-1/3-12 of the International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS), 1974, as amended (hereinafter referred to as "the Convention"), adopted by resolution MSC.338(91), concerning protection against noise,

- TOMANDO NOTA TAMBIÉN de que el citado Reglamento II-1/3-12 establece que los buques deberán ser construidos para reducir el ruido a bordo y para proteger al personal del ruido de acuerdo con el Código sobre niveles de ruido a bordo de los buques (denominado en lo sucesivo "el Código".(NOTING ALSO that the aforementioned regulation II-1/3-12 provides that ships shall be constructed to reduce onboard noise and to protect personnel from noise in accordance with the Code on noise levels on board ships (hereinafter referred to as "the Code"),

La primera lectura de estos puntos justificativos de la adopción del nuevo Código de Ruidos, deja al lector esperanzado sobre el carácter de “firmeza y convicción” sobre los siguientes aspectos:

- Necesidad de establecer como “obligatorios” el cumplimiento de unos Límites de Niveles de ruido en los diferentes espacios del buque, así como, de unos límites de exposición que, permitiendo cumplir con la resolución II-1/3-12 del SOLAS, garantice la protección contra el ruido de todo el personal embarcado.

- Dicho convencimiento aparece reforzado cuando, haciendo referencia al Reglamento II-1/3-12, se pronuncia contundentemente sobre que los buques deberán ser, y no deja lugar a dudas (shall be), construidos para reducir los niveles de ruido a bordo de los mismos.

Toda esta esperanza acerca de la "firmeza regulatoria" de la Nueva Resolución, esencial en la lucha y reducción del ruido en los buques, se ve frustrada cuando en la página siguiente, Capítulo 1, apartado 1.1.3, dentro del apartado General, se puede leer lo siguiente:

"A pesar de que este Código está legalmente tratado como un instrumento obligatorio en virtud del Convenio SOLAS, las siguientes disposiciones de este Código permanecen recomendatorias, opciones para cumplimiento, o de carácter informativo (Although this Code is legally treated as a mandatory instrument under the SOLAS Convention, the following provisions of this Code remain recommendatory, options for compliance, or informative in nature).

Y la "confusión" o desconcierto es absoluta cuando se revisan las disposiciones a las que la nueva regulación MSC. 337(91) aplica los tratamientos de "recomendatorio", "opcional" desde el punto de vista de cumplimiento, y "de carácter o naturaleza informativa". Estas disposiciones son las siguientes:

- Los párrafos 1.3.2 y 1.3.3, relativos al tamaño de los buques a los que se aplica el nuevo Código de Ruidos. Párrafos que analizaremos a continuación.
- Los párrafos 3.4.2 y 3.4.3, relativos a las medidas de niveles de ruido en la Condición de Puerto, cuando se espera que tanto la maquinaria, como el ruido inducido por los vehículos, para los buques de este tipo, puedan inducir altos niveles de ruido en los espacios de acomodación y otros adyacentes.
- El Capítulo 5: "Límites de Exposición al Ruido", referido a los "límites fijados" de "niveles de exposición" para minimizar los riegos para la salud de los

trabajadores de la mar, en particular la pérdida de capacidad auditiva a lo largo del tiempo como consecuencia de los altos niveles de exposición.

- La Sección 6.3, relativa al aspecto del aislamiento acústico a ruido aéreo de los materiales empleados, así como del correspondiente montaje de los espacios de acomodación.
- Por último, los Anexos 2, 3 y 4, que se refieren, respectivamente, a: “Guía para la inclusión de los aspectos de ruidos en el Sistema de Gestión para la Seguridad”, “Métodos sugeridos para atenuar el ruido” y “Procedimiento simplificado para la determinación de los “niveles de exposición””.

De todas estas disposiciones, en particular la referida al Anexo 2, ”Métodos sugeridos para atenuar el ruido”, se puede entender que la nueva regulación establezca su carácter de “recomendación” o “informativo”, como guía general con este propósito. Ahora bien, donde se identifica la gran “inconsistencia”, “incoherencia con los objetivos que dice perseguir”, y falta de “firmeza regulatoria”, es en el hecho de aplicar un carácter de “recomendatorio”, “cumplimiento opcional” y “de naturaleza informativa”, al Capítulo 5 de la nueva Regulación MSC. 337(91) en el que se fijan los límites de “niveles de exposición” para las diferentes categorías profesionales del buque: Oficiales de Puente, Máquinas, y marineros, en función de los niveles de presión sonora en los diferentes espacios de trabajo y de descanso de dicho personal y el tiempo de permanencia en los mismos.

Y este tratamiento de “**recomendatorio”** resulta más llamativo cuando, como ha sido demostrado por diferentes Organismos y Agencias Internacionales, es este indicador: “nivel de exposición” al ruido el que condiciona el mayor o menor riesgo a las pérdidas de la capacidad auditiva del personal expuesto que puedan derivarse de los límites que se fijen, de forma obligatoria, para el mismo.

No se entiende asimismo, este tratamiento de “simple recomendación” para los “niveles de exposición”, cuando en el apartado 1.2. ”Propósito”, se dice que “el propósito del Código es limitar los “niveles de ruido” y reducir la “exposición” de los hombres de la mar al ruido para lograr, entre otros aspectos, los siguientes:

- **Proteger** a los hombres de la mar de los elevados niveles de ruido que pueden provocar pérdidas de su capacidad auditiva y,
- **Proporciona**r a los hombres de la mar un aceptable nivel de confort en los espacios de recreo, descanso y otros, que les permitan recuperase de los efectos de la "exposición" a altos niveles de ruidos.

Y la confusión, por no citar al desconcierto llega al máximo cuando, teniendo presente la importancia, como lo reconoce el propio Código, de los "límites de niveles de ruido" en los diferentes espacios del buque, de trabajo y descanso, para poder asegurar que se cumple con el "nivel de exposición fijado de 80 dB(A) durante 24 horas que garantiza la protección de la salud de los hombres de la mar, en el apartado 4.1, sobre la definición de los límites de ruido puede leerse lo siguiente:
"Los límites establecidos en este apartado se considerarán como niveles máximos y no como niveles deseables. Siempre que sea posible, es deseable que el nivel de ruido sea inferior que los niveles máximos especificados".

4.3. Exenciones.

En lo referente a las "Exenciones", la nueva Resolución MSC. 337(91), al igual que la antigua, A. 468(XII), repite las mismas exenciones con respecto a los dos siguientes aspectos:1) Tamaño de los buques a los que aplica el Código y 2) Tipos de buques.

4.3.1. Tamaño de los buques.

Al igual que la antigua resolución la nueva establece las siguientes exenciones con respecto al tamaño de los buques:

1. *"El nuevo Código de Ruidos aplica a lo buques nuevos cuyo arqueo bruto sea igual o superior a las 1.600 GT´s".*
2. *. "Las disposiciones relativas a niveles de ruido potencialmente peligroso que figuran en el Código se aplicarán también a los "buques existentes" de*

arqueo bruto igual o superiores a las 1.600 GT´s, en la medida que esto sea razonable y posible a juicio de la Administración".

3. . *"El Código se aplicará a los buques nuevos de arqueo bruto inferior a 1.600 GT´s, en la medida en que, a juicio de la Administración, esto sea razonable y posible".*

4.3.2. Tipos de buques.

A la "muestra poblacional" genérica: "Hombres de la mar", a la que la que según los propósitos originales de ambas regulaciones iba dirigido el Código para garantizar la protección de su salud frente a los nocivos efectos del ruido, una vez reducida por la aplicación de la exención derivada del tamaño de los buques, hay que aplicarle una nueva reducción como consecuencia de la exención relativa al tipo de buque.

Así, ambas resoluciones dan por sentado que el Código, entendido como elemento o herramienta de protección de la salud de los trabajadores frente al ruido, **no se aplica** a los siguientes tipos de buques: 1) buques dinámicamente soportados, 2) buques de alta velocidad, 3) buques pesqueros, 4) barcazas para tendido de tuberías, 5) barcazas-buques grúa, 6) plataformas offshore móviles, 7) buques o yates de recreo no dedicados al comercio, 8) buques de guerra y transporte de tropas, 9) buques no propulsados por medios mecánicos, 10) buques de pilotaje y 11) dragas.

Todo quedaría más simplificado si ambas resoluciones, sin ambages de ningún tipo, se hubiesen limitado a decir que los Códigos de Ruido formulados por ellas y los instrumentos de protección que se derivan de su aplicación, se circunscriben única y exclusivamente a "buques mercantes" de arqueo bruto igual o superior a 1.600 GT´s y exclusivamente a los "hombres de la mar" que viven y trabajan en ellos.

5 COMETARIOS. ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LOS ASPECTOS FORMALES Y "EXENCIONES" DEL NUEVO CÓDIGO DE RUIDO A BORDO DE BUQUES.

Una vez presentados los referidos “aspectos formales” y “exenciones”, a los que hacia mención la antigua Resolución IMO A. 468 (XII), y que como se puede comprobar se trasmiten íntegros en la nueva Resolución MSC. 337(91), seguidamente se detallan los comentarios a los mismos que se agrupan en los siguientes apartados.

5.1. Obsolescencia temporal.

Son prácticamente treinta y un años (31) los que han transcurrido desde la publicación de la primera Resolución IMO A. 468(XII) “Código de Niveles de Ruido a bordo de los Buques”, de entrada en vigor el 19 de Noviembre de 1.981 y la aprobación de la Resolución MSC. 337(91) “Adopción del Código de Niveles de Ruido a bordo de los Buques”, adoptada por el Comité de Seguridad Marítima (MSC) el 30 de Noviembre de 2012.

Durante estos años, y como se evidencia tras consultar la literatura especializada, han sido muchos los avances técnicos y científicos en materia de riesgos derivados de la exposición al ruido, así como sobre las tecnologías aplicables para su control y mitigación. No se entiende, por tanto, que después de este largo tiempo y de los avances en este campo, se presente una nueva Resolución o Nuevo Código de Niveles de Ruido a bordo de los Buques, que por los “mínimos cambios introducidos” y la repetición de las mismas “exenciones y limitaciones” ya contenidas en la vieja Resolución A. 468(XII), la dejan desfasada y obsoleta, no sólo con respecto a las Directivas y Regulaciones actuales en la materia, sino incluso con respecto al estado de los conocimientos técnicos de la Construcción Naval para prevenir y controlar los niveles de ruido en todo tipo de buques.

Esta “tibieza” en su alcance, así como su desfase temporal, llaman, asimismo, la atención con respecto a la firmeza y rápida respuesta que se percibe en este organismo cuando se tiene que regular para evitar siniestros como los que se recogen en la Figura 6. A diferencia de las consecuencias de la exposición a altos

niveles de ruido, que como se ha visto se retrasan en el tiempo, las de estos siniestros tiene un efecto mediático inmediato.



Figura 6.- Siniestros de regulación inmediata.-

5.2. Comentarios a los Aspectos Formales. Obsolescencia Regulatoria.

La nueva Resolución MSC. 337(91) "Adopción del Código de Niveles de Ruido a bordo de los Buques" tiene prevista su entrada en vigor el próximo 1 de Julio de 2014, por consiguiente con un retraso significativo (11 años) con respecto a la entrada en vigor de la Directiva 2003/10/EC (en adelante Directiva 2003/10/EC), "Sobre las disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos (Ruido)", que tuvo lugar el 15 de Febrero de 2003 (día de su publicación en el Diario Oficial de la Unión Europea). En el Artículo 17 de la misma se recomienda a los diferentes Estados Miembros la adopción, antes del 15 de Febrero de 2006, de disposiciones legales reglamentarias y administrativas necesarias, para dar cumplimiento a lo dispuesto en la presente Directiva. Y por último, en este mismo Artículo 17 se delega en los Estados Miembros el poder disponer, cuando sea necesario, de un plazo adicional de cinco (5) años a partir de Febrero de 2006, es decir, de ocho (8) años en total (desde su publicación), para poner en aplicación las disposiciones del Artículo 7 (en el que se recogen los Límites Máximos de Exposición que **"no deberán"** superarse) en relación con el personal a bordo de buques de navegación marítima. **SIN RESTRICCIONES EN CUANTO A TAMAÑO Y TIPOS DE BUQUES.**

Como contraste y primera “contradicción regulatoria” con el Marco Actual en Europa (Directiva 2003/10/EC), no hace falta ser un experto en sintaxis legal, como la que se deduce de la lectura de ambas Resoluciones: la vieja y la nueva, para constatar que, con las exenciones relativas a “tamaño” y “tipos de buques” que ambas resoluciones incorporan, se están contradiciendo y limitando los Propósitos y Objetivos en lo que ambas resoluciones dicen inspirarse. En efecto, la protección de “hombres de la mar” de los altos niveles de ruido y de su impacto en su salud, y que con carácter universal: Marineros (seafarers) se establecieron en sus definiciones, quedan reducidos o limitados, única y exclusivamente, a aquellos pocos “hombres de la mar” que tiene la fortuna de estar enrolados en uno de los buques nuevos a los que, por tamaño y edad, les aplica el nuevo Código.

En segundo término, la delegación en la “Administración”, y a su “criterio”, de la aplicación del Código de Niveles de Ruido a los “buques existentes”, que por tamaño estén dentro del campo de aplicación, y aquellos otros por debajo de las 1.600 GT´s, conducirá a la siguiente situación. En primer lugar están aquellas Administraciones de los Estados Miembros de la Unión Europea que al haber transpuesto a la Legislación Local la Directiva 2003/10/EC se verán obligadas a la rigurosa aplicación de las disposiciones de aquella sin distinción o discriminación en cuanto a tipo o tamaño de buques e incluso edad de los mismos. Situación muy difícil y complicada para estas Administraciones, pero que deberán ejecutarse.

De otra parte estarán las Administraciones de aquellos otros países que han ratificado la Resolución, pero que carecen de Legislaciones específicas adaptadas al sector marítimo. No son esperables, como se ha demostrado desde la promulgación de viejo Código, actuaciones al respecto.

No encontraremos así con que la protección de los trabajadores frente a la exposición al ruido en los buques no será la misma, ni por extensión ni por “firmeza regulatoria”, de un país a otro. De obligatoriedad de cumplimento con los límites de exposición para los países europeos, y para todo tipo y tamaño de buques, se

pasará al carácter “recomendatorio” que propone la nueva Resolución para el cumplimiento de los límites de exposición y limitado, única y exclusivamente, a los tamaños y tipos de buque a los que el nuevo Código aplica. Ello constituye, a juicio del autor, una clara y grave contradicción con las disposiciones de la ILO (International Labour Organization), relativas a la mejora de las condiciones de trabajo de todos los trabajadores, sin limitación y/o discriminación.

Por último y para que el lector pueda hacerse su propio juicio de valor, sobre lo que hemos dado en llamar “obsolescencia regulatoria”, de la nueva Resolución MSC. 337(91), le remitimos a la “Merchant Shipping and Fishing Vessel (Control of Noise at work) Regulation 2007 (SI 2007/3075)” de la MCA- Maritime Coatsguard Agency [12], como transposición o implementación de la Directiva 2003/10/EC “EC Phisical Agents (Noise)”. Por su interés, y como elemento de contraste con las resoluciones objeto de este trabajo, se detallan algunos de los aspectos más significativos de la misma, que a lo largo del texto referiremos como “Reglamento de Ruido-2007”.

- En primer lugar, y para evitar contradicciones regulatorias, el “Reglamento de Ruido-2007” tiene como finalidad extender las disposiciones de la Directiva 2003/10/EC a los trabajadores del sector marítimo, sin ninguna excepción y/o limitación.
- Reconociendo que hasta la fecha de su entrada en vigor (6 de Abril de 2011), y salvo la existencia de requisitos generales para proteger la salud y la seguridad, no existía ninguna legislación que permitiese proteger a los trabajadores de sector marítimo (sin excepciones) de los riesgos para su salud derivados de la exposición al ruido en el trabajo, el nuevo Reglamento de Ruido-2007, establece, entre otras, disposiciones para:
  - Acciones y valores límites de “niveles de exposición” diaria y semanal al ruido.
  - Evaluación de riesgos.
  - Cuando ello no sea razonable y factible, eliminación o reducción de la exposición al ruido,
  - Prohibición de exceder los valores límite.

- Y las disposiciones generales de: Provisión de protección auditiva individual, información, instrucción y formación de los trabajadores expuestos al ruido, vigilancia de la salud y consulta con los trabajadores.

Los afectados principalmente por el Reglamento de Ruido-2007 son operadores y gestores de buques, embarcaciones pesqueras y otras embarcaciones marinas, incluyendo yates, barcos de trabajo, etc; en la que se emplean los trabajadores y que están registrados en el Reino Unido.

Independientemente de la "limitación" que supone la aplicación de este Reglamento al ámbito geográfico del Reino Unido, como no podría ser de otra forma al tratarse de una transposición de una Directiva de la UE, el referido Reglamento constituye, a juicio del autor, y sin la menor duda un claro ejemplo a seguir de "firmeza" regulatoria" y de "tolerancia cero", con respecto a los nocivos efectos para la salud de los trabajadores de la mar derivados de altos niveles de exposición al ruido. Y por si estos aspectos de "firmeza" y tolerancia cero" no quedasen suficientemente claros, en otro apartado del mismo establece lo siguiente:

"Como las normas del Reglamento están destinadas a mejorar la salud y seguridad de los trabajadores a bordo de buques del Reino Unido y los buques pesqueros, "las normas contienen sanciones por incumplimiento"".

En perfecta coherencia con los principios de "universalidad" de la ILO (Internation Labour Organization) y consciente de que la aplicación de exenciones conduciría, irreversiblemente a una desprotección de los trabajadores frente a los efectos perniciosos del ruido, el Reglamento de Ruido 2007 aplica a todos los buques registrados en el Reino Unido, privados y de uso público, que empleen trabajadores, "independientemente" de su nacionalidad, y que se encuentren en el mar territorial, en aguas interiores o en cualquier lugar del mundo. Y finalmente, dentro de este esquema, para aquellos buques "no-registrados" en el Reino Unido, exige la aplicación del Reglamento cuando dichos buques toquen aguas jurisdiccionales británicas.

5.3. Comentarios a las Exenciones por Tamaño. Obsolescencia Técnica I.

Desde el punto de vista puramente técnico, y con relación a las “Exenciones” por tamaño de buques a los que se aplican tanto la “vieja” como la “nueva Resolución, es conveniente dejar constancia de los siguientes comentarios y aspectos:

- Ninguna de ambas resoluciones, ni la “vieja” ni la de próxima aparición, justifican técnicamente la limitación o exención en lo referente al “tamaño” de los buques. Tal ausencia de justificación técnica se podría entender hace 31 años, cuando los “conocimientos y soluciones” para combatir el ruido en los buques eran escasos o se encontraban en una etapa incipiente de desarrollo. Fue, precisamente, la Resolución A. 468(XII), con la “objetivación” de unos Límites de Ruido en los diferentes espacios del buque, la que forzó a mover a la Construcción Naval en la búsqueda de soluciones tecnológicas para satisfacer estos requerimientos.

- No se entiende, por el contrario, que la nueva resolución después de treinta y un (31) años y teniendo en cuenta los grandes avances tecnológicos en el campo del Control de Ruido en los buques, repita las mismas exenciones relativas al tamaño de los buques. O bien ha sido redactada por los mismos autores, o bien las “reservas” o “prejuicios técnicos, injustificados” como se detallará seguidamente, sobre el control de ruidos en los buques pequeños, por debajo de las 1.600 GT´s, siguen en la mente de los redactores de la nueva Resolución.

- De todos es conocido la existencia de buques de recreo, yates en particular, con un arqueo bruto muy por debajo de 1.600 GT´s, y para los cuales los niveles de ruido a bordo alcanzan la “excelencia”: muy por debajo, incluso, de los más estrictos Comfort Class de la Sociedades de Clasificación. Ello constituye la “prueba irrefutable” de que no existe limitación técnica que impida que, por tamaño del buque, los niveles de ruido en sus diferentes

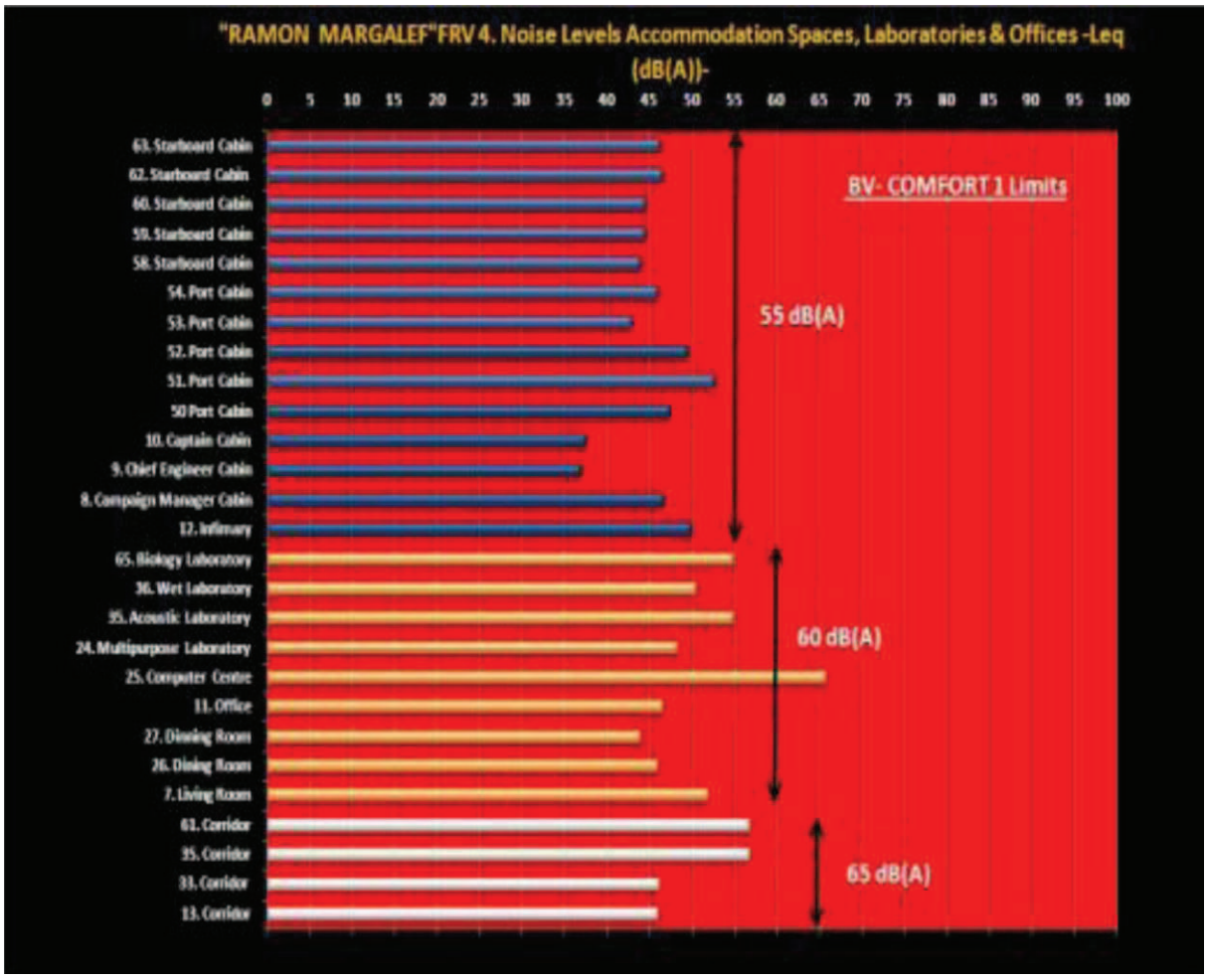
locales estén por debajo de los exigibles para garantizar la salud de los trabajadores y/o ocupantes de los mismos.

- Se suele asociar esta “ventaja acústica” como valor añadido de la fortuna de los armadores de este tipo de buques, y mediante una extraña y errónea extrapolación, se presupone que el lograr un “control de ruidos” en un buque pequeño lleva implícito un alto coste. Una vez desmontada la “inviabilidad” técnica”, con el ejemplo de los yates, es, posiblemente, este último tipo de argumento: “inviabilidad económica”, el único que permite sustentar las exenciones derivadas del tamaño de los buques. Situación difícil para aquellos reguladores que se ven en la encrucijada de tener que colocar, por un lado, la protección de la salud de los trabajadores de la mar mediante el control de los ruidos en los buques, y por el otro, los costes que, erróneamente, se presuponen para este tipo de soluciones.

- Para contribuir a romper definitivamente el tópico de que el control de ruidos en todo tipo de buque lleva implícito un incremento de los costes de las soluciones, lo que lo hacen ”inviable económicamente”, basta con referir al lector a las dos siguientes referencias documentadas [14, 15]. La primera se corresponde con un Buque de Investigación Pesquera y la segunda con un Buque de Investigación Oceanográfica, ambos recogidos en la Figura 7. Se trata, por tanto, de dos buques con esloras de 27 metros, para el primero y de 46,7 metros, para el segundo y de arqueos brutos muy por debajo de las 1.600 GT´s, limitativas. Los Niveles de Ruido obtenidos en los diferentes espacios de ambos buques cumplen satisfactoriamente con, los límites de la Resolución A. 468 (XII), para el primer caso y según se especificó contractualmente, y con la Notación COMF-NOISE- 1 del Bureau Veritas, para el segundo. Figura 8. En ambos casos, los costes para lograr estos objetivos no han superado, el 1%, para el primer caso y por debajo del 2%, en el segundo, del precio total del buque; incluyéndose en estos costes los correspondientes a los estudios de simulación y materiales de aislamiento.



Figura 7.- “Buques Silenciosos” de Arqueo Bruto inferior a 1.600 GT´s.-



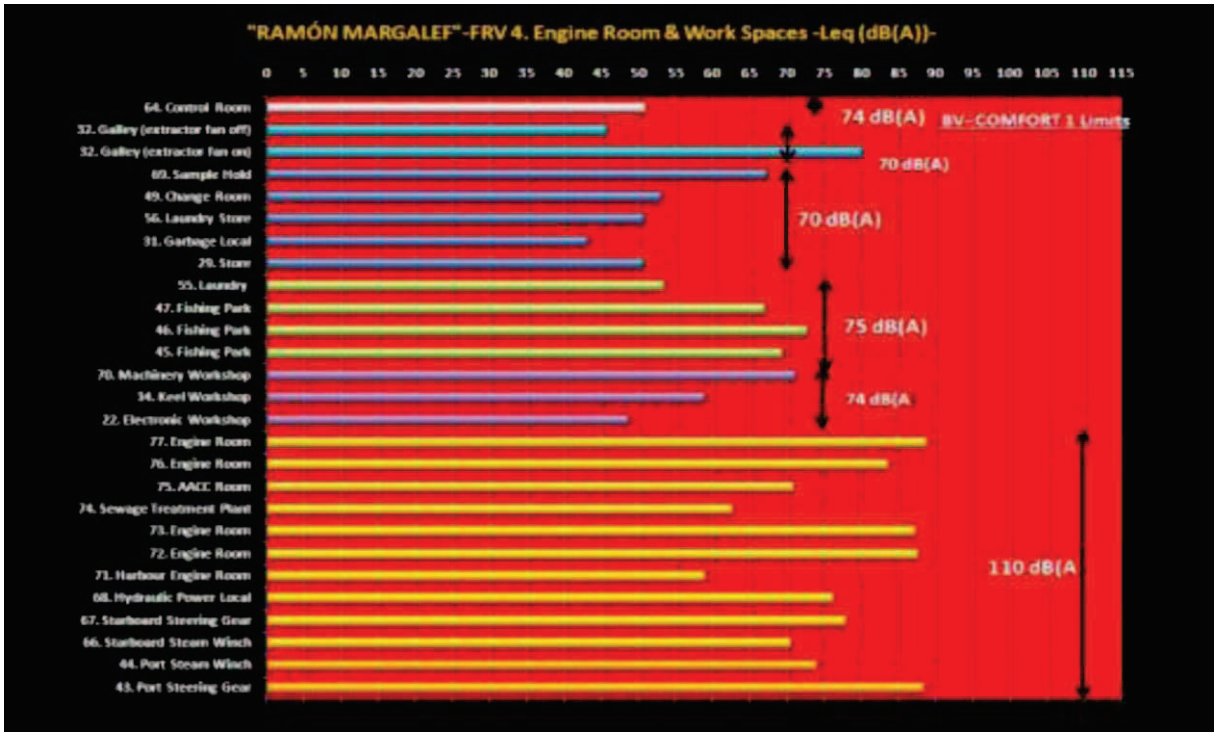


Figura 8.- Niveles de Ruido en los diferentes espacios de Acomodación y Maquinaria de un Buque de Investigación Oceanográfica.-

- Todos los “Actores”: Armadores, Astilleros, Administración, etc; debemos ser conscientes que estos “costes derivados” de la aplicación de las técnicas de Control de Ruido en todo tipo y tamaño de buques, son despreciables en comparación con los costes directos derivados de reclamaciones por cantidad, los costes sociales y de asistencia médica, para el personal que pueda verse afectado por altos niveles de ruido y, por consiguiente, por altos niveles de exposición que pudieran derivarse del incumplimiento. Debe tenerse muy en cuenta que los “ahorros” de hoy y para unos pocos, pueden convertirse en daños personales irreparables para muchos, y en unos costes sociales imprevisibles que deberemos pagar todos: ciudadanos y empresas.

Por todo lo expuesto, puede concluirse que ni por “inviabilidad técnica” ni por “inviabilidad económica”, existe razón alguna que justifique la aplicación de Exenciones por razones de tamaño de los buques, y que derivarían (como se demuestra seguidamente) en una “falta de protección” de los trabajadores de la mar

que trabajan en los mismos frente a los efectos nocivos e irreversibles del ruido en su salud y calidad de vida.

5.4. Comentarios a las Exenciones por Tipo de Buque. Obsolescencia Técnica II.

Llegados este punto y casi al final de su vida profesional, el autor confiesa su total incapacidad para entender por qué razón o justificación técnica alguna, las Resoluciones tanto la vieja A. 468(XII) como la nueva MSC. 337(91), ha eximido y sigue eximiendo de su aplicación a los tipos de buques que se recogen en los Capítulos 1.3 de ambas resoluciones. El razonamiento es muy simple: Si dicen que su Propósito y Objetivo es Proteger a los “Hombres de la mar” de los riesgos que suponen para su salud el estar sometidos a altos niveles de ruido que puedan dar lugar a una disminución de su capacidad auditiva, ¿Cómo es posible que los dos más importantes colectivos como son los Pescadores y los Marinos de Guerra, queden fuera de este ámbito de aplicación?. O bien no son “hombres de la mar”, lo que resultaría insultante, o bien no están sometidos a este riesgo, lo que resultaría negligente. Se dice que la mejor forma de eludir “un problema”, es no asumir que existe: Exenciones.

Veremos seguidamente algunas de las consecuencias derivadas de la aplicación de estas exenciones relativas al tipo de buques, desde la Resolución A. 468(XII), y la proyección de las mismas, de mantenerse estas exenciones, en la nueva Resolución MSC. 337 (91).

No se ha podido encontrar una estadística a nivel mundial que permita conocer la dimensión de la muestra poblacional sujeta a los riesgos derivados de la exposición al ruido en los buques. En definitiva se desconoce el número total de “hombres de la mar” que desarrollan su trabajo embarcados en todo tipo de buques, civiles y militares, en todo el mundo. No obstante se dispone de estadísticas solventes y de datos que son suficientes para cuestionar los efectos derivados de las exenciones relativas a tipos de buques que se vienen perpetuando desde 1981 y que se

pretenden extender en el tiempo con la entrada en vigor de la nueva Resolución MSC, 337(91).

Así según diferentes fuentes (BINCO/ISF), el número total de “hombres de la mar” embarcados en la flota mercante mundial, considerando buques mercantes por encima de las 2.000 GT´s, se estimaba en 2010 en 1.384.000, de los cuales 637.000 son oficiales y el resto marineros. De otra parte, y como segundo grupo importante, otras fuentes (FAO, ILO), estiman que la pesca constituye la fuente de ingresos y de alimentación, principalmente, en varios países en vías de desarrollo en Asia y África, para un total estimado de 28 millones de personas. Se recoge, asimismo, que la mayoría de estas persona trabajan en buques pesqueros de esloras inferiores a los 12 metros y con menos de 100 GT´s, de arqueo bruto. De hecho la mayoría de los buques pesqueros en los países desarrollados y en vías de desarrollo, están por debajo de los 12 metros de eslora. El número de buques pesqueros por encima de las 100 GT´s de arqueo o más de 24 metros de eslora se estiman en 24.000 buques de los cuales emplean a, aproximadamente, 200.000 personas.

Basándonos en este escenario estimado de “hombres de la mar” que desarrollan su actividad en diferentes tipos de buques, y considerando que el Propósito de ambas resoluciones, la “vieja” y la “nueva”, es, como establecen, “la Protección de los “hombres de la mar” contra niveles excesivos de ruido que puedan dar lugar a una disminución de su facultad auditiva”, la aplicación de la “Exención” que ambas resoluciones establecen conduce al siguiente escenario:

- De un total estimado de “hombres de la mar” por encima de 29 millones de personas, sin contar las dotaciones de todos los buques de guerra del mundo, la “protección” frente al ruido que ambas resoluciones dicen garantizar, queda limitada, por la exención aplicable, a solamente 1.384.000 personas. Es decir, por debajo del 5% de la población potencialmente afectada y sin contar las dotaciones de las Armadas.
- Desde 1981 con la Resolución A. 468(XII) esto ha sido así, y con la entrada en vigor de la nueva Resolución MSC. 337(91), seguirá manteniéndose inalterable.

- Si la aplicación de estas Resoluciones, con todas las reservas ya comentadas, tenían como Objetivo la “Protección” de los “hombres de las mar” enrolados en aquellos buques a los que ambas resoluciones aplican, es evidente que el resto de los “hombres de la mar” que desarrollan su actividad laboral en aquellos buques “eximidos” por ambas Resoluciones, han quedado “Desprotegidos” frente a los efectos de la exposición al ruido.
- Ello significa, lamentablemente, que todos los Pescadores, Dotaciones de buques de guerra, y oficiales y marineros de buques mercantes menores, han estado (vieja Resolución) y estarán (nueva Resolución) “Desprotegidos” frente a los efectos del ruido en los buques. Y esto, no sólo se ha producido en los países en vías de desarrollo, sino también en los países avanzados. Algunas de las consecuencias de esta “desprotección” se concretan en los siguientes párrafos.
- Concretamente en el marco de la Unión Europea (UE-27) en 2009, de un total de, aproximadamente, 99.598 buques que representan el 21,3% de las GT´s a nivel mundial y que emplean a, aproximadamente, 395.229 trabajadores distribuidos de la siguiente forma: 254.119 marineros en los 12.965 (13% de la flota) buques de carga y transporte de pasajeros, y 141.110 pescadores que desempeñan su actividad en los 86.587 buques pesqueros (87% de la flota), solamente se ha aplicado “protección” a los primeros habiendo quedando todos los pescadores fuera del alcance de la Resolución A. 468(XII), como consecuencia de las exenciones relativas los tipos de buques.
- Esta situación de desprotección motivada por “exenciones” injustificadas, por falta de “sensibilidad” de algunos Estados y Administraciones Marítimas, y porque no decirlo, de falta de formación de los trabajadores con respecto a los efectos de la exposición al ruido, puede derivar en situaciones como la recogida recientemente por el autor, Figura 9, en la visita a un buque fluvial. Sobran todo tipo de comentarios teniendo en cuenta que la foto está tomada en la Cámara de Máquinas del buque en cuestión y con los motores operando.



Figura 9.- Marinero “descansando” en C. Máquinas con motores operando.-

Todo lo expuesto previamente viene a confirmar que tanto la vieja como la nueva Resolución, como consecuencia de las “exenciones relativas al tipo de buques” que ambas proponen, limitan su campo de aplicación y sin justificación técnica ni económica alguna, única y exclusivamente, a una minoría de “hombres de la mar”, dejando sin protección frente a los niveles de exposión al ruido a todos los pescadores, todas las dotaciones de buques militares, y todas las tripulaciones de buques mercantes menores.

Esta “desprotección” frente al ruido qué, en el Marco de la Unión Europea queda soslayada por la aparición de la Directiva 2003/10/EC, que deja obsoletas a ambas Resoluciones, seguirá, sin embargo, vigente en todos aquellos países que carezcan de Regulaciones o Reglamentaciones Locales de Protección de la Salud de los Trabajadores frente al ruido. Este matiz, constituye, asimismo, una clara y flagrante contradicción con las directrices generales marcadas por la ILO, la FAO y en particular con los estándares mínimos marcados por la Work Fishing Convention 2005, y adoptados en la 96th Sesión de la Conferencia Internacional del Trabajo de 2007.

6 LAS CONSECUENCIAS PRÁCTICAS DE LAS EXENCIONES DE LOS REGLAMENTOS DE RUIDOS. EL CASO DE LOS BUQUES PESQUEROS. BALANCE Y "CAMBIO DE RUMBO".

6.1. Los Buques Pesqueros. Peculiaridades desde el punto de vista de Ruido a bordo de los mismos.

Es bien conocido que los Buques Pesqueros, debido a sus dimensiones, presentan peculiaridades que los hacen especialmente complicados desde el punto de vista de Control de Ruido a bordo de los mismos. Siempre se ha dicho que el buque pesquero es una "Caja de Ruido", Cámara de Máquinas sobre la que se han instalado camas y espacios para trabajar. Una simple vista de una disposición general de un buque de este tipo, incluso moderno, Figura 10, permite al lector juzgar esta valoración previa.

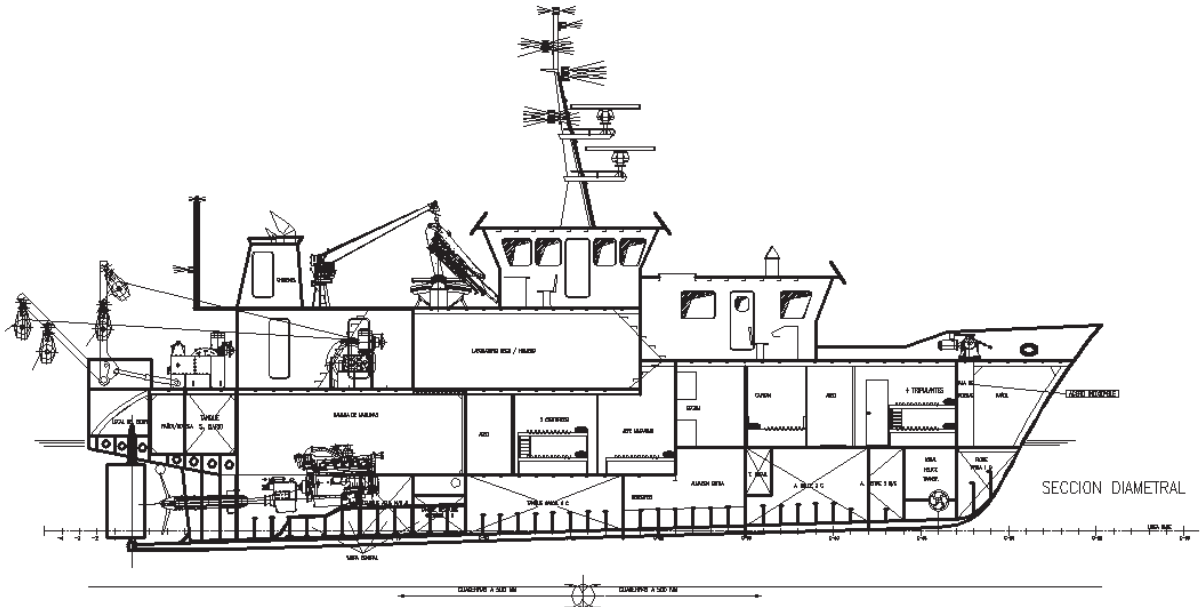


Figura 10.- Disposición General de Buque Pesquero.-

No se descarta que éstas, entre otras, fuesen las razones técnicas que llevaron a los redactores de la Resolución IMO A.468 (XII) de 1981 a tener que imponer las exenciones correspondientes a este tipo de buques y, por extensión, a los buques de reducido tamaño. El "estado del arte" en esa época se limitaba, en el campo de la construcción naval civil, a "guías" muy generales de algunas Sociedades de

Clasificación. No se disponía de herramientas de simulación que permitiesen estimar los niveles de ruido esperados en los diferentes espacios de los buques.

Respondiendo al Segundo Principio (después del de Arquímedes), ya mencionado: "Nadie hace nada si no se le obliga a ello", los resultados no se hicieron esperar. En la Figura 11 se recoge una muestra representativa de la distribución de niveles de ruido en los diferentes espacios de un pesquero de la época (1987).

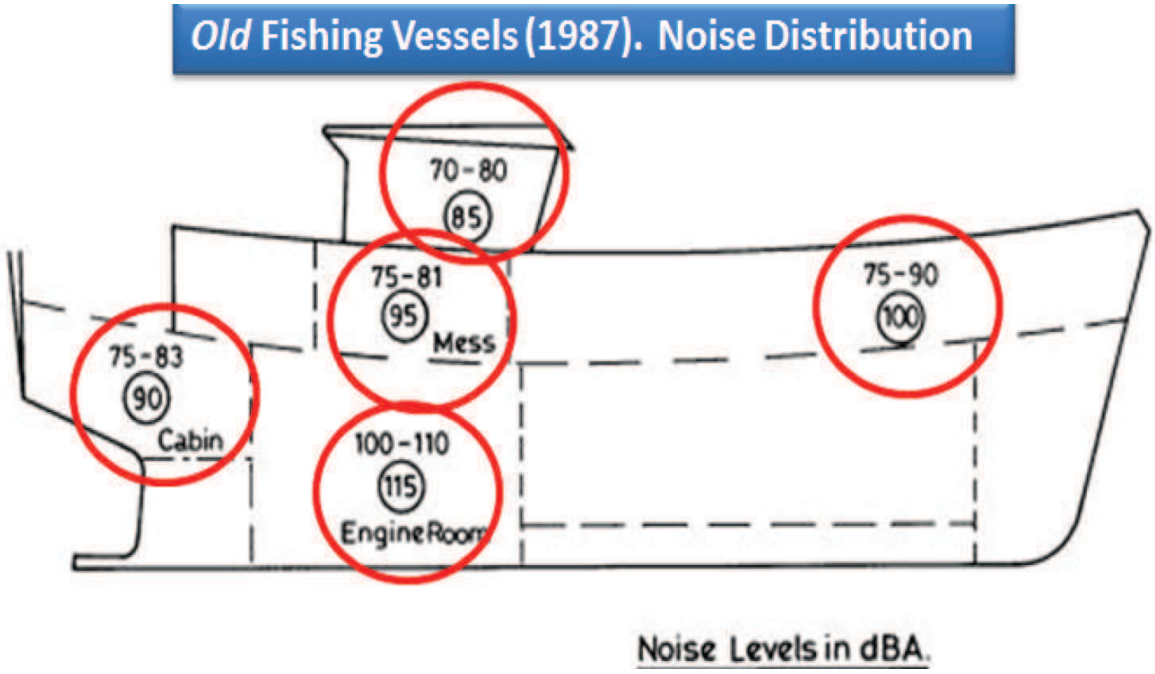


Figura 11.- Niveles de Ruido en buque pesquero de los años 80´s.-

Dado que todos estos buques quedaron exentos en la Resolución IMO A.468 (XII), y como ha quedado constatado en el proyecto SILENV [10], la recolección de datos experimentales de los mismos no ha sido tarea fácil. "Nadie media, si nadie le obligaba a ello". No obstante, a través de diferentes fuentes [17], se han podido, y para el propósito de este trabajo, obtener algunos datos de niveles de ruido en pesqueros, resumidos en la tabla de la Figura 12.

Fishing Vessel Type- Noise Levels dB(A).			
Space	Tuna Boat (55 m)	Trawler (55 m)	Trawler (24)
Gangway	*74*	*74*	*76*
Cabins	*68-70*	*76-85*	*80-85*
Galley	*76*	*78-81*	*81*
Engine Room	*109*	*110*	*106*
Fishing Deck	-	*81-95*	*86*

Figura 12.- Niveles de Ruido (dB(A)) en espacios de diferentes buques pesqueros.-

Como se puede apreciar, valores muy similares a los recogidos en la Figura 11. De forma general, y según las referidas fuentes, los valores medios de niveles de ruido para un pesquero tipo arrastrero de 24 metros de eslora eran como sigue: 76 dB(A) en pasarelas (gangway), 80 dB(A) en cuartos de estar (wardroom), 86 dB(A) en compartimento de entrepuente (steerage comparment), 84 dB(A) en cubierta de pesca (fishing deck), 82 dB(A) en cuartos o camarotes de tripulación (crew quarters) y 106 dB(A), en cámaras de máquinas.

Como se ha señalado a través de las diferente fuentes médicas y organismos dedicados a la investigación y vigilancia de la salud de los trabajadores, el mejor indicador de las audiometrías con relación a los riesgos para la audición es el nivel continuo equivalente (Leq) al que los miembros de la tripulación son sometidos durante un día y en un solo viaje. Según los datos aportados por estas fuentes [17], durante una campaña a bordo de arrastreros entre 55 a 60 metros de eslora, se han obtenido niveles de ruido equivalente de 85 dB(A) durante un viaje o campaña de 14 días.

Como se ha recogido en el apartado 2.2, el nivel de ruido equivalente Leq considera no sólo la intensidad del ruido, en términos de presión sonora, sino además el tiempo T ó de exposición al mismo, expresándose como Leq (T). Po lo general, en la industria y para países occidentales este indicador se refiere a las ocho (8) horas de jornada laboral, y se expresa como Leq (8). Según algunas fuentes e investigaciones, un valor de Leq (8) cuando excede de 80 dB(A), es considerado como un factor de riesgo para la audición. Y así ha sido considerado tanto en la Directiva 2003/10/EC [6], como en la transposición de la misma, en el caso de España, a través del Real Decreto 286/2006 [18], estableciéndose el valor de 80 dB(A) como el valor mínimo a partir del cual deberán emprenderse acciones correctoras.

Sin embargo, y teniendo en cuenta que en los buques los hombres de la mar están expuestos a ruido durante 24 horas (viven, descansan y trabajan en el mismo entorno), se hace conveniente estimar este nivel de ruido equivalente Leq durante un periodo de 24 horas, lo que permite una mejor idea y más precisa del nivel de exposición.

En consecuencia y dado que los pescadores se encuentren a bordo de este tipo de buques durante 24 horas al día durante varios días, los niveles de exposición que se consideran causantes de enfermedades en los trabajadores de tierra no son fácilmente extrapolables a los primeros. Adicionalmente, el nivel de exposición a bordo del buque varía sensiblemente de un marinero a otro, dependiendo de las labores que desempeña a bordo. Así, en la tabla de la Figura 13, se recogen los niveles de exposición a ruido de diferentes miembros de la tripulación de una serie de cuatro buques arrastreros semi-industriales de 34 metros de eslora y durante un viaje.

Como se puede comprobar por la tabla, el patrón es el único miembro de la tripulación que no está expuesto a un nivel de ruido con riesgo de causar traumatismo en su sistema auditivo, mientras los demás tripulantes si están sometidos a este alto riesgo.

Teniendo en cuenta que el umbral reconocido y que actualmente ha sido establecido por la Directiva 2003/10/EC [6] y su transposición a la Ley Española mediante el Real Decreto 286/2006 [18] como nivel mínimo a partir del cual hay que emprender acciones, es de 80 dB(A) (8 horas), nos encontramos con qué, de acuerdo con la ley de equivalencia de energía acústica, un nivel de ruido equivalente de 80 dB(A) durante veinticuatro (24) horas (LAeq (24) = 80 dB(A)) equivale a un nivel de ruido equivalente de 85 dB(A) durante ocho (8) horas (LAeq (8) = 85 dB(A)), según la fórmula: Leq (8) = Leq (24) + 10 log (24/8).

Average Equivalent Levels dB(A), for different Crew members					
Ship	Skipper	First Mate	Engineer	Cook	Deckhand
Trawler 1	72,9	79,5	92	82,4	82,3
Trawler 2	69,9	83,3	92,5	84,4	85,9
Trawler 3	76,3	83,6	95,4	84,8	85,9
Trawler 4	73,2	86,6	95,4	83,8	84,4

Figura 13.- Niveles promedio equivalente de los miembros de una tripulación de buque pesquero durante un viaje.-

Esto significa que un marino que está expuesto a un nivel de ruido de 80 dB (A) durante 24 horas, está sometido a un factor de estrés y un riesgo para su audición que es equivalente a la de un trabajador que está expuesto a 85 dB(A) durante 8 horas al día.

Como se puede confirmar por la tabla de la Figura 13, y la Figura 14, en la que se han representado gráficamente los datos conjuntamente con el Nivel Mínimo de Explosión recomendado y establecido por las actuales Directivas, en los buques pesqueros, de forma general, con la excepción del patrón, todos los miembros de la tripulación están sometidos a niveles de exposición al ruido que superan los 80 dB(A) como valor mínimo que garantiza la salud auditiva de los mismos. Llama especialmente la atención el caso de los maquinistas, en este tipo de buques, con niveles de exposición que llegan a superar hasta en 15 dB(A) el nivel mínimo requerido y, por consiguiente, con un alto riesgo de ser traumáticos para su salud

auditiva. Esto es un hecho constatado por el autor a lo largo de sus relaciones profesionales con este colectivo que ellos mismos reconocen. Algunos de los argumentos que se esgrimen es la “imperiosa necesidad”, por razones de seguridad de la embarcación”, de tener que estar oyendo el Motor incluso cuando estaban en la cama.

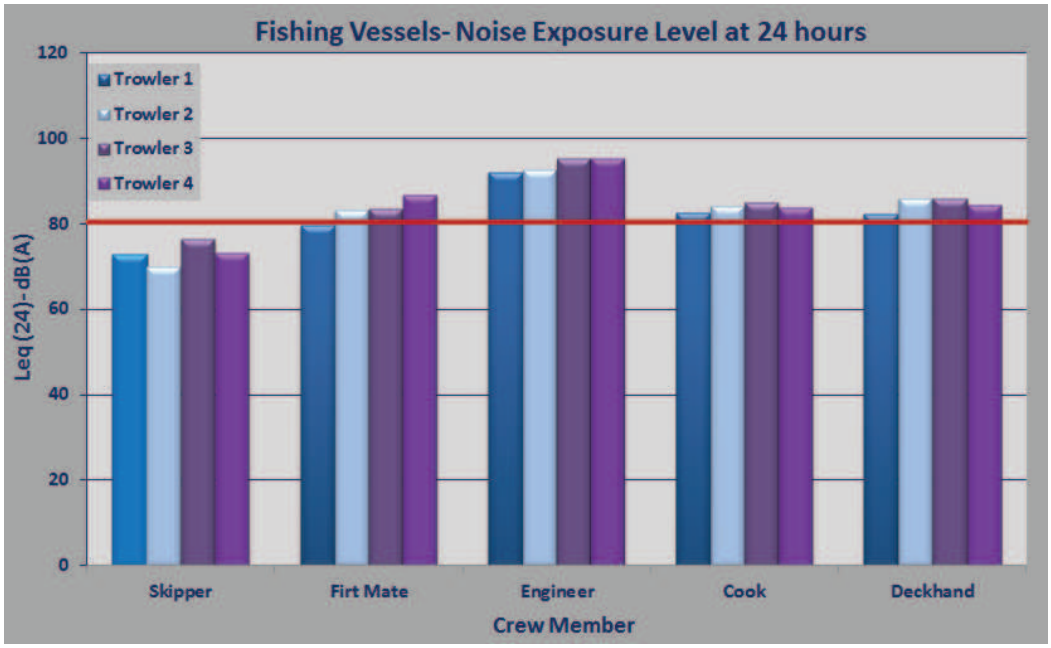


Figura 14.- Niveles de exposición de miembros de la tripulación en Buques Pesqueros

Por último, en base a los datos disponibles, se puede estimar el nivel medio de exposición durante las 24 horas en un buque de estas características. Así no encontramos que en los periodos más ruidosos de la jornada de trabajo los pescadores se encuentran en la cubierta realizando tareas con equipos de pesca, reparación de redes, procesamiento de capturas, etc, a un nivel medio de 85 dB(A) durante un promedio de 13 horas por día. Seguidamente, estimando un descanso en los camarotes de entre 5-6 horas de sueño, a un nivel medio de 83 dB(A) y comida y ocio, durante 3 horas a una media de 81 dB(A). Por último estimando 2 horas de vigilancia en el puente a un nivel medio de 73 dB(A), nos encontramos que para un buque pesquero convencional, entre 15 a 25 metros de eslora, el nivel de ruido continuo equivalente durante la jornada de 24 se estima en un valor de LAeq(24) = 83,6 dB(A).

Puede concluirse por tanto que, en base a los datos disponibles y referenciados, los pescadores, de forma general, están sometidos a niveles de exposición al ruido por encima de los umbrales mínimos recomendados (80 dB(A)), lo que significa que constituyen un segmento de "hombres de la mar", no considerados, ni por la Resolución IMO A.468(XII) ni tampoco por la de próxima aparición MSC.337(91).

6.2. Los Efectos en la Audición de los Pescadores. Experiencias Científicas.

Para la elaboración de este apartado específico que escapa de la especialización del autor, han sido consultados estudios específicos internacionales que se incluyen en las referencias [17,19, 20]. Asimismo, según se ha mencionado previamente, las investigaciones médicas han evidenciado que si una persona está expuesta a un ruido superior a 80 dB (A) durante 8 horas al día o más, está sometida a un riesgo de daño en su oído interno, bilateral y más o menos simétrica (en ambos oídos), y este daño tiende a empeorar a medida que el período de exposición se alarga en el tiempo, llegando a afectar a la zona de altas frecuencias alrededor de los 4.000 Hz. Esto es lo que se conoce como pérdida de audición con percepción endococlear permanente, en el contexto de la fatiga crónica auditiva.

En los buques mercantes, los maquinistas, por su actividad, son los más expuestos al ruido, estimándose, según datos disponibles, que el nivel medio equivalente está por encima de los 85 dB(A). Un estudio audiométrico realizado en 1984 [21], concluyó que en los audiogramas de los maquinistas de los buques mercantes se observaba una pérdida de audición en la banda de los 4.000 Hz, Figura 15, la cual era más significativa en los mayores de 40 años. El resto de los hombres de la mar que desarrollaban otras actividades, no evidenciaron afectaciones.

Se observó, asimismo, que a la misma edad, los maquinistas navales embarcados presentaban menor pérdida auditiva que aquellos otros trabajadores que estaban sometidos a niveles de exposición de 95 ó 100 dB(A) durante ocho (8) horas al día.

Un estudio más reciente (1998), [22], reveló que las pérdidas auditivas se han identificado en el 26,8 % de los maquinistas, en comparación con el 16%, para los

marineros de cubierta y el 9,9% de los supervisores. Estas diferencias fueron estadísticamente significativas

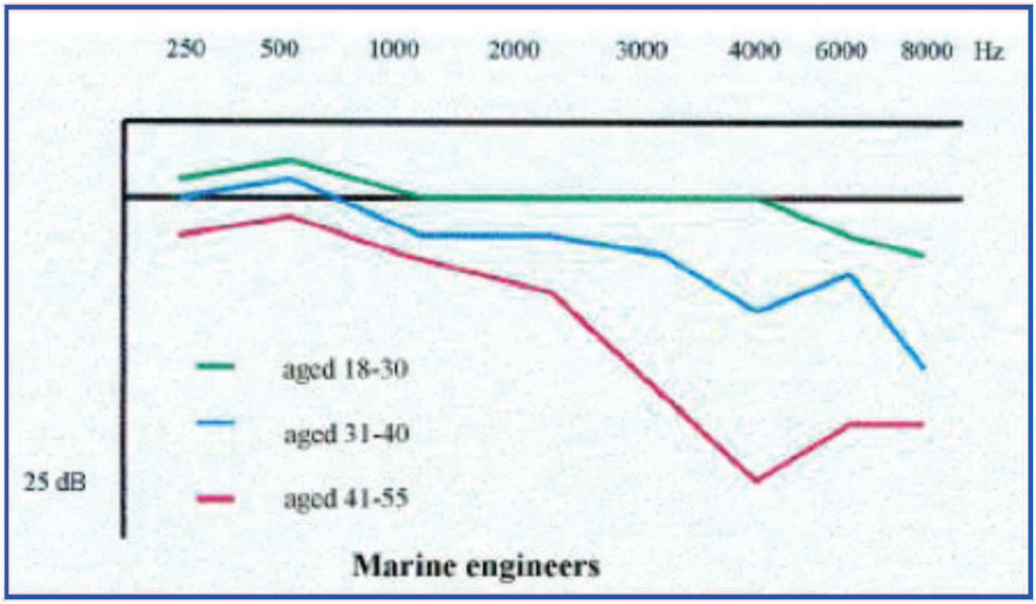


Figura 15.- Audiograma de Maquinistas Navales por edades (Valor medio de ambos oídos) [21].-

Es importante destacar, por su comparación con los buques pesqueros, que estos niveles moderados de pérdida de audición observada en los maquinistas de los buques mercantes se pueden explicar por el hecho de que su exposición al ruido del motor se ve sensiblemente atenuada por el aislamiento acústico de las cabinas de control en las salas de máquinas de los buques mercantes. Ello supone que la exposición a niveles de ruido significativo se limita a los tiempos de rondas y tareas de mantenimiento, y al hecho del uso adecuado de las protecciones auditivas durante el desarrollo de las mismas. Asimismo, si el ruido es constante o sólo ligeramente fluctuante, este hecho también puede moderar sus efectos. Se ha revelado también que si el trabajo, para este personal de máquinas, se distribuye para todo el año en periodos de 2 a 3 meses de trabajo seguidos de períodos de descanso de la misma extensión, ello significa un factor importante responsable de la naturaleza moderada de la hipoacusia.

Por último, estudios recientes (2008) realizados por Kaerlev et. al. [23], han permitido comprobar que el personal de máquinas, entre los marineros daneses, tienen un riesgo relativo de pérdida de audición de 2,39 en comparación con otros marineros dedicados a otras actividades.

La situación a bordo de los buques pesqueros es, sin embargo, completamente diferente. Como ya se ha señalado anteriormente, los estudios de Andro y Dorval [17] realizados en 1984 sobre datos obtenidos durante una campaña de medidas en buques pesqueros de uso industrial, han demostrado que los tripulantes de estos buques están expuestos a niveles de ruido continuadamente durante las 24 horas del día. Si se toman los valores medios para un buque de este tipo se observa que los marineros están expuesto a niveles de entre 84-86 dB(A), cuando trabajan en cubierta, a 76 dB(A), durante sus estancias en las pasarelas del puente, y a un media de 82 dB(A), durante su período de descanso en los camarotes.

En paralelo a esta investigación, se llevó a cabo un estudio audiométrico en 113 pescadores embarcados en este tipo de buques [24]. Los resultados del mismo mostraron que se observaron pérdidas de audición en la banda de los 4.000 Hz, la cual se agravaba con la edad de los afectados y el tiempo de servicio de los mismos. Los déficits auditivos medidos se compararon con la Norma francesa NF-S.31-013 que contiene estimaciones, a partir de datos epidemiológicos internacionales, sobre la audición en los trabajadores de más de 40 años de edad que habían sido expuestos durante 20 años a niveles casi estables de ruido industrial de 90, 95 y 100 dB(A). Los resultados obtenidos se han resumido en la Figura 16.

Como se puede apreciar por la misma, los “déficit de audición” entre pescadores de 40 años de edad y 23 años de servicio o exposición, se sitúan, para frecuencias altas (3.000, 4.000 y 6.000 Hz), entre los valores estandarizados para trabajadores expuestos a 90 y 95 dB(A) durante 8 horas diarias; siendo estos “déficit auditivos” mayores para la frecuencias bajas.

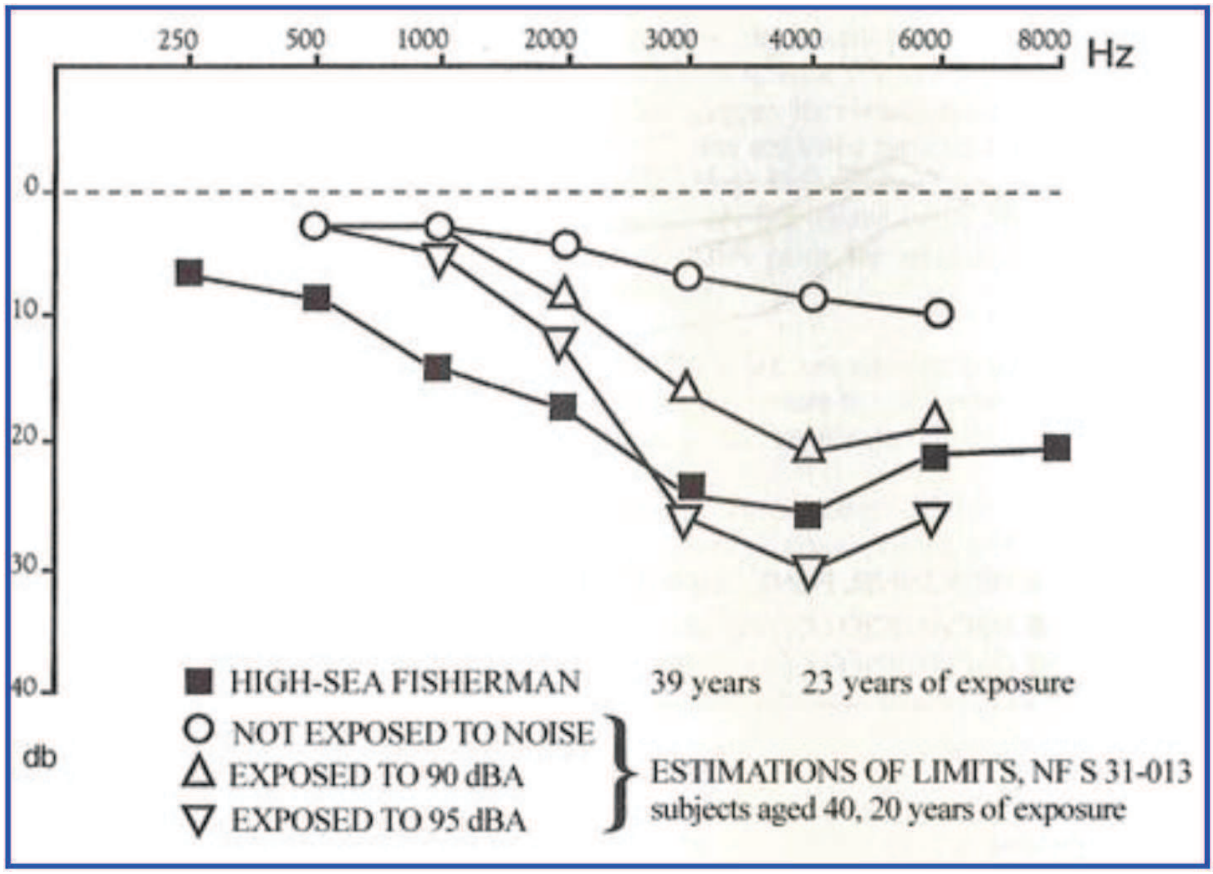


Figura 16.- Comparación de las curvas audiométricas de Pescadores y Trabajadores industriales expuestos a 90-95 dB (8 h por día).-

Teniendo en cuenta, como se ha apuntado previamente, que por la ley de energía equivalente un nivel de exposición de 90 dB(A) durante ocho (8) horas equivale a un nivel de exposición de 85 dB(A), durante veinticuatro (24) horas; los resultados de las investigaciones audiométricas realizadas y los déficit auditivos identificados en los "hombres de la mar" de los buques pesqueros, son la prueba fehaciente y definitiva de que estos "hombres de la mar", están soportando "niveles de exposición al ruido" de 85 dB(A) o superiores, durante la 24 horas que permanecen a bordo de aquellos. Todo ello viene a confirmar que la actividad pesquera es una ocupación que implica un alto riesgo de pérdidas auditivas derivada de los niveles de exposición.

Y por si toda esta base documental fuese insuficiente, los recientes estudios (2006) de F. Trécan [20], sobre las pruebas audiométricas de 18.000 marinos franceses, y de Kaerlev [23], en 2008, vienen a confirmar, ambos, las conclusiones de los estudios anteriores sobre el mayor riesgo de los pescadores con respecto a los marinos mercantes, desde el punto de vista del impacto del ruido en su salud auditiva.

Este riesgo ya fue expresamente reconocido en el informe del Parlamento Europeo, de fecha 12 de Marzo de 2001, sobre seguridad y accidentes en la pesca marítima en alta mar, y donde se señaló que “el ruido incesante crea un clima agresivo a bordo lo que significa que los pescadores duermen poco y mal, por lo que es difícil para ellos obtener el descanso que necesitan, y que también pueden verse afectados por la pérdida de audición”.

6.3. Las consecuencias de las “Exenciones”. Balance.

Llegados a este punto y en base a todo lo expuesto se podría pensar que el problema con los altos niveles de exposición en los buques de pesca, en general, se circunscribe al ámbito de la “protección individual”, dado que como se ha visto este tipo de buques carece de cámaras de control de máquinas que mediante los aislamientos acústicos específicos permitiesen aliviar los niveles de exposición a los miembros más expuestos de estas tripulaciones: los maquinistas.

Se ha visto, asimismo, que los marineros que desarrollan su actividad en los parques de pesca, están sometidos a niveles de ruido entre 84-86 dB(A), en jornadas de hasta 13 horas, que podrían condicionar su nivel de exposición si ello no va acompañado de períodos de descanso en sus respectivos camarotes con niveles por debajo de los valores medios obtenidos: 82 dB(A).

Algunos estudios, al respecto [25], han demostrado que la protección individual podría ser eficaz, pero ello requeriría el uso de protectores individuales, customizados si se quiere, pero durante las 24 horas del día. Aspecto que resulta

poco práctico y que podría derivar en problemas de transmisión de órdenes e identificación de alarmas u otras señales acústicas.

A modo de "Balance" de esta situación con respecto a los buques pesqueros y de los riesgos que suponen para la salud de sus ocupantes los altos niveles de exposición en los mismos, a juicio del autor y en base a su experiencia, se considera oportuno repasar las siguientes consideraciones:

Inmovilidad Técnica y falta de Prevención: Se puede entender, como se ha explicado en este artículo, que la aparición de la primera Resolución (A.468(XII)) sobre Niveles de Ruido en los Buques llevase incorporada en la misma "exenciones" para una serie de buques qué, por diseño y características y en función del "estado del arte" en ese tiempo, no se supiese como abordarlos. Ahora bien, el mantenimiento de estas exenciones a lo largo del tiempo a pesar de conocerse, o lo que es lo mismo, no "queriendo oír" los datos que revelaban las investigaciones científicas y médicas internacionales de esa época y anteriores (1984,1971), puede calificarse bondadosamente de "descuido", eso sí, con las siguientes derivadas:

- Inmovilidad Técnica: En primer lugar, el indiscutible prestigio de IMO, llevó a algunos a pensar que si esta organización no hacía nada por cambiar este estatus era porque no había razones para hacerlo. IMO era indiscutible y ningún consultor "éramos nadie", como se nos llego a decir, para cuestionarlo. En consecuencia, y obedeciendo al ya citado 2º principio, la técnica no se vio obligada a introducir modificaciones y/o cambios al respecto.
- Inmovilidad "Cultural": Si IMO no "obligaba", y el negocio de la pesca funcionaba, era dificilísimo que los Armadores solicitasen cambios en sus diseños. Los buques pesqueros de hoy en día son, en su concepción acústica, los mismos que hace tres décadas. Es más, hoy en día convencer al Armador de un buque atunero que pesca en África de que cambie o mejore la sustentación del motor principal de su buque y de las unidades frigoríficas, para reducir los niveles de ruidos estructural y en consecuencia los ruidos a bordo e incluso su firma acústica submarina, es batalla pérdida.

"Si a tal competidor le funciona lo que lleva, "yo no voy a hacer experimentos". Solamente la imposibilidad de vender su buque en un espacio, hoy regulado, como el de la UE, o incluso su fletamento a estos países, les está haciendo cuestionarse ese posicionamiento. Empezarán a "moverse".

- Falta de Prevención: La política de "oídos sordos" a los avisos que llegaban de organismos y agencias internacionales, fundamentados en investigaciones médicas y datos solventes: audiogramas de trabajadores expuestos a altos niveles de exposición, son la única posible explicación que encuentra el autor al inmovilismo regulatorio y el mantenimiento de las limitaciones de tamaño de buques y exenciones de la Resolución A.468(XII), durante las últimas tres décadas.

  La imposibilidad de consultar los "test audiométricos iniciales y periódicos a cargo de personal capacitado y competente, a juicio de la Administración", que la vieja Resolución establecía en su apartado 5.5 "Programa para la conservación de la facultad auditiva", impide evaluar la mayor o menor solvencia y efectividad de la protección de la vieja Resolución para con los hombres de la mar a la que aplicaba.

  Ahora bien, y sin cuestionar esa efectividad de la prevención y protección de la vieja Resolución, lo que no deja lugar a dudas en base a toda la literatura consultada (una pequeña muestra de la existente), es que la mayoría de los "hombres de la mar" constituida por Pescadores, Dotaciones de los buques militares y marinos mercantes de embarcaciones menores (< 1.600 GT´s), han quedado totalmente desprotegidos frente a los potenciales efectos sobre su salud de los altos niveles de exposición al ruido. Y esto a nivel mundial.

Las Consecuencias económicas y sociales: De todas las fuentes consultadas no ha sido posible obtener un dato que permita cifrar o cuantificar el número de pescadores y marinos de guerra, como colectivo desprotegido de forma general hasta hoy, que sufren daños o disminuciones en su capacidad auditiva. Lo que es indiscutible es que los primeros, durante las tres décadas de vigencia de la Resolución IMO A.468(XII), y en base a los datos de las fuentes referenciadas en

este trabajo, han estado sometidos a niveles de exposición al ruido durante 8 horas muy por encima del valor de 85 dB(A), que establecía la Resolución para ese período de tiempo, y por consiguiente por encima del límite actual de la Directiva 2003/10/EC, a partir del cual hay que adoptar medidas correctoras.

Además de este impacto individual, y aunque hay referencias en algunas fuentes oficiales sobre las consecuencias de esta desprotección, estas son muy genéricas, lo que impide una cuantificación de los costes sociales que suponen estas discapacidades para los diferentes Estados y, en consecuencia, para los ciudadanos a través de impuestos.

Quizás como indicador de este aspecto cuantitativo, pueda ser el dato aportado por la VA-Veteran Association de la Armada de los Estados Unidos, que revela que para un colectivo de 107.000 marinos, entre los años 1986 al 2006, el presupuesto para atender este tipo de deficiencias por pérdidas auditivas ha ascendido a 6.480 Millones de dólares. Cualquier Armada podrá hacer su correspondiente extrapolación teniendo en cuenta que el ratio obtenido es de 1.500 $/Año x marino.

Obsolescencia Técnica, Regulatoria y Desequilibrio de Protección: La inmediata aparición que se anuncia de la nueva Resolución MSC.337 (91) para el próximo 1 de Julio de 2014, presenta las siguientes particularidades:

- **Obsolescencia Técnica:** El repaso de los aspectos técnicos de la misma, comentados y evaluados en este texto, y que son, con mínimas variaciones, una copia y perpetuación de los correspondientes a la vieja Resolución A.468 (XII) de 1981, permite concluir que lo que se esperaba de ella como motor de cambios tecnológicos en el diseño acústico de los buques ha quedado frustrado. Es más, los ligeros pronunciamientos dirigidos a aspectos tales como mejoras en la privacidad de los espacios del buque, mediante el control de materiales de aislamiento y montajes, así como los relativos a la conveniencia de realizar cálculos de predicción de ruidos en la etapa de diseño de los buques, al imponerles un carácter de “recomendación” y subrogaciones ambiguas en la “Administración”, significa

que como ya se evidenció con la vieja resolución, no se aplicarán. “Nadie exigirá cambios o mejoras en los diseños acústicos de los buques, si no se le obliga a ello”. Las “inmovilidades técnica y cultural”, al respecto, comentadas previamente se perpetuarán.

Por último, resulta frustrante y llamativo que siendo su objetivo básico la “Protección” de los hombres de la mar, como establece, no haya sabido incorporar a la misma y en pro de estos objetivos, no sólo las experiencias validadas de los expertos en Control de Ruidos en los buques durante estos últimos treinta años, como se detallará seguidamente, si no incluso las experiencias más institucionales de las Sociedades de Clasificación con relación a los logros de las Notaciones de Clase (Confort) en la reducción de niveles de ruido en cruceros e incluso en aquellos buques mercantes, en los que por sensibilización de sus armadores, cada día más se exige su cumplimiento contractual. Aspecto que se ha revelado como esencial en los cambios y mejoras en los diseños acústicos de estos buques y que se viene observando desde su entrada en vigor.

La consecuencia práctica es que hoy en día, cualquier armador sensibilizado u obligado a cumplir los objetivos de protección de sus trabajadores, se limita a hacer mención a esta resolución en cuanto a procedimiento, pero establece y exige el cumplimiento contractual con límites más estrictos: Confort o requerimientos de banderas. En pocas palabras, ambas Resoluciones, tanto la vieja como la nueva han quedado técnicamente desbordadas.

 Obsolescencia Regulatoria: A lo ya expuesto y como se ha evidenciado, la vieja Resolución IMO A.498(XII) y la nueva Resolución MSC.337(91), han quedado obsoletas, en tiempo, contenido y para todo el ámbito de la Unión Europea, por la Directiva 2003/10/EC [6], promulgada por el Parlamento Europeo el 15 de Febrero de 2003. Según las disposiciones establecidas en la misma, esta directiva ha sido transpuesta a las legislaciones locales estableciendo un periodo de adaptación de ocho años desde su publicación. Esta Directiva ha dado lugar, en el caso de España, al Real Decreto 286/2006 [18] y, en el caso del Reino Unido, al “CO 80: CODE OF

PRACTICE ON NOISE AND VIBRATION IN SHIPS" o Resolución 2007 del MCA-Maritime Coastguard Agency- [12].

Tanto la Directiva fuente como sus respectivas transcripciones se dirigen a la protección del "personal a bordo de los buques de navegación marítima", sin ninguna exención o limitación en cuanto a tamaño o dimensiones de los buques, ni incluso a su edad, que pudiesen limitar o mermar su carácter universal de protección de los "hombres de la mar".

De todo ello se puede concluir que tanto la vieja Resolución A.468(XII), como la nueva Resolución MSC.337(91), quedan obsoletas, desde el punto de vista regulatorio, como consecuencia de sus exenciones y limitaciones, y como garantía de protección de los trabajadores sometido a riesgos debidos al ruido.

Como garantía de este sentido "universal" de protección, mención especial merece la Resolución 2007 del MCA, que aplica no sólo a los buques de bandera británica sino incluso a aquellos, de otras banderas, que toquen aguas de jurisdicción británica.

 Desequilibrio de Protección: Como se ha señalado por parte de Organismos Internacionales, "los efectos de la exposición al ruido, son independientes de la localización geográfica". Teniendo en cuenta, como se ha demostrado, que las Resoluciones IMO, vieja y nueva han quedado obsoletas con respecto al Marco Regulatorio Europeo, su ámbito geográfico de aplicación quedará reducido, única y exclusivamente, a aquellos países o regiones, donde no se disponga de un marco regulatorio similar.

Nos encontraremos así con que mientras los pescadores europeos están protegidos, sus homólogos de otros países en vías de desarrollo no lo estarán. Y lo mismo ocurrirá a los marinos mercantes de todo tipo de embarcaciones menores así como a los marinos de guerra de las diferentes Armadas, a los que tanto la vieja como la nueva Resolución MSC.337(91), han dejado fuera de su ámbito de aplicación por efecto de las exenciones introducidas.

La respuesta en algunas Armadas de sociedades avanzadas, como la US Navy no se ha hecho esperar en base a las investigaciones desarrolladas y

las consecuencias económicas y operativas que se han evidenciado. Hoy en día en esta Armada, y como ejemplo a imitar por otras, se ha establecido una estrategia firme de "cambio de tendencia", que se conoce bajo el nombre genérico de "Buy Quiet": Comprar Silencio.

Por último, todas las sociedades avanzadas deben ser conscientes de que esta situación de desequilibrio regulatorio, además de constituir una clara contradicción con los principios y enunciados de la ILO -International Labour Organization-, relativos a la mejora de las condiciones laborales de todos los trabajadores sin discriminación alguna, supone en una economía globalizada como la actual una causa de desequilibrio económico: Las industrias ruidosas", como la pesca entre otras, se desplazarán a aquellos países con menor capacidad regulatoria. Lo que "no queramos para nosotros mismos, no deberíamos quererlo para los demás". En el caso del Ruido, "controlémosle aquí", como se sabe hacer, y apoyemos la difusión de conocimientos y experiencias para la educación-sensibilización de "todos" con este problema.

6.4. El Cambio de "Rumbo".

El presente trabajo podría parecer llamativo por su título, pero inconsistente, si no se completase con propuestas, alternativas o soluciones solventes para mejorar e intentar resolver este escenario del Ruido en los Buques y, por ende, soportar técnicamente algunas de las valoraciones de las exenciones de las Resoluciones IMO A.468(XII) y MSC.337(91); en particular aquellas relativas a su obsolescencia con respecto a los avances tecnológicos llevados a la práctica en las últimas tres décadas por la Industria de Construcción Naval respecto al Control de Ruidos en los Buques.

Como ya se apuntó, en paralelo ha trascurrido la vida profesional del autor, viviendo de esta actividad y ejerciendo una labor de diseminación y divulgación, muchas veces ingrata por la poca o nula receptividad despertada, fundamentalmente, en aquellos con posibilidades de liderar el cambio y que han permanecido impasibles,

ante los avisos [26,27], necesidades y demandas de transformación, hasta que el nuevo Marco Regulatorio Europeo, cual terremoto o tsunami en términos marinos, les está obligando a salir aceleradamente de su inmovilismo. No es de extrañar la preocupación que se observa en algunas Administraciones sobre quien: Inspecciones de Trabajo o Inspección Marítima, debe de ejecutar las disposiciones y, fundamentalmente, como deben ejecutarse, fundamentalmente en los buques viejos.

Por consiguiente, los siguientes párrafos, además de servir para demostrar la obsolescencia técnica de las Resoluciones A.468(XII) y MSC.337(91), podrán ser utilizados como una "Guía Práctica Preliminar de Aplicación y Cumplimiento con la Directiva 2003/10/EC en Buques", y a ser posible de utilidad para Armadores, de buques nuevos y viejos, e incluso para la Administración. Los nuevos requerimientos contractuales que los primeros (Armadores) exijan contractualmente a los Astilleros, deberán ejecutarse fielmente teniendo en cuenta su estricto cumplimiento que será verificado por la Administración. Los pilares de esta primera propuesta de Guía son el resultado de las experiencias prácticas del autor y la metodología diseñada por él mismo para reducir ruido y vibraciones a bordo de los buques, de algunas de las investigaciones y conclusiones derivadas de los proyectos BEST [9] y SILENV [10], y de propuestas sobre la gestión del problema del ruido para los buques viejos, que lanzadas públicamente a la UE, no han tenido, por el momento, acogida.

6.4.1. La Construcción Naval preparada para responder al Marco Regulatorio: Los Nuevos Buques Silenciosos.

Son muchos los "gritos" del autor al respecto y en particular en lo que se refiere a la capacidad de la Construcción Naval Española para diseñar y construir buques en cumplimiento con los más estrictos requerimientos del Nuevo Marco Regulatorio Europeo, no sólo con los que se refieren a niveles de ruido y vibraciones a bordo de estos buques, sino incluso aquellos relativos al ruido radiado por los buques al medioambiente: Ruido Radiado al Puerto y, sobre todo teniendo en cuenta y en previsión de la nueva Directiva 2008/56/EC [8], el Ruido Radiado al Agua por los

mismos y su potencial impacto en la fauna marina. Especial mención merecen las siguientes referencias [16], [26] y [27].

Por otro lado en la Figura 17, y como una simple muestra de esta capacidad, se presenta un ejemplo de diferentes tipos de buques, algunos de ellos fuera del alcance y aplicación de las Resoluciones IMO por efecto de sus "exenciones", pero para los que por exigencias específicas de sus armadores se han conseguido niveles de ruido a bordo los mismos muy por debajo de los límites establecidos, incluso, por la nueva Resolución MSC.337(91). En algún caso c), por exigencias especificas del armador de cumplimiento de la Notación de Clase Comfort grado 3, en otro b), como medidas preventiva a sabiendas (armador bien informado) de la inmediata entrada en vigor de la Directiva 2003/10/EC [6], y finalmente en los casos a) y d), por decisión unilateral de ambas Armadas: Española y Venezolana, de proteger a sus dotaciones.



Especial mención merecen los casos b) y c). En el primero (b), exhaustivamente descrito en la referencia [26], como consecuencia de "anticipación" del armador a la

aparición de la Directiva 2003/10/EC [6], se llegaron a obtener, en los dos buque gemelos construidos, niveles de ruido en los diferentes espacios del orden de 7 y 10 dB(A), por debajo de los límites de la Resolución IMO A.468 (XII). En el segundo caso, c), (buque que ha conseguido el premio de “Mejor buque del año 2012” de la AINE (Asociación de Ingenieros Navales de España), por el cumplimiento con la Cota de Confort exigida, aunque no se trata de un buque de pasajeros, y de los requerimientos de Bandera del DMA (Danish Maritime Administration), para las condiciones de trabajo más ruidosas: Thrusters operando al 40% de carga. Será abordado en un nuevo artículo de próxima aparición, y en cual, como avance, se demuestra que los costes de esta intervención no han superado el 1% del precio del buque.

De forma general, y con ciertas particularidades o alcances, la herramienta que ha permitido que estos buques sean considerados, en base a sus datos experimentales, como “Buques Silenciosos”, ha sido la “Gestión Integral de Vibraciones y Ruido”, desarrollada por el autor y descrita en diferentes publicaciones [14, 16, 26]. La clave de su éxito radica en colocar el “Diseño Dinámico-Acústico del buque”, como aspecto esencial en todo el proceso de diseño y construcción del mismo y desde las fases tempranas de su diseño conceptual. Se aborda desde la selección de las fuentes: maquinaria y propulsión, su correcto montaje, así como requerimientos contractuales a los respectivos suministradores, incluida la habilitación. Todos estos procesos se controlan mediante la monitorización de los mismos mediante el establecimiento de un programa de pruebas (FAT), que permitan verificar y garantizar el cumplimiento de los “criterios dinámico-acústicos” establecidos. En paralelo se desarrolla todo un programa de actividades de simulación: Predicción de Vibraciones y Ruido, que permiten identificar las “desviaciones” y aplicar las correspondientes correcciones, en las fases iniciales de la construcción. Las “pruebas particulares”, permiten introducir los últimos ajustes antes de abordar el programa de “pruebas oficiales”. Se garantiza, así la entrega del buque en cumplimiento con los requerimientos, sin retraso, y por consiguiente, sin penalizaciones para el astillero.

Y todo esto se ha venido haciendo así desde hace más de veinticinco (25) años. Su utilización y exigencia por aquellos armadores, llamémosles "sensibles o visionarios", con los aspectos regulatorios relativos a ruido y vibraciones, cada día más exigentes por su objetivo básico de protección de los trabajadores del mar, les coloca en una indiscutible posición de ventaja competitiva con respecto a aquellos otros (armadores) que haciendo "oídos sordos" a los "avisos", se han mantenido anclados o al albor de las ambigüedades regulatorias. Los buques de los primeros (visionarios), además de no verse afectados (necesidad de introducir modificaciones muy costosas) por el nuevo Marco Regulatorio, serán los llamados a realizar el transporte de mercancías y/o personas en los mercados regulados como es el caso del Europeo. Adicionalmente el precio de estos buques, en el mercado de "segunda mano", será más alto que el de aquellos otros que no han sabido ver o adaptase al "tsunami regulatorio".

Y esta tendencia, durante los últimos veinticinco (25) años, además de haber contribuido al desarrollo y avance de la tecnología en lo relativo al Control de Vibraciones y Ruido en los buques, ha demostrado, por la "dinámica de los hechos", no sólo como la Resolución IMO A.468(XII), inamovible durante 31 años, quedaba técnicamente desborda, sino incluso, como la nueva Resolución MSC.337(91) queda "obsoleta", antes de nacer, dado el carácter "recomendatorio" que decide aplicar a la Predicción de Ruido en las fases tempranas, como herramienta de probada solvencia para este cometido.

Por último, y con el propósito de ir configurando la mencionada "Guía Práctica Preliminar de Aplicación y Cumplimiento con la Directiva 2003/10/EC en Buques", puede concluirse que la Ingeniería Naval dispone de una "Herramienta de probada solvencia", no sólo para abordar el diseño de "buques nuevos" en sintonía o cumplimiento con los más exigentes requerimientos del Nuevo Marco Regulatorio, sino incluso para diagnosticar las "deficiencias o debilidades" de los "buques viejos" así como proponer las correcciones que permitan resolver y/o mitigar el incumplimiento estos últimos.

Llegados a este punto el lector "crítico" habrá constatado que hemos desmontado las "exenciones" de las Resoluciones IMO, vieja y nueva, en lo que respecta al "tipo de buque". Sin embargo, del examen de los buques referenciados en la Figura 17, todos ellos son buques con un arqueo bruto por encima de las 1.600 GT´s, y por lo tanto dentro del rango de tamaño limitativo impuesto por ambas resoluciones. La tarea de demostrar la "injustificación" de las "exenciones" relativas a "tamaño" se desarrolla en el siguiente apartado.

6.4.2. Injustificación de las "Exenciones" por tamaño. Viabilidad Técnica y Económica para la construcción de Buques Pesqueros Silenciosos.

Un "aviso a navegantes" en este sentido fue lanzado por el autor [14] en 2006 a raíz de los excelentes resultados que se obtuvieron, y que se exponen seguidamente, en el buque de investigación pesquera "Emma Bardán" construido para la Secretaría General de Pesca de la Administración Española. En el mismo, y como sugerencia ante lo que se avecinaba, se incluía la siguiente pregunta:

¿Por qué los niveles de confort (ruido) en un buque pesquero no tienen que ser, como mínimo, iguales a los de otro Centro de Trabajo?

Se apuntaba, asimismo, la conveniencia de utilizar la experiencia positiva de este buque como una "referencia tecnológica" para futuras construcciones de este tipo de buques en cumplimiento con la Directiva 2003/10/EC [6] ya publicada (15 de Febrero 2003). Aquellos que hoy en día están teniendo problemas para transferir o abanderar sus buques en Países Miembros, con estricto cumplimiento de las disposiciones de la referida Directiva, se estarán, posiblemente, lamentando el no haber podido oír estas sugerencias.

En paralelo y por la participación del autor, desde 1997, en el diseño dinámico-acústico de cinco buques de investigación oceanográfica en cumplimiento con el estricto Requerimiento ICES Nº 209 de Ruido Radiado al Agua, se ha podido constatar la validez y efectividad de la herramienta de "Gestión Integral de

Vibraciones y Ruidos" desarrollada. A modo de "otro aviso más", en previsión con la aparición de la Directiva 2008/56/EC [8] y de la propuesta del IMO (en proceso de elaboración), respecto al control del Ruido Radiado al Agua por todo tipo de buques, incluyendo mercantes o comerciales, las "lecciones aprendidas" en estas experiencias prácticas han sido presentadas a nivel nacional e internacional [27]. Mención especial merece la publicación en el ASA -Acoustic Society of America- del caso del Buque de Investigación Oceanográfica "Ramón Margalef" del IEO -Instituto Español de Oceanografía-. Los datos experimentales publicados, incluida su "firma acústica", lo sitúan entre los Buques más Silenciosos del mundo.

Estos dos casos, Figura 7, y con los datos que se presentan seguidamente, son prueba suficiente para evidenciar la "inconsistencia técnica" de la "exención por tamaño" de los buques que la Resolución MSC.337(91) pretende perpetuar en el tiempo. Son, asimismo, una prueba que demuestra la capacidad técnica de la Construcción Naval para atender y satisfacer no sólo el cumplimiento con los límites de la Directiva 2003/10/EC [6], sino incluso con el estricto requerimiento ICES Nº209 de Ruido Radiado al Agua. Una prueba más de la solvencia de lo previamente expuesto lo constituye el hecho que ambos han sido seleccionados como "referentes tecnológicos" dentro del proyecto SILENV [10].

Estos aspectos previamente comentados, y concretamente los relacionados con los niveles de ruidos a bordo de los buques menores, pesqueros incluidos, deberán considerarse, a juicio del autor, en la mencionada "Guía Práctica Preliminar de Aplicación y Cumplimiento con la Directiva 2003/10/EC en Buques" . Y si este trabajo lograse alcanzar un mínimo de receptividad, una Guía Práctica, similar, debería empezar a contemplarse para atender los nuevos requerimientos de ruido radiado al agua por los buques en conformidad con la nueva Directiva 2008/56/EC [7]. Esta es, precisamente, una de las Tareas del nuevo proyecto AQUO [11] "Achievement of Quite Oceans", en desarrollo y en el cual el autor participa.

Y con fundamento en lo ya expuesto, pasemos a demostrar la "viabilidad técnica y económica" de la reducción de los niveles de ruidos en buques de arqueo bruto

inferiores a las 1.600 GT´s, y por tanto todo tipo de pesqueros. Los datos aportados son suficientes, cuanto menos, para evidenciar la inconsistencia técnica de la exención de las Resoluciones IMO, nueva y vieja, respecto al tamaño de los buques. Su objetivo fundamental, más que limitarse o simplificarse en una discrepancia técnica entre un organismo tan prestigios como el MSC -Maritime Safety Commitee-, y este modesto ingeniero naval para el que aquel le merece todo su respecto, es una sugerencia que permita reflexionar sobre las potenciales consecuencias que hayan podido producirse en un colectivo tan importante como el de los pescadores, marinos de guerra y otros hombres de la mar, de la desprotección derivada de las "exenciones" establecidas. Y si se identificase cualquier riesgo, contribuir a evitar su perpetuación temporal.

En ambos buques, recogidos en la Figura 7, con ligeras variantes y en función de los requerimientos de cada proyecto, se ha aplicado la misma metodología de "Gestión Integral de Vibraciones y Ruidos". Sus módulos básico se resumen en la Figura 18, y su desarrollo práctico se describe detalladamente en diferentes referencias [14,16,26].

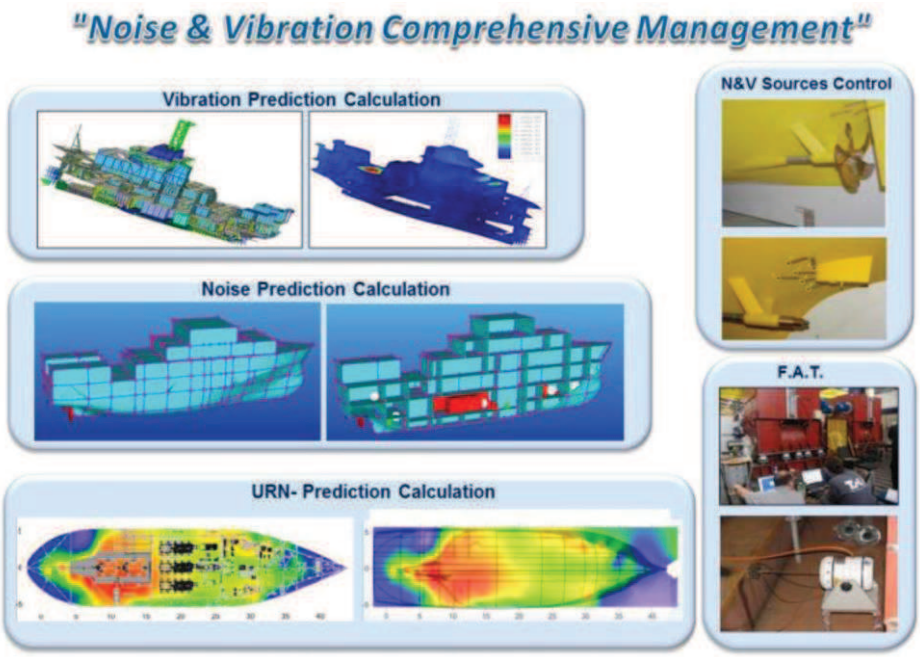
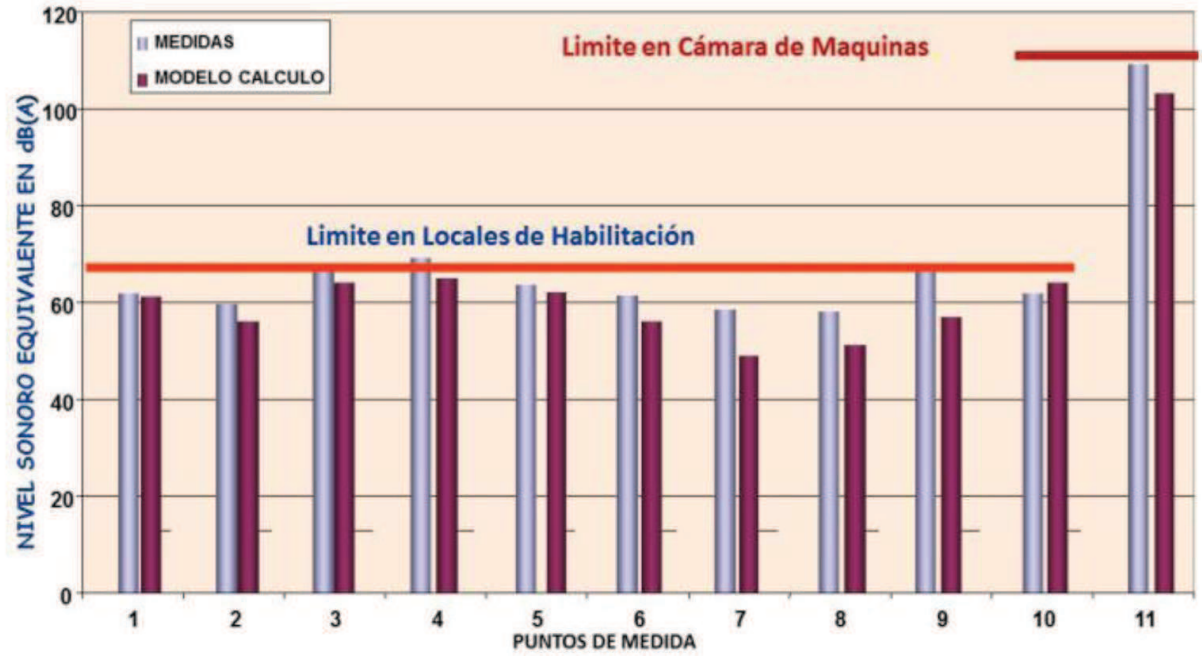
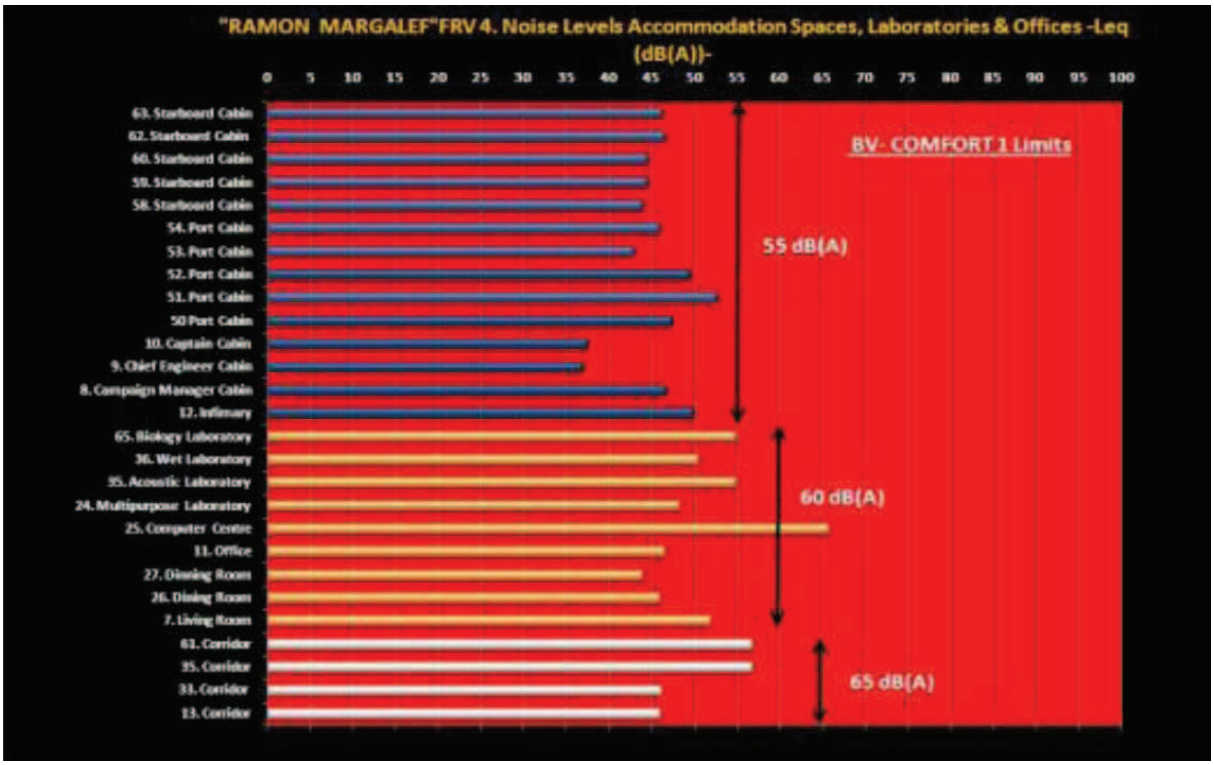


Figura 18.- "Gestión Integral de Vibraciones y Ruido". Módulos Básicos.-

Los resultados de niveles de ruido en los diferentes espacios de ambos buque se han resumido en la Figura 19.





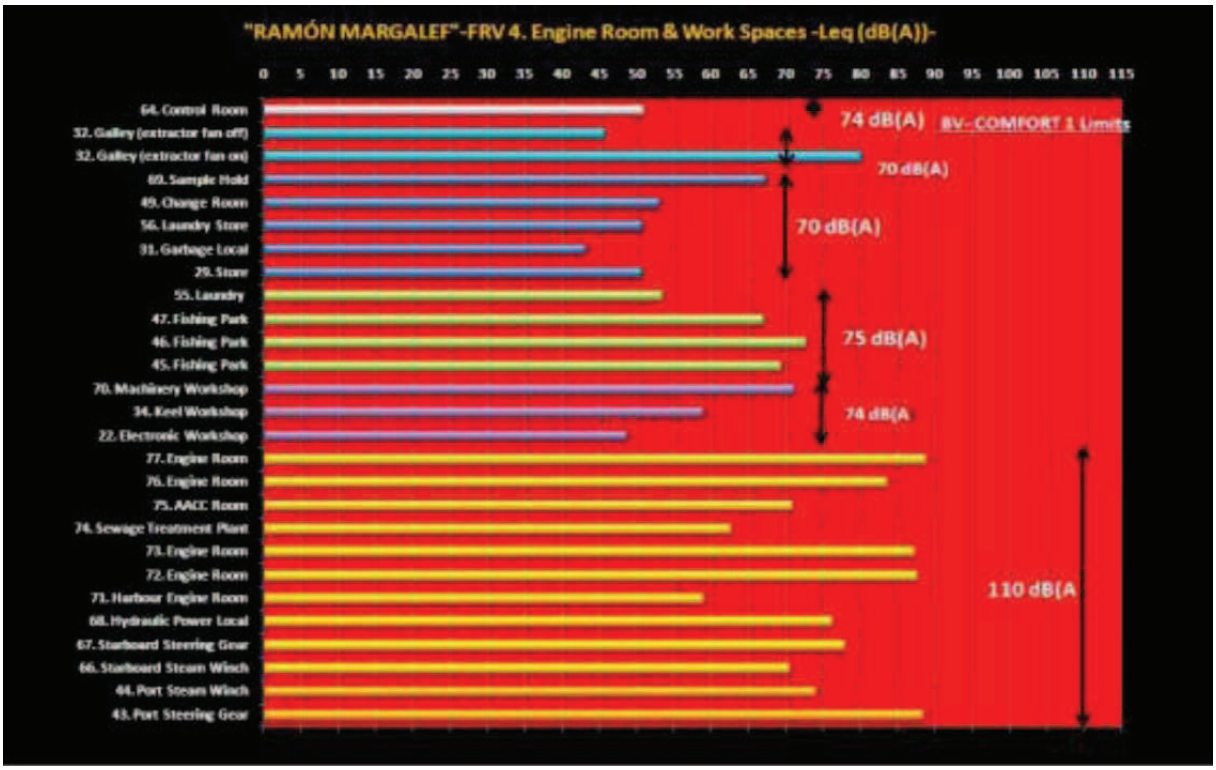


Figura 19.- Niveles de ruido en pesquero “Emma Bardán” (arriba) y buque de investigación ocenográfica “Ramón Margalef” (abajo).-

En el caso del buque pesquero (“Emma Bardán”), y como validación de la herramienta empleada, se presentan los valores calculados y los medidos experimentalmente en Pruebas Oficiales.

Como primer logro significativo, en la Figura 20 se recogen la distribución de los niveles de ruido en los diferentes espacios de un buque pesquero de los años 80´s, en el cual por “no existir requerimientos” es muy probable que ”no se haya hecho nada”, y la correspondiente al “Emma Bardán”, como buque representativo de este tipo en el cual si se ha aplicado, por especificación estricta del Armador, la metodología adecuada para combatir el ruido en este tipo de buques pesqueros.

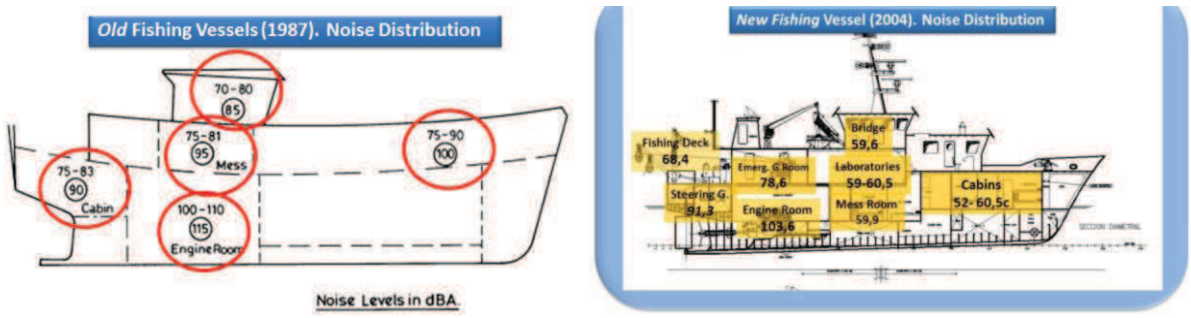


Figura 20.- Comparativa de Niveles de Ruido: Buque Pesquero 1887 / Buque Pesquero 2004.-

Como se puede apreciar los niveles de ruido en el “pesquero tratado” de 27 metros de eslora se han reducido una media de 26 dB(A) en los espacios de camarotes, y de 17 dB(A) en la Cubierta de pesca, con respecto a los datos aportados por Andro y Dorval [17] (Figura 12) para un arrastrero de 24 metros de eslora, sin ningún tipo de medida preventiva. Ello significa, como se verá seguidamente, una reducción drástica en los niveles de exposición al ruido para los tripulantes de uno y otro buque, y por consiguiente, un menor riesgo para su salud. Esta “reducción de niveles de ruido” alcanza valores de hasta 28 dB(A) de media en camarotes cuando se compara el Buque de Investigación Oceanográfica con un arrastrero de similares dimensiones (55 metros de eslora), Figura 12.

Seguidamente y en base a estos niveles de ruido obtenidos experimentalmente en ambos buques, y para una muestra representativa de los miembros de sus respectivas tripulaciones: Capitán, Jefe de Máquinas y Marinero, se ha procedido a calcular los correspondientes Niveles de Exposición de este personal durante 24 horas. Los cálculos en ambos casos se han realizado suponiendo la utilización o no de medidas de protección individual, Figuras 21 y 22.

"Emma Bardan". NOISE EXPOSURE LEVEL WITHOUT EAR MUFFS.- Leq (24)					
Job Category	Time Distribution				Leq (24 h)
Captain	Hours	8	8	8	59,2 dB(A)
	Location	Navigation Bridge	Mess Room	Cabin	
	Noise Level	59,6 dB(A)	59,9 dB(A)	58,0 dB(A)	
Chief Engineer	Hours	8	8	8	97,4 dB(A)
	Location	Engine Room	Mess Room	Cabin	
	Noise Level	102,2 dB(A)	59,9 dB(A)	58,0 dB(A)	
Sailors	Hours	8	8	8	64,5 dB(A)
	Location	Fish Processing	Mess Room	Cabin	
	Noise Level	68,4 dB(A)	59,9 dB(A)	58,0 dB(A)	
"Emma Bardan". NOISE EXPOSURE LEVEL WITH EAR MUFFS.- Leq (24)					
Job Category	Time Distribution				Leq (24 h)
Captain	Hours	8	8	8	59,2 dB(A)
	Location	Navigation Bridge	Mess Room	Cabin	
	Noise Level	59,6 dB(A)	59,9 dB(A)	58,0 dB(A)	
Chief Engineer	Hours	8	8	8	76,3 dB(A)
	Location	Engine Room	Mess Room	Cabin	
	Noise Level	80,5 dB(A)	59,9 dB(A)	58,0 dB(A)	
Sailors	Hours	8	8	8	64,5 dB(A)
	Location	Fish Processing	Mess Room	Cabin	
	Noise Level	68,4 dB(A)	59,9 dB(A)	58,0 dB(A)	

Figura 21.- Niveles de Exposición al ruido durante 24 horas. “Emma Bardán

"Ramón Margalef". NOISE EXPOSURE LEVEL WITHOUT EAR MUFFS.- Leq (24)						
Job Category	Time Distribution					Leq (24 h)
Captain	Hours	8	8	8		50,9 dB(A)
	Location	Navigation Bridge	Mess Room	Cabin		
	Noise Level	53,9 dB(A)	48,7 dB(A)	46,9 dB(A)		
Chief Engineer	Hours	3	5	8	8	72,9 dB(A)
	Location	Engine Room	Engine C. Room	Mess Room	Cabin	
	Noise Level	81,9 dB(A)	51,1 dB(A)	48,7 dB(A)	46,9 dB(A)	
Sailors	Hours	8	8	8		65,7 dB(A)
	Location	Fish Processing	Mess Room	Cabin		
	Noise Level	70,4 dB(A)	48,7 dB(A)	46,9 dB(A)		
"Ramón Margalef". NOISE EXPOSURE LEVEL WITH EAR MUFFS.- Leq (24)						
Job Category	Time Distribution					Leq (24 h)
Captain	Hours	8	8	8		50,9 dB(A)
	Location	Navigation Bridge	Mess Room	Cabin		
	Noise Level	53,9 dB(A)	48,7 dB(A)	46,9 dB(A)		
Chief Engineer	Hours	3	5	8	8	65,5 dB(A)
	Location	Engine Room	Engine C. Room	Mess Room	Cabin	
	Noise Level	74,4 dB(A)	51,1 dB(A)	48,7 dB(A)	46,9 dB(A)	
Sailors	Hours	8	8	8		65,7 dB(A)
	Location	Fish Processing	Mess Room	Cabin		
	Noise Level	70,4 dB(A)	48,7 dB(A)	46,9 dB(A)		

Figura 22.- Niveles de Exposición al ruido durante 24 horas. “Ramón Margalef”.-

Del examen de ambas figuras se destacan las siguientes observaciones:

- Para el Pesquero “Emma Bardan” los niveles de exposición de los diferentes miembros de la tripulación considerados: Capitán, Jefe de Máquinas y Marineros, en 24 horas y “sin protecciones individuales” para el profesional más afectado (Jefe de Máquinas), alcanzan valores de 59.2, 97.4 y 64.5, respectivamente. Ello deja claramente constatado que a pesar de haberse mejorado muy sensiblemente los niveles de ruido en los espacios de descanso del Jefe de Máquinas, con valores de 59.9 dB(A) en comedor y 58 dB(A) en el camarote, sigue siendo esta ocupación (Jefe de Máquinas) la más expuesta al riesgo de pérdidas auditivas por altos niveles de exposición. Y todo ello derivado de considerar una “ocupación extrema” de 8 horas en Cámara de Máquinas “sin protección”.
- La comparativa de estos niveles de exposición para la tripulación del “Emma Bardan”, como representativo de un buque pesquero moderno, con los valores medios correspondientes a las tripulaciones de los cuatro arrastreros de la Figura 13, permite constatar que se han obtenido reducciones de hasta 14 dB(A), para el Capitán, 19.5 dB(A), para los marineros de cubierta; en tanto que los correspondientes a los Jefes de Máquinas se mantiene del mismo orden.
- Todo lo anterior, y como se pondrá en evidencia con la comparativa entre los dos buques analizados, permite concluir que mientras no se mejoren los valores de potencia sonora de la fuente principal: Los motores diésel, los Jefes de Máquinas serán un personal altamente expuesto para cuya protección habrá que adoptar medidas especiales complementarias.
- En efecto, y como se constata al examinar los niveles de exposición del Jefe de Máquinas cuando este desarrolla su actividad de 8 horas en espacios de máquinas provisto de “protectores”, el nivel de expos ión se reduce a 76.3 dB(A) en su jornada de 24 horas. Una limitación del tiempo de exposición en estos espacios ruidosos a menos de 4 horas/día con la obligatoriedad de llevar protecciones adecuadas, combinada con tareas de vigilancia en el puente (ante la ausencia de una Cámara de Control), significarían una reducción significativa de su nivel de exposición y por lo tanto del riesgo.

- Por último, los niveles de exposición de los tripulantes del pesquero “Emma Bardán” adaptados por la ley de energía equivalente a una jornada de ocho (8) horas, permiten obtener valores de niveles de exposición a ocho horas de 64.0 dB(A), para el Capitán, 69.3 dB(A), para los marineros y de 80.8 dB(A), para el Jefe de Máquinas; por consiguiente en conformidad y cumplimiento con los Límites de la Directiva 2003/10/EC [6] y del Real Decreto 286/2006 [18]. La ligera desviación en 0.8 dB(A), para el nivel de exposición durante 8 horas del Jefe de Máquinas, ligeramente por encima de límite inferior de 80 dB(A), que derivaría en una acción, puede corregirse con las actuaciones que se han descrito en el párrafo precedente.
- Para el caso del “Ramón Margalef” los niveles de exposición durante 24 horas para los diferentes miembros de su tripulación, y para la condición menos conservadora (sin protecciones individuales para el Jefe de Máquinas) toman valores de 50.9 dB(A), para el Capitán, 65.7 dB(A), para los Marineros y de 72.9 dB(A), para el Jefe de Máquinas. Valores que se sitúan 22.1 dB(A), 18.6 dB(A) y 21.9 dB(A), por debajo de los valores medios de niveles de exposición correspondientes a las mismas ocupaciones de los cuatro arrastreros de la Figura 13.
- Análogamente, los niveles de exposición a 24 horas adoptadas por la ley de energía equivalente a 8 horas, conducen a niveles de exposición a 8 horas de 55.7 dB(A), para el Capitán, 70.5 dB(A), para los Marineros, y de 77.6 dB(A), para el Jefe de Máquinas; valores todos ellos, y para la condición menos conservadora: Sin protección individual para el Jefe de Máquinas durante sus tres horas de vigilancia en los espacios de máquinas, por debajo del límite inferior (80 dB(A)) establecido por la Directiva 2003/10/EC [6] y el Real Decreto 286/2006 [18].
- Y todo ello se ha logrado con la disposición de un espacio adecuadamente aislado de Control de Máquinas y el tratamiento acústico adecuado tanto en la Sala de Máquinas como en las fuentes principales mediante su aislamiento a ruido estructural y ruido aéreo.

Como resumen de todo lo expuesto para los dos buques analizados con dimensiones de 27 metros de eslora para el pesquero y 46.7 metros de eslora para el buque de investigación oceanográfica, y en ambos casos con arqueos brutos por debajo de las 1.600 GT´s, queda suficientemente demostrada la inconsistencia técnica de las “exenciones” tanto por “tamaño” como por “tipo de buques” que se han venido manteniendo por la Resolución IMO A.468(XII), a lo largo de estas tres últimas décadas de constante evolución y progreso de la Construcción Naval en el campo del Control del Ruido en los Buques, y que se pretenden perpetuar en el tiempo, con la entrada en vigor de la Resolución MSC.337(91) el próximo 1 de Julio de 2014.

Y una vez demostrada la “viabilidad técnica”, el autor quiere dejar constancia de su sorpresa ante el resultado que supone colocar en un plato de la balanza los costes individuales y sociales que, como se ha detallado a lo largo de este trabajo, pueden suponer las desprotecciones derivadas de estas “exenciones” y “limitaciones” para “todos” los hombres de la mar, sin excepciones geográficas y de ningún otro tipo; y en el otro plato de la misma balanza los “costes” que en caso de los buques analizados suponen del orden del 1% al 2% de sus respectivos precios, y que significa que los niveles de exposición al ruido al que están sometidas sus tripulaciones son, como mínimo, iguales a los de otros trabajadores en otros centros de trabajo y, por lo tanto, cumpliendo la legalidad actualmente vigente. La posible “inviabilidad económica”, como argumento para no hacer nada, queda sin consistencia.

7 CONCLUSIONES.

De todo lo expuesto, documentado y técnica y experimentalmente soportado, se destacan los siguientes puntos u observaciones:

- Las Resoluciones A. 468(XII) de 1981 y la MSC. 337(91), de entrada en vigor el próximo 2014, relativas al “Código de Niveles de Ruido a bordo de los Buques”, y dirigidas ambas a la “protección” de los “hombres de la mar” contra los efectos sobre su salud de los altos niveles de exposición al ruido,

han quedado obsoletas, la primera por tiempo y la segunda antes de nacer, desde los puntos de vista “técnico” y “regulatorio”.

- Desde el punto de vista “regulatorio”, ambas resoluciones quedan obsoletas, en primer término, por la aparición en el ámbito de la Comunidad Europea de la Directiva 2003/10/EC y de sus correspondientes transcripciones a los diferentes Estados Miembros, que en el caso de España se ha materializado en el Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, “sobre la protección de la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido”. Así mientras las resoluciones A. 468(XII) y MSC. 337(91), como consecuencia de las “exenciones” incorporadas, relativas a “tamaño” y “tipos de buques”, limitan su “alcance real de protección” a unos pocos “hombres de la mar” (los embarcados en los buques mercantes por encima de las 1.600 GT´s), la mencionada Directiva y sus correspondientes transcripciones, van dirigidas a proteger a “todo el personal a bordo de buques de navegación marítima”, sin distinción de tipo de buque, tamaño e incluso edad.
- En segundo término, porque como consecuencia de este desbordamiento regulatorio en el ámbito Europeo, su alcance geográfico de aplicación quedará reducido a países emergentes o en vías de desarrollo con regulaciones más laxas o inexistentes. Ello contraviene las directrices y objetivos universales básicos establecidos por Organismos Internacionales como la Organización Internacional de Trabajo (ILO), sobre la protección de “todos los trabajadores”, sin discriminación alguna.
- Desde el punto de vista “técnico” ambas Resoluciones quedan obsoletas ya que como se ha evidenciado en este trabajo, la Construcción Naval, en estos últimos 31 años, y en particular la Española, ha demostrado sobradamente su capacidad tecnológica para responder satisfactoriamente al reto que supone lograr y producir buques, de todo tipo, que garanticen unas condiciones ambientales sin riesgo para la salud de todos los hombres de la mar que trabajan en ellos. Los niveles de confort, relativos a control del ruido, logrados en los buques de crucero, yates y embarcaciones de recreo, en los buques especiales como los buques oceanográficos, así como en

buques mercantes donde los armadores sensibilizados y los requerimientos de bandera los han impuesto, son una prueba de esa capacidad de la Construcción Naval.

- No existen, por lo tanto, ni “inviabilidad técnica” ni, incluso “inviabilidad económica” que permitan justificar las “exenciones” de ambas Resoluciones y, en consecuencia, impedir que se logre el objetivo del control de ruido en todo tipo y tamaño de buques. Los costes de estas actuaciones, que como se ha visto pueden oscilar entre un 1% al 2% del precio del buque, son insignificantes comparados con los costes derivados de la “desprotección”. No debería olvidarse que los “ahorros de unos pocos y para hoy”, pueden derivarse, con el tiempo, en altos costes para los directamente afectados así como para los Estados y el resto de ciudadanos.
- Todas estas “debilidades”, convierten, a juicio del autor, a la nueva Resolución MSC. 337(91) ”Adopción del Código de Niveles de Ruido a bordo de los Buques”, en un simple “acuerdo de mínimos”, contradictoria con Directivas y “objetivos universales de protección de todos los trabajadores” frente al ruido como agente nocivo, “técnicamente obsoleta” con respecto al nivel actual de conocimientos de la Construcción Naval, y que ya se está viendo desbordado por la realidad. Las modernas especificaciones de los Armadores europeos con requerimientos tipo Confort o las estrategias de algunas Armadas, como la US Navy, con el programa “Buy Quiet”, así lo confirman.
- Por último el autor quiere recordar el “grito” lanzado en su día a la Comunidad Marítima y en particular a la Comisión Europea a través de su participación en el proyecto SILENV, acerca de cómo encajar en la Directiva 2003/10/EC, su aplicación a los “buques existentes”, con una edad media, en algún segmento de flota, que supera los 24 años. Dos fueron los puntos básicos qué, basados en las investigaciones realizadas, se propusieron: 1) Un programa de “Gestión del Ruido en los buques existentes” (Noise Management Program) que permita diagnosticar la situación actual y aplicar las soluciones viables para su mitigación, y/o 2) Abrir, de una vez por todas,

el temido debate da la “renovación” de una flota obsoleta de acuerdo con los recientes requerimientos medioambientales.

AGRADECIMIENTO.

El autor agradece a todos los hombres de la mar con los que se ha encontrado a lo largo de su vida profesional, algunos de ellos con pérdidas auditivas importantes, por su amistad, enseñanzas y experiencias. Sirva este trabajo como “grito solidario” que permita contribuir a eliminar definitivamente y, para todos los hombres de la mar sin limitación alguna, situaciones como las que algunos de ellos padecieron.

REFERENCIAS

[1]. Publio Beltrán. “Adaptación de las Directivas sobre Reducción de Emisiones Acústicas en la Pesca y Transporte Marítimo. Su impacto en la Economía”. Revista Industria 2012.

[2] IMO Resolution A.468 (XII): Code on Noise Levels on Board Ships. IMO 1981.

[3] ISO 6954:1984: Mechanical vibration and shock – Guidelines for the overall evaluation of vibration in merchant ships. ISO1984.

[4] ISO 6954:2000: Mechanical vibration – Guidelines for the measurement, reporting and evaluation of vibration with regard to habitability on passenger and merchant ship.

[5] Resolution MSC. 337(91). “Adoption of the Code on Noise Levels on board Ships”.

[6] Directive 2003/10/EC of the European Parliament and of the Council of 25 June 2002 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (noise). 2003.

[7] Directiva 2006/87/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 12 de diciembre de 2.006 por la que se establecen las prescripciones técnicas de las embarcaciones de la navegación interior y se deroga la Directiva 82/714/CEE del Consejo.

[8] Directive 2008/56/EC. «Establishing a framework for community action in the field of marine environmental policy (Marine Strategy Framework Directive). 17th of June 2008.

[9] BESST- “Breakthrough in European Ships and Shipbuilding Technologies” project founded by the EC within the 7º FP.

[10] SILENV- “Ships oriented Innovative soLutions to rEduce Noise & Vibration”, project founded by the EC within the 7º FP.

[11] AQUO- “Achievement QUiet Oceans” project founded by the EC within the 7º FP.

[12] CO80 “Code of practice on noise and vibration in ships”, de la MCA (Maritime and Coatguard Agency).

[13] de Hollander AEM, van Kempen EEMM, Houthuijs DJM, van Kamp I, Hoogenveen RT, Staatsen BAM (2004). Environmental noise: an approach for estimating health impacts at national and local level. Geneva, World Health Organization.

[14] Publio Beltrán, et al.2006. “Silent Fishing Vessels. A milestone for small and big Spanish shipyards. Lessons learnt”. Naval Engineering Magzine.

[15] Beltrán, P. 2007. The Fishing Research Vessel “Miguel Oliver”. Naval Engineering Magazine.

[16] Beltrán P. 2008. Oceanographic Ship “Miguel Oliver”: The excellence on Noise and Vibration on board fulfilling ICES-Nª209. First Prize 47th Congress of Naval Engineering and Maritime Industry

[17] Dorval P., Andro M, Nuisances sonores et pêches maritimes – exposé des résultats obtenus lors d’une campagne de mesures effectuée à la pêche industrielle. Xth World Congress on the prevention of occupational accidents and diseases. Canadian Center for occupational Health and Safety Editor, Hamilton, Ontario, Canada, 1984: 77-81.

[18] Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido.

[19] Radzievsky SA. Effects of ship noise on sailors during prolonged sea voyages. Gig Tr Profzabol 1983; 3: 48-50.

[20] Trécan F. Etude des atteintes auditives des marins français. A propos de 18000 marins. Université de Bretagne Occidentale 2006.

[21] Jégaden D. Bruit à bord des navires: son retentissement sur la fonction auditive des marins de commerce. Arch Mal Prof 1984; 5: 345-9.

[22] Parker AW, Hubinger LM, Green S, Sargent BA, Boyd R. A survey of the health, stress and fatigue of Australian Seaafarers 1998, AMSA, Australie.

[23] Kaerlev L, Jensen A, Nielsen PS, Olsen J, Hannerz H, Tüchsen F. Hospital contacts for noise-related hearing loss among Danish seafarers and fishermen – A population-based cohort study. Noise & Health 2008; 10: 41-5.

[24] Jégaden D, Marie Y. Exposition au bruit à bord des navires de pêche. Presented at 4th conference of SHMTA, Brest, 1990.

[25] Neitzel R, Berna B, Seixas N. Noise Exposures Aboard Catcher/Processor Fishing Vessels. Am J Ind Med 2006; 49: 624-33.

[26] Beltrán, P.& Tesorero, M.A. “Spanish Shipbuilding ready to meet the new and demanding Environmental Requirements: New Challenges and Business Opportunities”. Ingeniería Naval 887. Silver Price 49th Congress of Naval Engineering and Maritime Industry.

[27] Beltran P., Diaz J.I, Salinas R., “Achievement of the new underwater radiated noise requirments by the Spanish Shipbulding Industry. The FRV “Ramon Margalef””. Proceeding of the 11th European Conference on Underwater Acoustics. ECUA 2012.





COPINAVAL 2013

ISLA MARGARITA

VENEZUELA

LNG combustible marino

Luis GUERRERO GOMEZ
Director de Desarrollo
para América Latina

Move Forward with Confidence

BUREAU VERITAS



Principios básicos

Move Forward with Confidence

BUREAU VERITAS

EMISIONES CONTAMINANTES A LA ATMOSFERA.

Emisiones totales	Cantidad	
	En millones de ton	% de las emisiones globales
CO_2 (comercio internacional)	1,046 (870)	3.3 (2.7)
NOx	20	20 to 30
SOx	12	10
PM	1.5	

El transporte más eficiente en términos energéticos es el buque

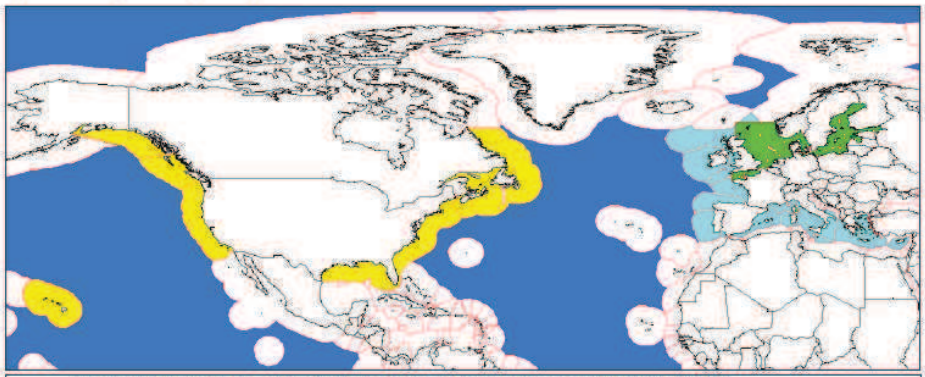


3

Reglas cada vez mas exigentes

IMO y otros reguladores son cada día mas exigentes

- Reducción progresiva de las emisiones de SOx, NOx, partículas, gases de efecto invernadero (incluido CO2).
- Tendencia clara a ampliar las zonas de control de emisiones (ECA) para SOx, NOx o partículas o todas ellas.
- Regulación local o regional que tiende a limitar las emisiones de SOx en puerto, por ejemplo en UE o EEUU



Existing ECAs: Baltic Sea (May 2006); North Sea & English Channel (Nov 2007), for SOx
Newly designated ECAs: US and Canadian coastal waters, for NOx, SOx and PM (adoption MEPC 59, Jul 2009)
EU ECAs (SOx only)
Future ECAs may include: Mediterranean Sea, Black Sea, port areas with heavy traffic, etc.

4

LNG: Solución para Zonas de control de emisiones - ECA



Baltic Sea (SOx)	26 Sept 1997	19 May 2005	19 May 2006
North Sea (SOx)	22 Jul 2005	22 Nov 2006	22 Nov 2007
North American (SOx, and NOx and PM)	26 Mar 2010	1 Aug 2011	1 Aug 2012
United States Caribbean Sea ECA (SOx, NOx and PM)	26 Jul 2011	1 Jan 2013	1 Jan 2014

5

LIMITES MARPOL PARA SO_x

Regulations	Sulphur Content				
	2010	2012	2014	2015	2020
IMO - Global	4.5%	3.5%			0.5% (*)
IMO - ECA	1.5%	1.0% or SOx < 4g/kWh (since 01.07.2010)		0.1% *or SOx < 0.4g/kWh*	
EU – Passenger ships (not failing ECA)	1.5%				0.5%
EU ports	0.1%				
California (< 24 nm)	1.5% (MGO) 0.5% (MDO)	1.0% (MGO) 0.5% (MDO)	0.1% (MGO) 0.1% (MDO)		





Residual fuels

Distillate fuels

(*) Subject to 2018 feasibility study

6

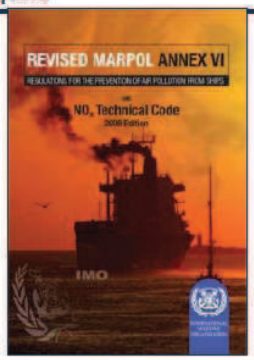
LIMITES MARPOL PARA NOx

- Aplicable a motores Diesel ≥ 130 Kw desde el 1 de Julio de 2010
- MEPC.65 aceptó retrasar 5 años el Tier III

Engine fitted on a ship constructed at date D *	Norma aplicable	
1/1/2000 ≤ D < 1/1/2011	Tier I	
1/1/2011 ≤ D < 1/1/2016	Tier II	
1/1/2016 ≤ D	Tier III in ECA	Tier II elsewhere
"existing engines" 1/1/1990 ≤ D < 1/1/2000 cylinders ≥ 90 l & output > 5,000 kW	Tier I	

Engine rpm	N < 130	130 ≤ N < 2000	N ≥ 2000
Tier I Current Reg. 13(3)(a)	17.0 g/kWh	$45\ N^{-0.20}$ g/kWh	9.8 g/kWh
Tier II ~ 80% Tier I	14.4 g/kWh	$44\ N^{-0.23}$ g/kWh	7.7 g/kWh
Tier III ~ 20% Tier I	3.4 g/kWh	$9\ N^{-0.20}$ g/kWh	2.0 g/kWh

* MARPOL: fecha de construcción = puesta de quilla



7

Regulacion MARPOL – Eficiencia energetica

- Índice de Diseño de Eficiencia Energética (EEDI)

Reference	MEPC.203(62) – New chapter 4 to MARPOL Annex VI – Reg.19,20,21
Entry into force	1 January 2013
Applicable to	all new ships ≥ 400gt (except for ships with diesel-electric propulsion, turbine propulsion or hybrid propulsion systems)

- Manual de Eficiencia Energética (SEEMP)

Reference	MEPC 203(62) – New chapter 4 to MARPOL Annex VI – Reg.22
Entry into force	01/01/2013 (new ships) – by the first IAPP intermediate or renewal survey, whichever is first, on or after 01/01/2013 for existing ships
Applicable to	all new & existing ships ≥ 400gt

- El objeto de esta regulación es la reducción significativa de las emisiones de gases de efecto invernadero como el CO2 por parte de los buques
- Los motores de 4 tiempos que consumen LNG tienen un 8-9% más de eficiencia energética

8

Medios para la reducción de emisiones

Comparativa LNG como combustible versus otras técnicas

Technique / Reduction of	NO_x	SO_x	PM	CO_2
Combinations of internal engine modifications	30-40%			
SCR	>90%			
Emulsified fuel	10-20%			
Humid Air Motors	25-50%			
Direct Water Injection	~50%			
Exhaust Gas Recycling	35-60%		20-60%	
Filters			~95%	
Scrubbing		85-100%	70-100%	up to 85%
1.5% Sulphur fuel		~40%	~18%	
0.5% Sulphur Fuel		~80%	~20%	
Natural Gas Fuel	**80 to 90%**	**100%**	**~100%**	**Up to 25%**

Cumplimiento limites IMO Tier III **Reducción EEDI**

9

Soluciones para reducir NOx y SOx

El problema de las emisiones de NOx es que son inversamente proporcionales con las emisiones de CO2 y el consumo de fuel, cuando hablamos de motores diesel

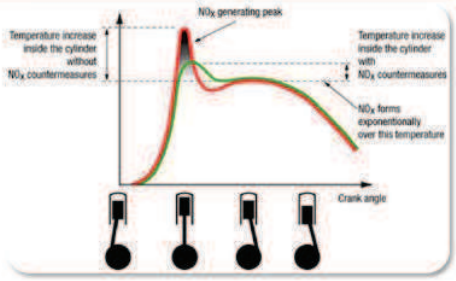
Las emisiones de NOx pueden reducirse:

- Reducción Catalítica Selectiva (SCR) (es el método más efectivo, y sería un motor TIER III, pero usa amoniaco)
- Agua en el fuel (emulsión) (FEW)
- Motor de aire húmedo (HAM)
- Recirculación de gases de exhaustación (EGR)
- Inyección directa de agua (DWI)

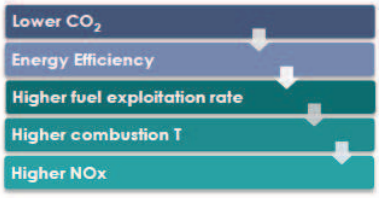
Es decir, actuando en el motor principalmente.

Las emisiones de SOx pueden reducirse:

- Uso de scrubbers
- Uso de combustibles de bajo nivel de azufre



NO_x formation as a function of combustion temperature



10

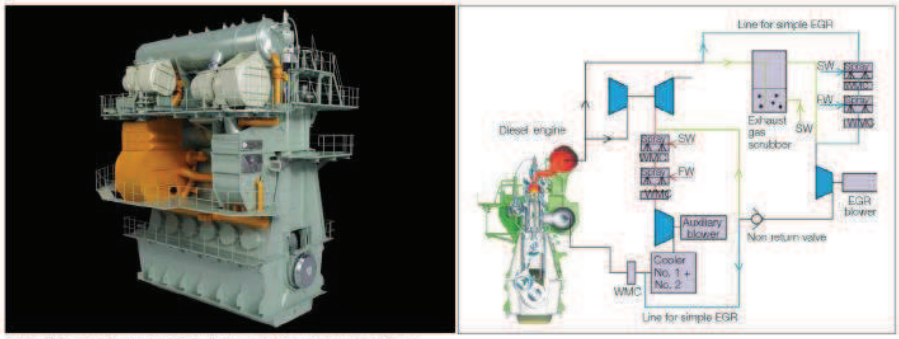
¿COMO CUMPLIR CON LA NORMATIVA NO_x?

EGR: EXHAUST GAS RECYCLING

Los sistemas tradicionales sólo cumplen TIER II

- Combinación de EGR y HAM
- Nueva geeración de sistemas

→ CUMPLIMIENTO CON TIER III



Graphic of the second-generation EGR system (orange) integrated with its host engine.

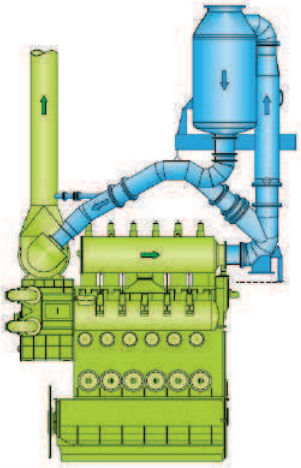
Fuerte: MAN

11

¿COMO CUMPLIR CON LA NORMATIVA NO_x? (II)

SCR : Selective Catalytic Reduction

- Inyección de UREA
- Necesita espacio adicional



Source: MAN

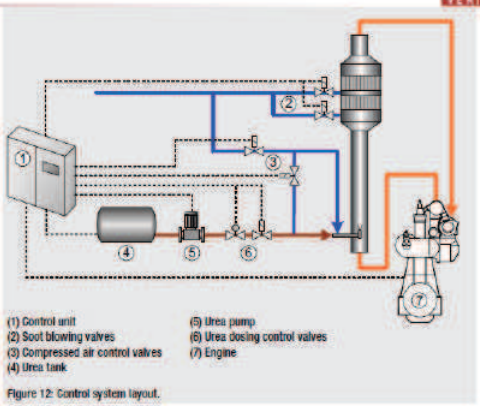


Figure 12: Control system layout.

Source: Wartsila

CUMPLIMIENTO TIER III

12

Gas natural. Una alternativa medioambiental viable

El uso de gas natural como combustible ofrece una solución eficiente para reducir la emisiones a la atmosfera:

- Emisiones NOx reducidas en más del 80% (motores gas tipo "lean-burn")
- Se eliminan las emisiones de SOx (LNG no contiene azufre)
- Se eliminan prácticamente las emisiones de partículas
- La reducción de las emisiones de CO2 puede llegar al 25% dependiendo de la tecnología (no hay methane slip en motores de 2 tiempos)



13

Sin olvidar el aspecto economico

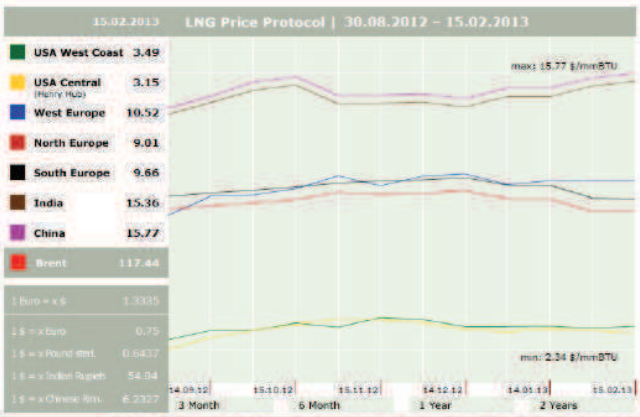
Precios Fuel

HFO ~ 17.4 to 18.2 $ / 10^6 Btu

MDO ~ 26.8 $ / 10^6 Btu

Port		IFO380	IFO180	MGO	MDO
Fujairah	HSFO	658.50 ▲ +9.50	675.00 ▼ -4.50	1,010.00 ▼ -2.00	-
Houston	HSFO	639.00 ▼ -12.50	702.50 ▼ -13.50	1,062.50 ▼ -8.50	-
	Low Sulphur	734.50 ▼ -13.50	766.00 ▼ -23.00	1,072.00 ▼ -7.00	
Rotterdam	HSFO	634.50 ▼ -1.00	657.50 ▼ -0.50	988.50 ▼ -3.00	-
	Low Sulphur	676.50 ▼ -5.00	700.00 ▼ -5.00	988.50 ▼ -3.00	
Singapore	HSFO	647.00 ▼ -8.00	654.50 ▼ -8.50	981.00 ▼ -12.00	971.00 ▼ -13.00
		Pending	Pending	1,020.00 ▼ -25.00	

Fuente www.bunkerworld.com



Precios Gas Natural

- ⇨ **USA**: ~ 3.0 to 3.5 $ / 10^6 Btu
- ⇨ **Europe**: ~ 9.0 to 10.5 $ / 10^6 Btu
- ⇨ **Asia**: ~ 15.5 $ / 10^6 Btu

Cortesía Marine Service GmbH Hamburg

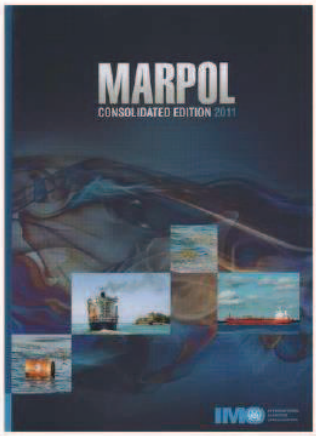
EN 2015 LOS COSTES DE LSGO AUMENTARAN 50%

14

COMPARACION DEL LNG CON OTROS COMBUSTIBLES

- Ventajas
  - Mejor eficiencia energética
  - No genera residuos, como los scrubbers
  - Reduce la contaminación atmosférica
  - Precio más estable que el DO
- Desventajas
  - Mayor espacio de almacenamiento (1 litro LNG equivale a 0,6 de GO). Doble que FO y triple que dual
  - Falta de red logística en puertos
  - Necesidad de formación de las tripulaciones
  - Coste de inversión de remotorización o mayor coste de nueva construcción
  - Normativa internacional en desarrollo





15

Experiencia de BV

Experiencia selecionada: LNG

- Desde el 2001 en colaboración con GDFSuez , Wartsila y Chantiers de l'Atlantique (STX Europe). *GdFSuez Global Energy*, *Provalys* and *Gazelys* (Primer buque metanero con propulsión diesel eléctrica dual fuel entregado en 2004)
- Metanero *Castillo de Santisteban* de 173.000m3 construido por STX Korea con grupos generadores MAN 51/60 Dual Fuel entregado en 2010 a Empresa Naviera Elcano S.A.
- En 2012 *Coral Energy* entregado en Meyer Werft a Anthony Veder
- Desde el 2004 BV ha clasificado un total de 26 buques para transporte de metano equipados con motores dual fuel y propulsión diesel eléctrica



Experiencia selecionada: LPG







- En 2007 *Isabella Kosan* primer buque LPG/LEG de una serie de 10 construido en Korea para Lauritzen Kosan
- El primer buque gasero multipropósito (destinado al transporte de LPG/LNG/LEG) *Coral Methane* entregado a Anthony Veder en 2009 por parte de Remontowa en Polonia
- Dos LPG/LNG/LEG de 4.700 m3 actualmente en construcción en Avic Dingheng China

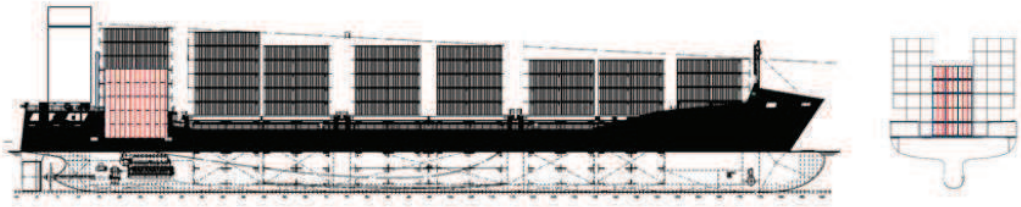
18

Experiencia selecionada: Proyectos portacontenedores

- Portacontenedores de 14.000 teu Daewoo para CMA-CGM



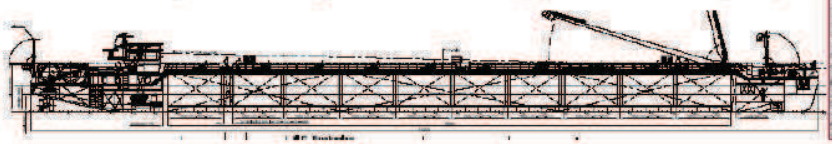
- Feeder 1,000 teu para el Báltico



19

Petroleros, quimiqueros, bunker

- Petrolero para navegación fluvial (aprox. 2.500 tpm)

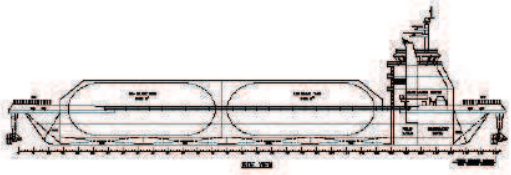




- Conversión de un quimiquero de 18,000 dwt "Fure West"



- Buques para bunker (combustible a otros buques)





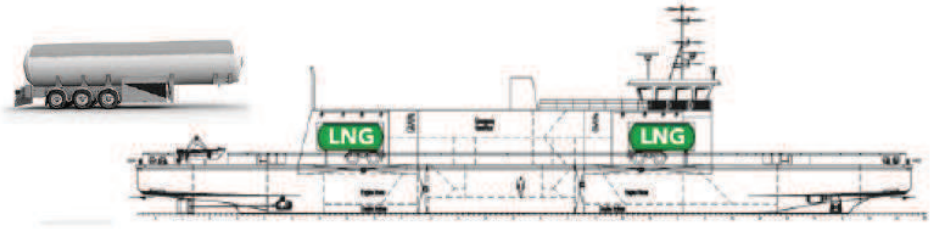
20

Experiencia selecionada: Proyectos

- Barcaza de suministro eléctrico a buques
  - Contenedores ISO para LNG



- Ro-pax para navegación costera
  - Almacenamiento del LNG en dos trailers en cubierta expuesta



21

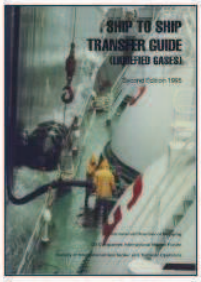
Experiencia selecionada: Proyectos

- Ferries y roll-on-roll off para operación habitual con motores DF, o sólo en puerto
- Buques petroleros de productos y tipo Aframax
- Pesqueros, remolcadores, etc
- Apoyo técnico a autoridades portuarias para valoración de riesgos durante las operaciones de bunker de LNG







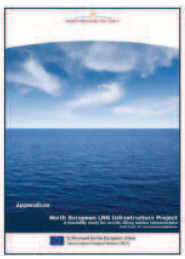


- Aprobación de sistemas de trasiego de LNG buque a buque
- Activamente involucrados en diversos grupos de trabajo IACS relacionados con trasiego/suministro de LNG a buques (ISO, SIGTTO, AFG, …)

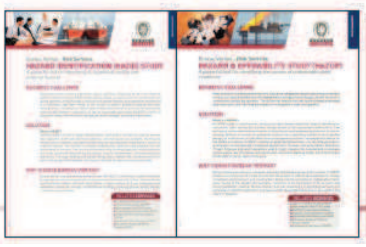
22

Estudios asociados desarrollados por BV

- Aprobaciones durante el desarrollo de nuevos motores que quemen gas, y para los sistemas de preparación del combustible.
- Aprobación de nuevos sistemas de almacenaje específicos para transporte de gas natural.
- Estudios en conexión con el desarrollo de infraestructuras de GNL y estaciones de repostaje de GNL (proyecto LESAS, Proyecto EU Funded DMA LNG Infrastructure Project & Reimar Project) así como en diversos grupos de trabajo (Balearia-Cotenaval, Gas Natural, Acciona, Ros Roca…)
- Estudios de Análisis de riesgos (HAZID/HAZOP).
- Gestión del equipo de IACS para tratar la seguridad de los motores alimentados por gas a baja presión, duplicación de los tanques de almacenamiento y líneas de suministro de gas, seguridad para evitar explosiones en el cárter de los motores…



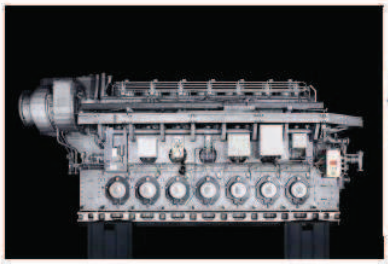
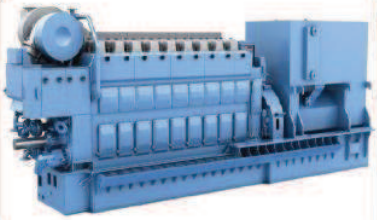






Experiencia selecionada: motores

- Aprobaciones tipo :
  - Wartsila dual fuel engines (e.g. 34DF, 32DF, 20DF & 50DF)
  - MAN dual fuel engines (51/60 DF) y MAN 2 tiempos (en proceso)
  - Rolls-Royce Bergen gas engines (KVGB-12G4)
  - Anglo Belgian Corporation (ABC) dual fuel engines (e.g. DZD / (V)DZD) (en proceso
  - Desarrollo con Wartsila y MAN de motores de dos tiempos (más eficiente y con menor slip)

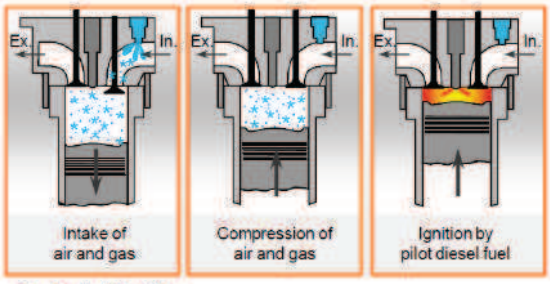




24

Motores 4 tiempos dual fuel

Funcionamiento con gas

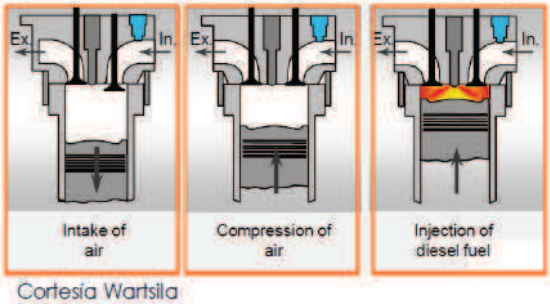
- Ciclo OTTO en el que se produce la ignición de la mezcla de gas y aire comprimido en el cilindro por medio de la inyección de una pequeña cantidad de diesel



Cortesía Wartsila

Funcionamiento con gasoil

- Ciclo DIESEL en el que una vez que se ha comprimido el aire en el cilindro se produce la inyección del gas oil produciendo la ignición



Cortesía Wartsila

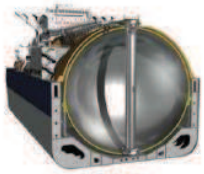
25

Sistemas de almacenaje

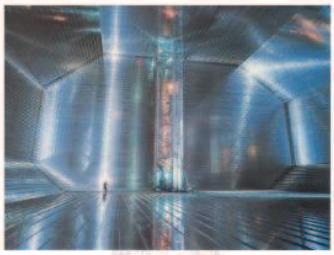
- Aprobación de todo tipo de sistemas de contención:
  - GTT NO96, MARK III, MARK III-Flex, CS1
  - KOGAS KC-1
  - Samsung SCA
  - IHI SPB
  - MOSS
  - DSME ACT-IB
  - Nordic Yards ADBT
  - STX tipo B
  - Tanques tipo C (cilindricos, bilobulares o tri-lobulares)
  - Tanques tipo"C" en container, etc



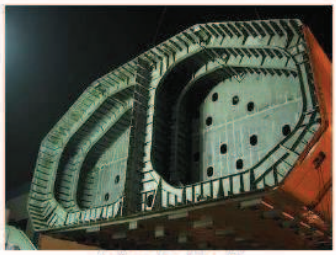
Type C



MOSS



Membrane tank



Independent type B

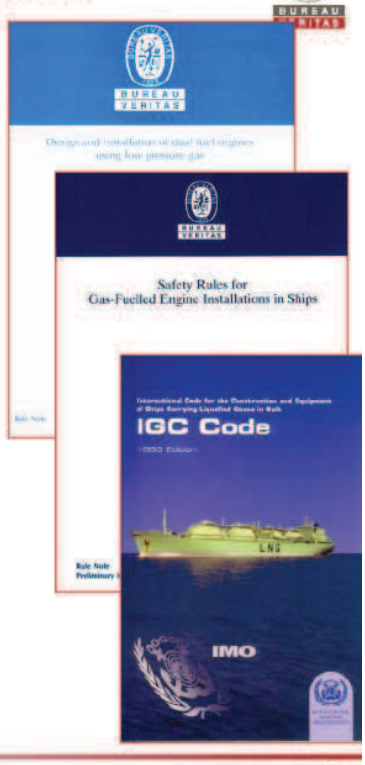


Containerized Type C

26

LNG como combustible: normativa disponible

- Históricamente los códigos de gaseros IMO fueron los primeros en regular el uso del gas natural evaporado como combustible a bordo de los metaneros
- En respuesta a la demanda de la industria, BV ha publicado reglas de clasificación para motores y buques que usan gas como combustible:
  - NR481 in 2002: Design and installation of dual fuel engines using low pressure gas,
  - NR529 in 2007: Safety rules for gas-fuelled engine installation on ships.
- Actualmente IMO esta en la fase final de la elaboración del International Code for Gas Fuelled Ships (IGF code) con objeto de adoptar el código posiblemente en 2015.



27

LNG como combustible: normativa disponible (II)

- El Código IGF tiene como primera prioridad el gas natural pero no se limitará a este gas sino que incluirá opciones como
  - Otros gases (LPG)
  - Fueles de bajo punto de inflamación (FP < 60°C):
    - Metanol – etanol – hidrógeno – combustibles sintéticos
  - Almacenamiento: líquido o comprimido
  - Todo tipo de convertidores de energía:
    - Motores de combustión interna, turbinas de gas, calderas, células de combustible, etc, tanto en alta como en baja presión

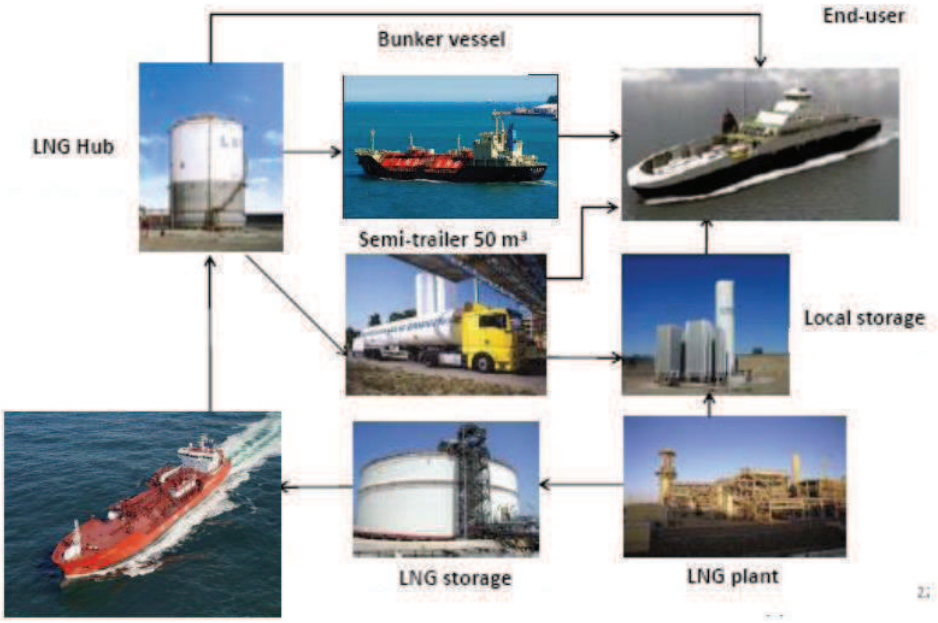


INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION

28

Evolución en Europa

Cadena logistica LNG



30

Pasado y presente



- Inicialmente suministrando LNG desde camiones cisterna (40/80 m3)
- Primeras operaciones de bunker de LNG similares en Amberes y Algeciras en 2012
- Buques tipo OSV, ferries costeros, pesqueros (buques dedicados a “short sea shipping”)



31

Presente y futuro



- Bunker buque a buque usando barcos especializados
- Buques operados principalmente en ECA en una primera fase

32

Programas europeos de promocion

- Fondos EU para la financiación de nuevas infraestructuras
  - Programas de trabajo para el desarrollo de los llamados Motorways of the Sea (MoS) en el marco de Trans-European Transport Network (TEN-T). Hasta el momento:
    - LNG infrastructure of filling stations and deployment in ships 2010 – 9.6 millones Euro – Dinamarca y Bélgica (http://www.dma.dk/themes/LNGinfrastructureproject/Sider/OverallLNGproject.aspx)
    - LNG in Baltic Sea Ports. 2011 – 2.4 millones Euro – Dinamarca, Estonia, Finlandia, Lituania y Suecia
    - COSTA. 2011 – 1.5 millones Euro – Grecia, España, Italia y Portugal
    - LNG Masterplan for Danube-Main-Rhine. 2013
  - Apoyo financiero del banco Europeo de inversiones (EIB)
  - Marco de ayudas regionales de la UE para el periodo 2007-2013
- NOx fond en Noruega

European Commission

NÆRINGSLIVETS NOx-fond

33

Instalaciones LNG a pequena escala

- Terminales LNG a pequeña escala en Europa y otras en desarrollo que completaran la cadena
  - Norway, Risavika Start-up 2011 Storage Capacity 30,000 m3
  - Norway, Karmoy
  - Norway, Kollsnes
  - Norway, Tjeldbergodden
  - Sweden, Brunnsviksholmen (Nynäshamn) Start-up 2011 Storage Capacity 30,000 m3
  - Norway, Øra LNG, Fredrikstad Start-up 2011 Storage Capacity 6,250 m3
- En desarrollo:
  - Lysekil y Göteborg
  - Rotterdam, Zeebrugge, Antwerp, Dunkirk, Hamburg, Copenhagen, etc



34

Expectación en Europa

- 139 estaciones bunker de LNG en puertos representando una inversión aproximada de 2.000 millones de Euro (inland/sea – 2020/2025)
- Nuevas terminales LNG e instalaciones para bunkering
  - Gasunie en Rotterdam Gate Terminal esta adaptando uno de sus jetties a buques LNG de pequeño tamaño y prevé construir instalaciones exclusivas
  - Zeebrugge. Fluxys tiene previsto el segundo jetty para buques LNG pequeños listo en 2015
  - Lysekil. Nueva planta de licuefacción de 30.000 m3 a partir de 2014.
  - Otros puertos importantes ya tienen planes para el desarrollo de instalaciones de suministro de LNG: Amberes, Dunquerque o Hamburgo
  - Nuevos buques para suministro de LNG a otros buques asociados a las nuevas instalaciones
- Actores principales empresas suministradoras de gas, armadores y autoridades portuarias
- Las soluciones técnicas existen desde hace años.







35

ESPAÑA: GASNAM PARA FERRIES Y OTROS BUQUES

GRUPO DE TRABAJO

- Buques pequeños (pesqueros, remolcadores, etc)
- High Speed Crafts
- Buques convencionales
- Normativa bunkering

36

CONCLUSIONES

- Existe una larga experiencia en el uso de GNL como combustible marino, con un registro de seguridad para la vida humana excelente
- Desde el punto de vista medioambiental reduce las emisiones a la atmósfera y el consumo de combustible
- Desde el punto de vista operacional, en zonas ECA es una de las dos soluciones, y la única que no genera residuos adicionales
- La flota existente necesitaría remotorizaciones. En buques de pasaje y buques de servicio en puerto se estima el retorno de la inversión entre uno y cuatro años
- Las tripulaciones requieren formación específica, ya disponible

37

METANOL Y ETER DIMETILICO

Move Forward with Confidence

BUREAU VERITAS

EL METANOL COMO COMBUSTIBLE MARINO

- El metanol, al igual que el gas natural, es un combustible recomendable por aspectos medioambientales. Favorece el cumplimiento con los niveles NO_x, y SO_x (no hay azufre en el LNG) y no genera partículas. Reduce las emisiones de CO_2.
- No necesita ser comprimido o licuado para su almacenamiento, trasiego o uso con lo cual el bunkering es más convencional.
- Se puede almacenar en tanques estructurales fuera de la cámara de máquinas

PERO

- Para obtener metanol se puede usar el gas natural, carbón, biomasa o CO_2
  - ¿GHG en el proceso de fabricación?
  - ¿ Es competitivo en precio con el LNG?
  - ¿ Hay disponibilidad mundial o es sólo una posibilidad en mercados ?.



- Aspectos críticos
  - El metanol es muy volátil (inflamable a 12ºC) y el fuego no es visible
  - El número cetano, viscosidad y lubricación son muy bajos en comparación con otros combus fósiles
  - Es tóxico por inhalación, en contacto con la piel o los ojos o por ingestión, además de corrosivo

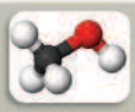


39

COMPARACION DE COMBUSTIBLES

	Metano	Metanol	HFO	MDO
Densidad (kg/m3)	450 (LNG)	792	920 - 1060	900
LHV (MJ/kg)	47.1	20.1	39 - 41	44
LHV (GJ/m3)	21.2 (LNG)	15.9	39-40	

Metanol (CH_3OH):



- Metanol (alcohol metílico) es líquido a temperatura y presión ambiental
- El contenido energético es menor que el LNG y que el MDO por lo que requiere doble capacidad de tanques
- El metanol es un líquido inflamable (concentraciones entre 6% y 36.5% en aire) y muy volátil
- Inconvenientes: baja viscosidad y lubricación, tóxico, inflamable y corrosivo
- Cumplimiento con IBC e IGF
- Depende de la disponibilidad de biomasa (madera, etc)

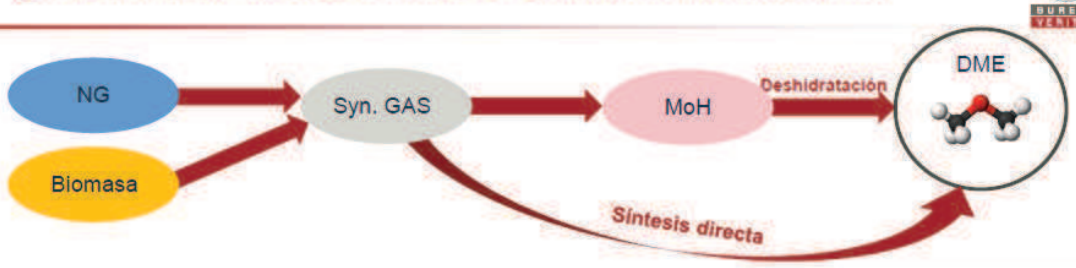
Metano (CH_4):



- Necesita almacenamiento criogénico a bordo (LNG) o (CNG) (a temperatura y presión ambiente)
- El LNG ocupa más que el HFO
- El gas natural es inflamable (entre 5% y 15% en aire) pero no tóxico
- Inconvenientes: metano slip y temperaturas criogénicas
- Cumplimiento con IGC e IGF

40

¿ ES EL ETER DIMETILICO UNA ALTERNATIVA?



- Líquido a 5-6 bar a temperatura ambiente.
- Almacenamiento a largo plazo (bajo boil-off).
- Ciclo Diesel. Buena eficiencia.
- Baja toxicidad
- Biodegradable.

COMPARICION

Poder calorífico GJ/m³

	LHV	HHV
LNG	21.2	23.5
Metanol	15.9	18.1
DME	19.1	20.9

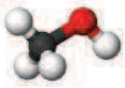
PERO

- Experiencia mínima en buques.
- Necesidad de desarrollo tecnológico en motores e infraestructura

41

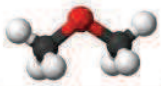
METANOL Y DME combustibles marinos

- 2006. "Validación de un sistema de generación auxiliar basado en metanol para buques comerciales " (METHAPU).
  - Wärtsilä WFC20 (20kW) célula de combustible
  - Tanque en cubierta





- 2012. Proyecto piloto "Spireth"
  - Grupos generadores Volvo en el buque "Stena Scanrail". On Board Alcohol To Ether technology (OBATE)
  - "Stena Germanica" con motores de propulsión Wärtsilä consumiendo metanol





42

NORMATIVA PARA METANOL Y OTROS COMBUSTIBLES

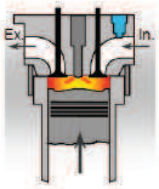
- EL Código IGF está en desarrollo
  - Las conversaciones sobre metanol pueden encontrarse en los documentos BLG 17/8/1 y BLG 17/8/3.
- SOLAS II-2. Part B. Regla 4.
  - El uso de LFL a bordo no permitido.
  - Sin embargo, las autoridades de bandera pueden aceptarlo en determinados casos .



43

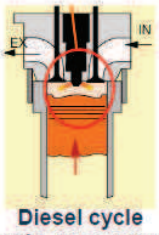
MOTORES METANOL-DME

- Metanol en ciclo Otto.
  - Similar al gas natural dual fuel para cuatro tiempos.
  - Premezcla de metanol y aire comprimido, con inicio de la ignición por un quemador piloto.
  - El ciclo Otto es menos eficiente que el Diesel.
  - Riesgo de formaldehidos (corrosivos) en el gas de exhaustación.
  - Uso limitado de metanol a granel (por el contenido en agua)
  - Cumplimiento con Tier III.



Ciclo Otto
Ignición por quemador piloto

- Metanol en ciclo Diesel.
  - Inyección de metanol a alta presión, con menor necesidad de quemador piloto
  - Mejor eficiencia.
  - Más fiable en utilización de metanol a granel.
  - No cumple el NO_x por lo que requiere técnicas EGR (exhaust gas recycling) o SCR (selective catalytic reduction).
  - Motores de 2 ó de 4 tiempos



Diesel cycle
Inyección de combustible a alta presión

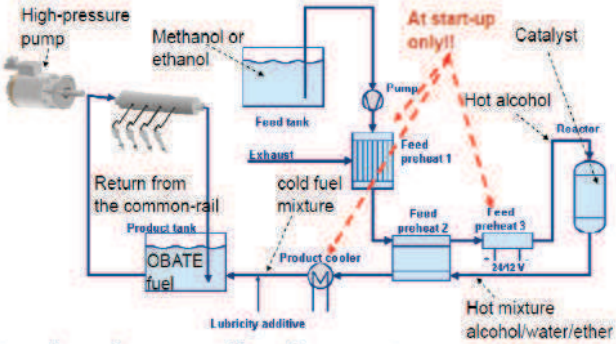
- DME en un ciclo Diesel.
  - Gas de fácil licuefacción (similar al LPG). Baja presión (6 bar).
  - Más eficiente y energético que el metanol.
  - Necesita técnicas EGR o SCR para cumplir con NOx, pero el DME puede reducri el NOX como catalizador
  - Motores de 2 ó de 4 tiempos

44

TECNOLOGIA OBATE

- OBATE (On Board Alcohol to Ether).
  - El metanol líquido es almacenado en tanques y mediante un proceso se obtiene a bordo una mezcla de DME, Metanol y agua.
  - Funciona en ciclo Diesel, lo que mejora la eficiencia.
  - El combustible es gaseoso por el contenido en DME. No necesita quemador piloto.
  - El servicio de combustible está presurizado
  - El motor no necesita grandes adaptaciones.
  - STENA espera que cumpla Tier III

Man B&W OBATE
solución para 2 tiempos

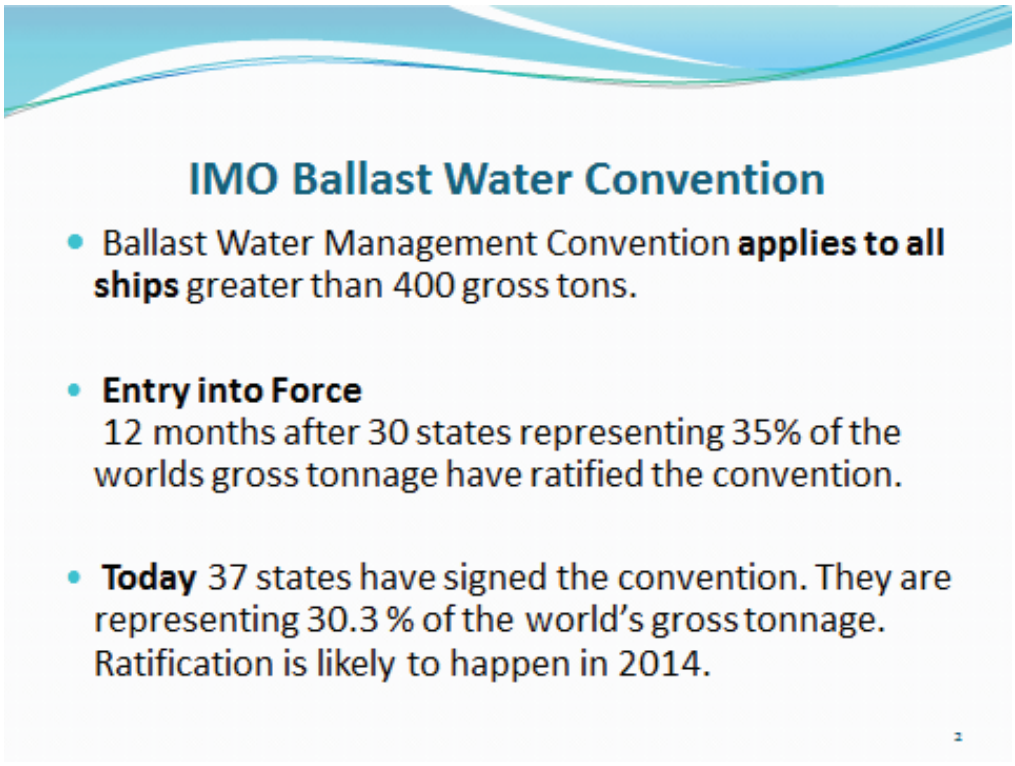


- Metanol, DME y mezcla de metanol se han considerado para transporte terrestre y centrales de generación eléctrica pero sólo a nivel de investigación en buques

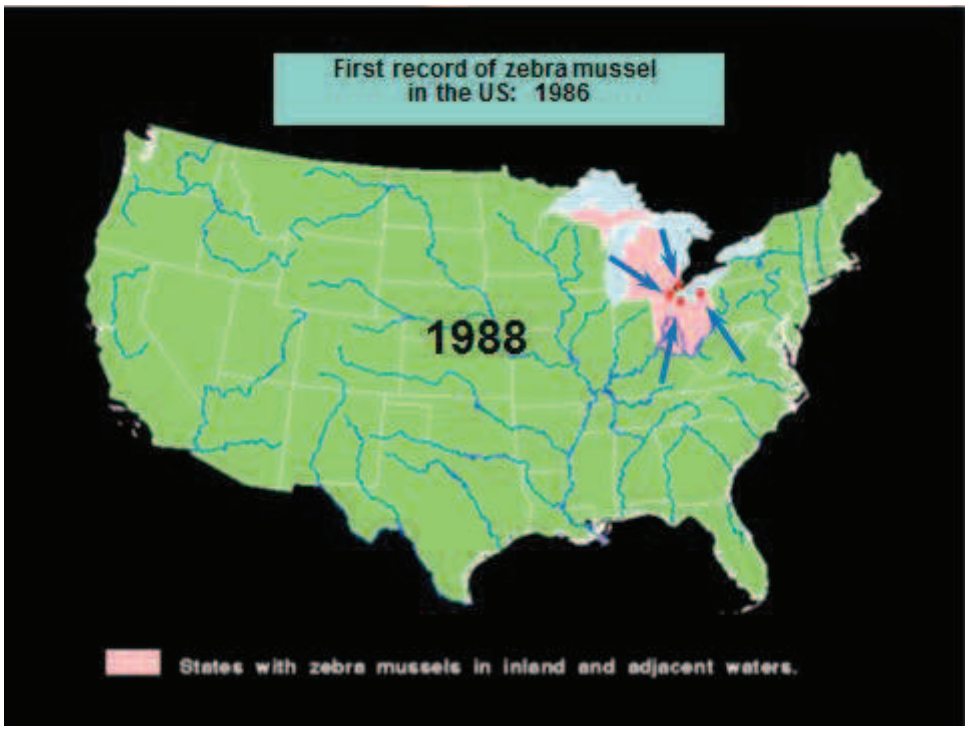
45

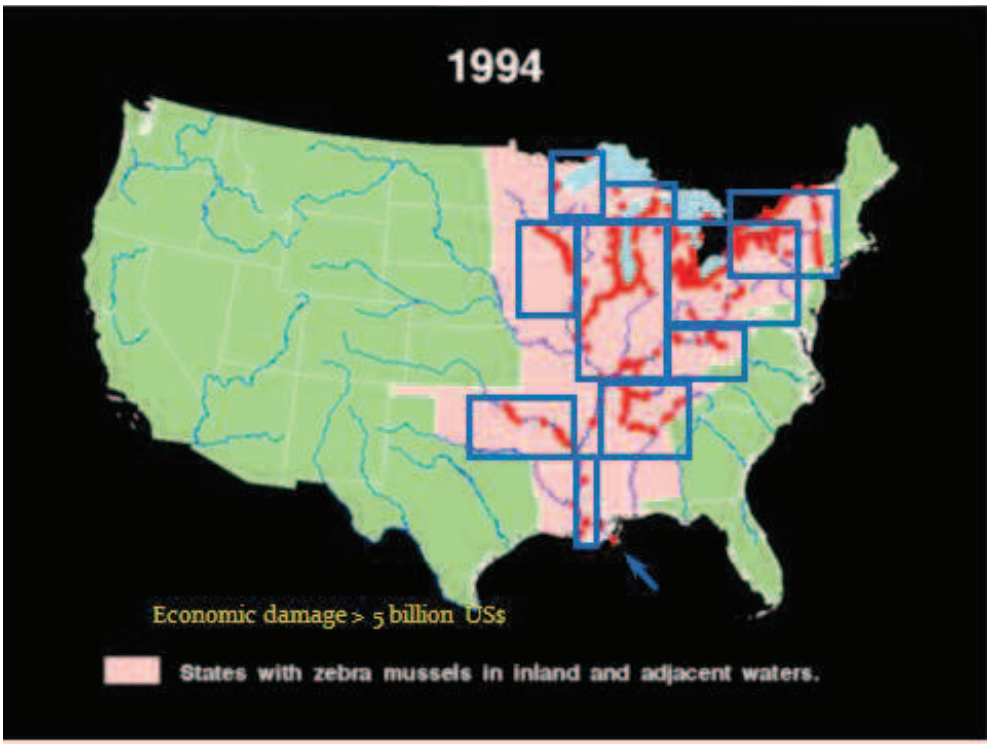

MUCHAS GRACIAS POR SU ATENCION
BUREAU
VERITAS
Move Forward with Confidence

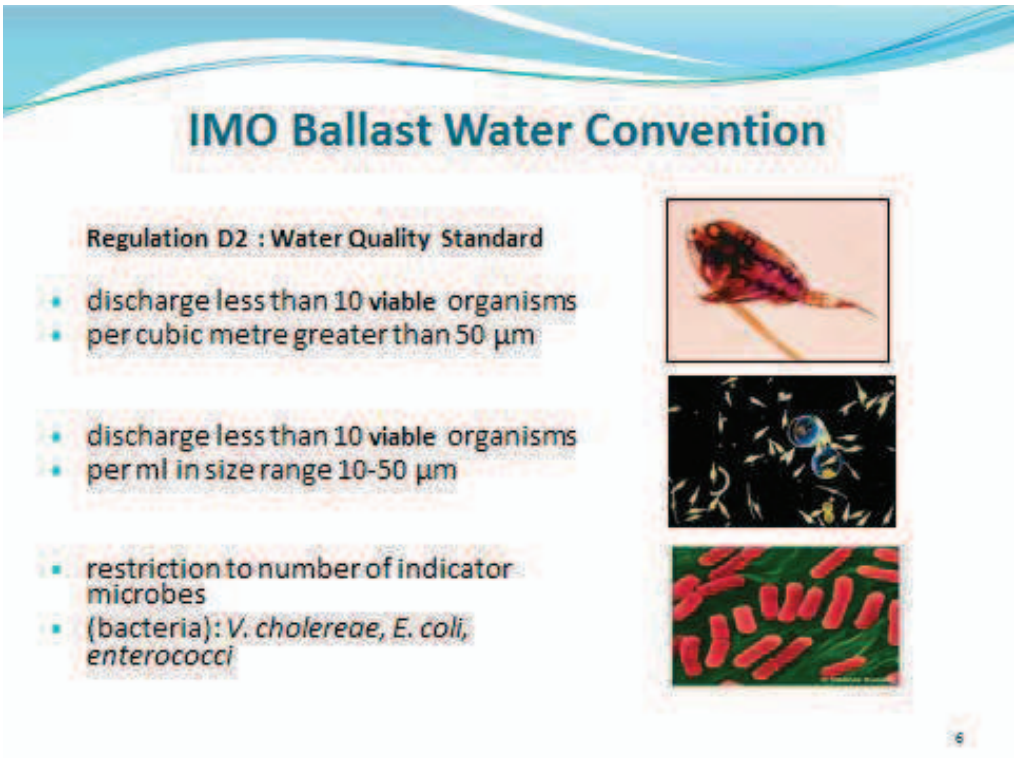

New trends and forward looking visions
in the protection
of marine environments systems technologies
Presented by Justin Salisbury
Managing Director
Cathelco Ltd – United Kingdom


IMO Ballast Water Convention
Ballast Water Management Convention applies to all ships greater than 400 gross tons.
Entry into Force
12 months after 30 states representing 35% of the worlds gross tonnage have ratified the convention.
Today 37 states have signed the convention. They are representing 30.3 % of the world's gross tonnage. Ratification is likely to happen in 2014.


Invasive species – a global problem
It is estimated that approximately 10 billion tons of ballast water are transferred globally each year.
3

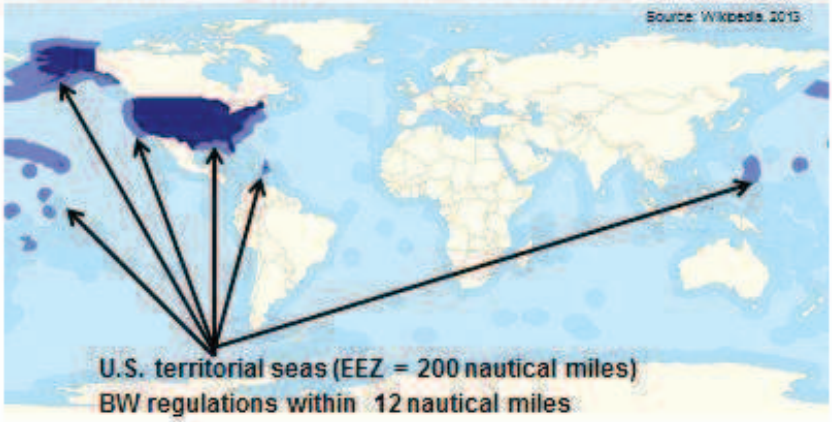

First record of zebra mussel in the US: 1986
1988
States with zebra mussels in inland and adjacent waters.


1994
Economic damage > 5 billion US$
States with zebra mussels in inland and adjacent waters.


IMO Ballast Water Convention
Regulation D2 : Water Quality Standard
discharge less than 10 viable organisms
per cubic metre greater than 50 µm
discharge less than 10 viable organisms
per ml in size range 10-50 µm
restriction to number of indicator microbes
(bacteria): V. cholereae, E. coli, enterococci

USCG Regulations for BW Treatment

The new US BW regulation addresses the invasive species issue as a whole! Combination of the IMO BW Convention and the Resolution MEPC.207(62).



7

USCG Regulations for BW Treatment

I. General Requirements

Avoid uptake or discharge in sensitive areas, and in areas with infestations

Clean BW tanks, rinse anchors & chains, etc.

II. Reporting

Vessel has to carry an individual BW Management Plan

Ballast Water Reporting Form must be submitted to NBIC for vessel that have ballast water tanks and operate in U.S. waters.

III. Training and safety procedures

Must be documented.

8

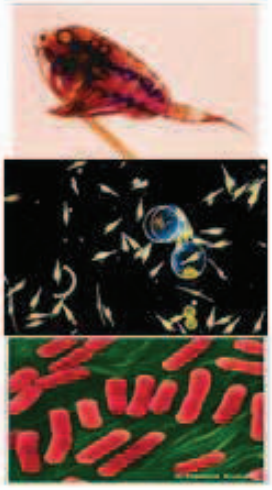
USCG Regulations for BW Treatment

Water Quality Discharge Standard

- discharge less than 10 **living** organisms
- per cubic metre greater than 50 µm

- discharge less than 10 **living** organisms
- per ml in size range 10-50 µm

- restriction to number of indicator microbes
- (bacteria): *V. cholereae, E. coli, enterococci*



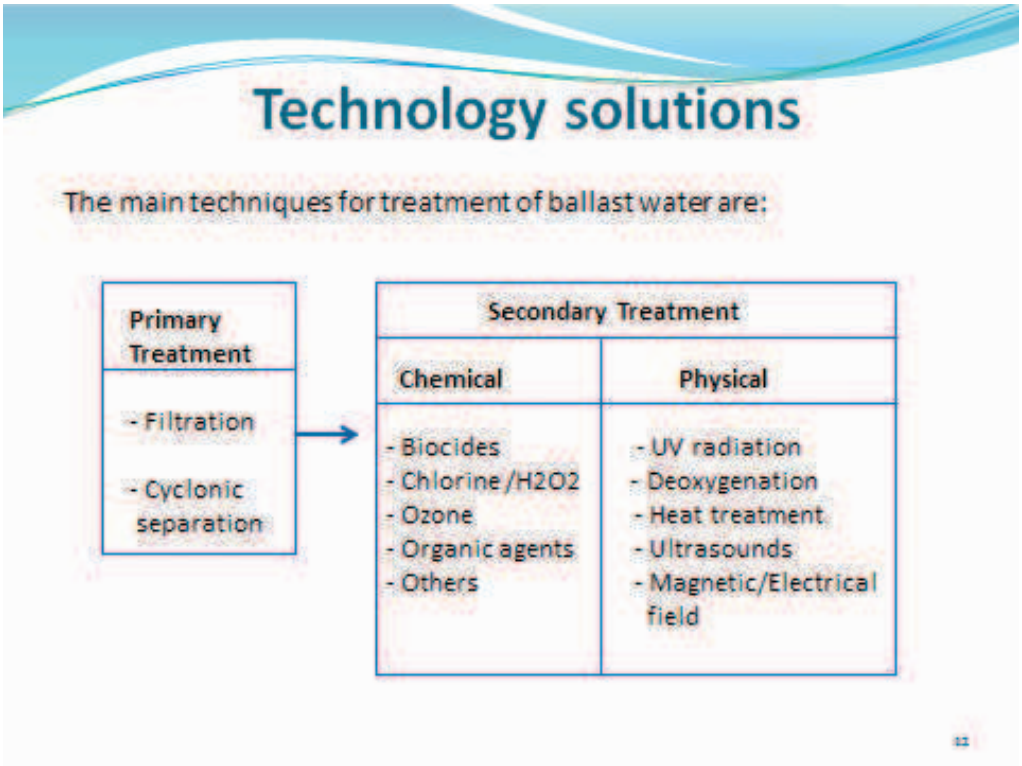
9

Alternate Management Systems (AMS)

- Bridging strategy to address fact that foreign type-approved systems are being installed prior to FR compliance dates
- BWTS must have been approved by foreign administration in accordance with IMO BW Convention
- An applicant for an AMS must also submit a U.S. Coast Guard Type Approval
- 5-year grandfather period after vessel compliance date

10


Ballast Water
Treatment Technologies


Technology solutions
The main techniques for treatment of ballast water are:
Primary Treatment
- Filtration
- Cyclonic separation
Secondary Treatment
Chemical
- Biocides
- Chlorine /H2O2
- Ozone
- Organic agents
- Others
Physical
- UV radiation
- Deoxygenation
- Heat treatment
- Ultrasounds
- Magnetic/Electrical field

Primary Treatment

13

Filtration



Typical disc system



Typical screen system

14

Separation - Hydrocyclone

- Some systems employ hydrocyclone technology as the method of removing larger solids
- Separation by specific weight NOT by size.



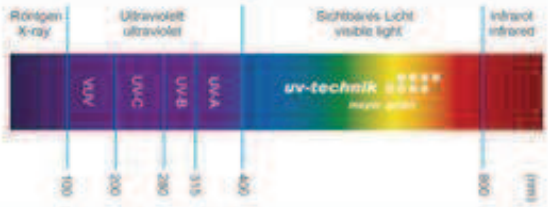
15

Secondary Treatment

16

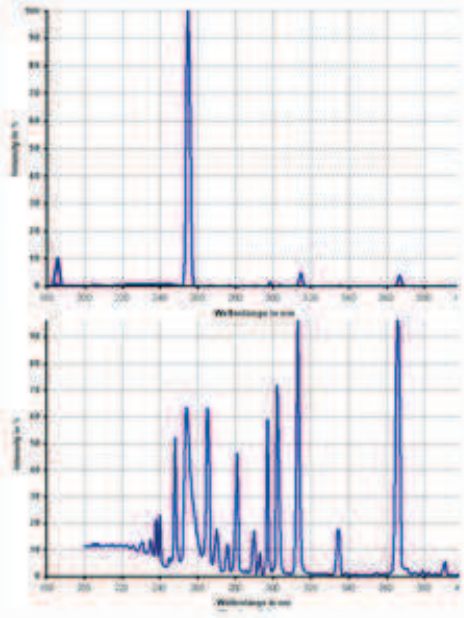
UV Technology

- At certain wavelengths UV light destroys the cell walls and induces changes in the DNA.
- At wavelengths <200nm, UV can cause production of ozone to take place.



17

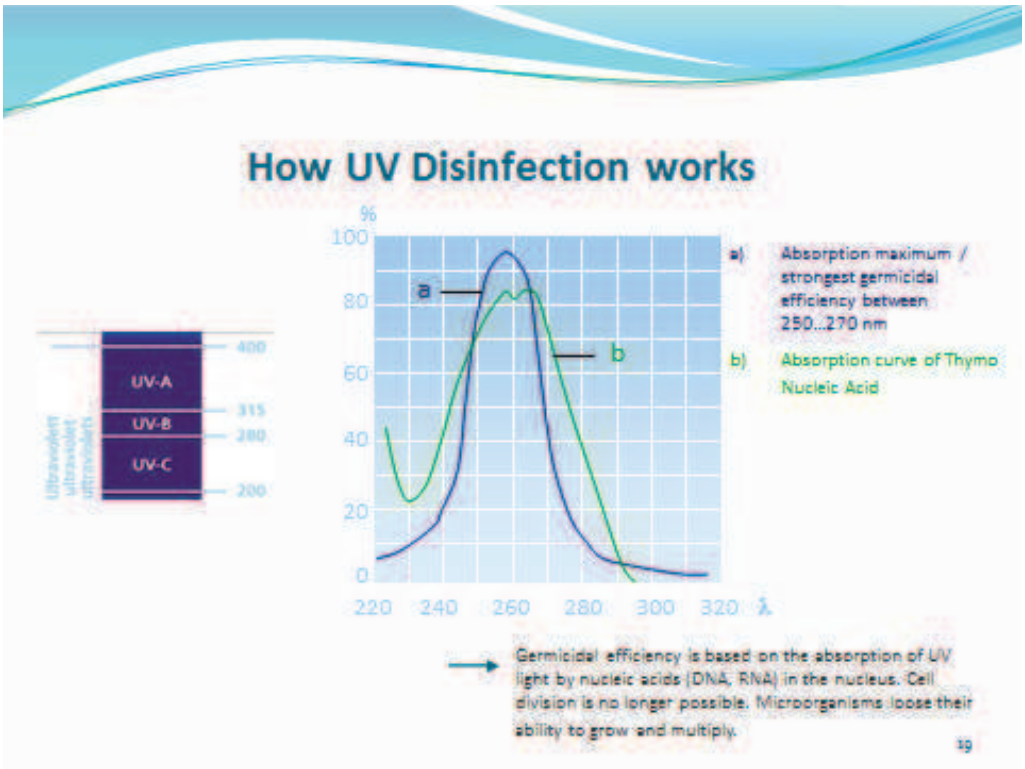
Types of UV lamps

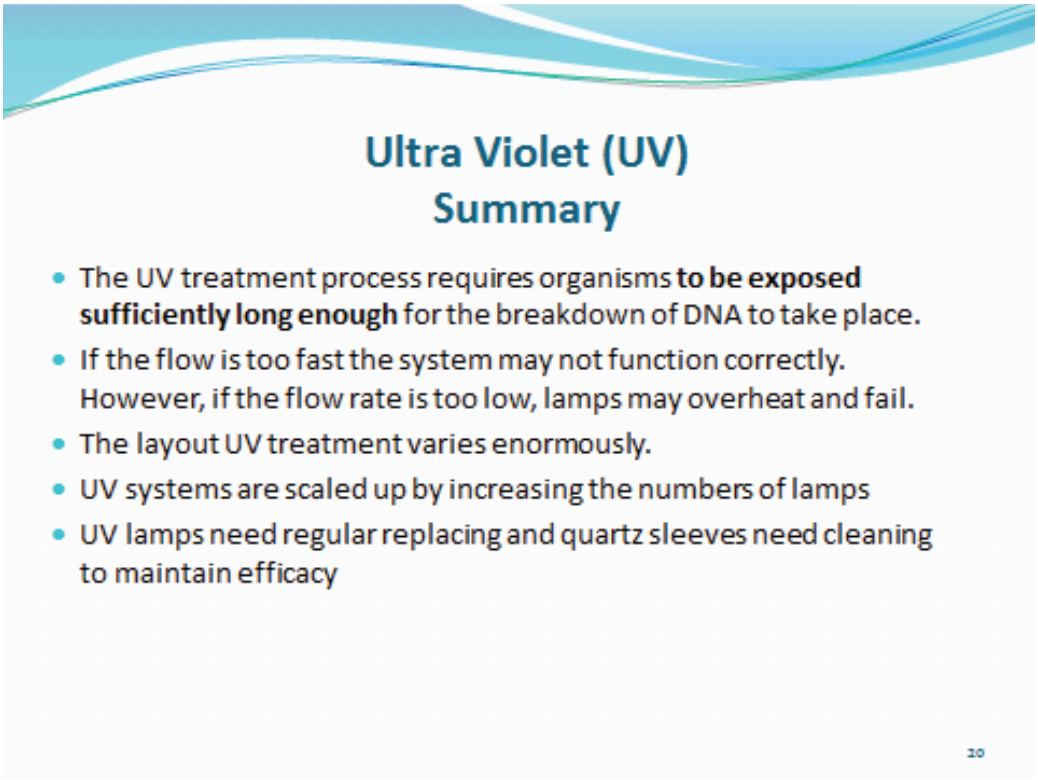


UV low pressure lamp
- 0,5 – 2 W/cm
- Hg pressure: some mbar
- Spectral lines: 185 nm and 254 nm
- UV-C output: up to 40 %

UV medium pressure lamp
- 60-240 W/cm
- Hg pressure: 1... 10 bar
- Several lines
- UV-C output: approx. 15%

18

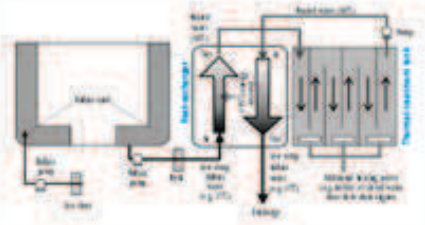

How UV Disinfection works
%
100
80
60
40
20
0
220
240
260
280
300
320
λ
a
b
a) Absorption maximum / strongest germicidal efficiency between 250...270 nm
b) Absorption curve of Thymo Nucleic Acid
UV-A
UV-B
UV-C
400
315
280
200
Germicidal efficiency is based on the absorption of UV light by nucleic acids (DNA, RNA) in the nucleus. Cell division is no longer possible. Microorganisms loose their ability to grow and multiply.
19


Ultra Violet (UV)
Summary
• The UV treatment process requires organisms **to be exposed sufficiently long enough** for the breakdown of DNA to take place.
• If the flow is too fast the system may not function correctly. However, if the flow rate is too low, lamps may overheat and fail.
• The layout UV treatment varies enormously.
• UV systems are scaled up by increasing the numbers of lamps
• UV lamps need regular replacing and quartz sleeves need cleaning to maintain efficacy
20

Physical Treatment technologies

21

Heat
Thermal Aqua-Filtration (TAF) System



Treatment method	Heat
Mechanism of action	Use of the waste heat of the ship's engines and heat exchanger to raise the temperature of the BW > 42°C
Effect on organisms	Denaturation of proteins – cooking of organisms.
Technical aspects	Combination of high organic load and high temp. could result in low O2 at discharge. High temperatures in ballast tanks may also have a negative effect on some cargos

22

Deoxygenation



Treatment method	De-oxygenation
Mechanism of action	removing oxygen from the BW by adding inert gases (nitrogen)
Effect on organisms	Effects aerobe organisms only (choking). An-aerobe organisms survive and may grow rapidly
Technical aspects	Time needed for effective treatment; BW has to be aerated during discharge; H2S may be produced in BW tank; Controlled atmosphere in tanks needed; SRB as potential problem - corrosion

Chemical Treatment technologies

Oxidation

- Several system employ oxidising substances including **chlorine, chlorine dioxide, ozone, peracetic acid, hydrogen peroxide** or **sodium hypochlorite.**
- The oxidation mechanism consists of electron transfer that destroys the cell wall structure of the organisms.
- When a stronger oxidant is used, the electrons are transferred to the microorganism much faster, causing the microorganism to be deactivated rapidly .

25

Electrochlorination



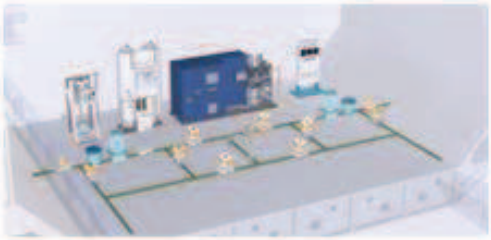
Treatment method	Electro chlorina Electrolysis/ Electro-chlorinationtion
Mechanism of action	Electro-chlorination is achieved by passing an electric current through the ballast water with chlorine being produced by the electrolytic reaction
Effect on organisms	Destroy cell walls of the organisms
Technical aspects	Different degrees of salinity may be encountered; more effective in waters with a high PSU; Neutralization?

Chlorine dioxide

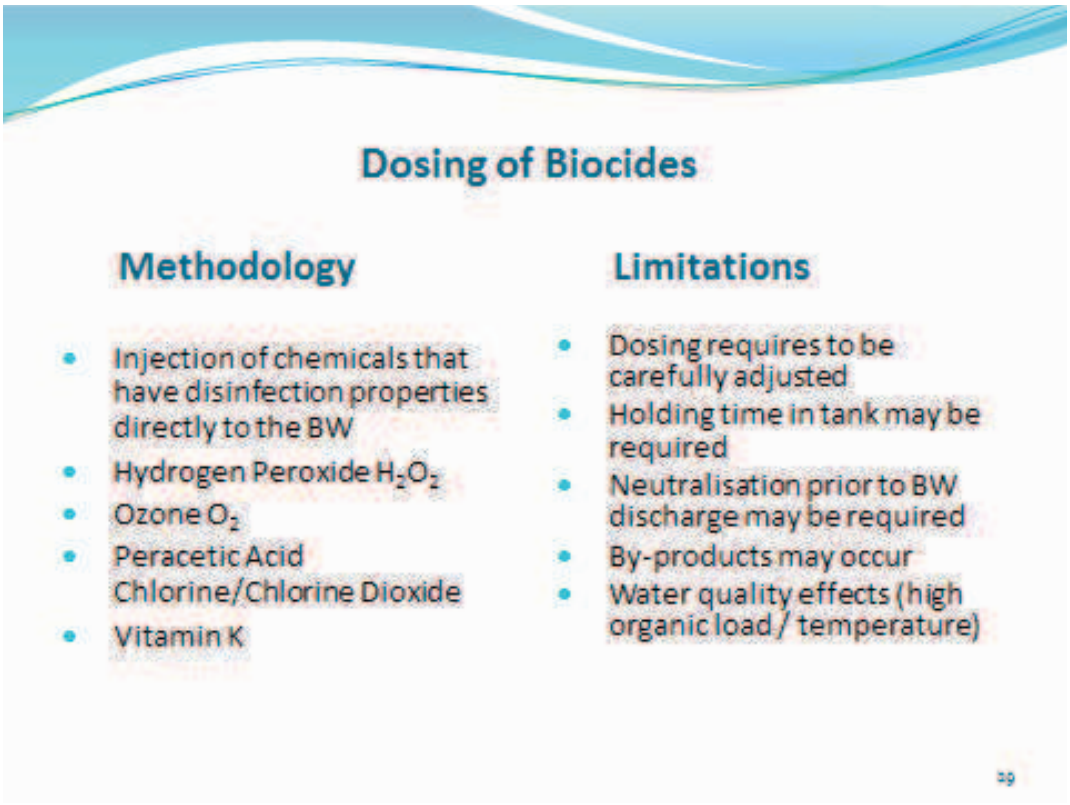


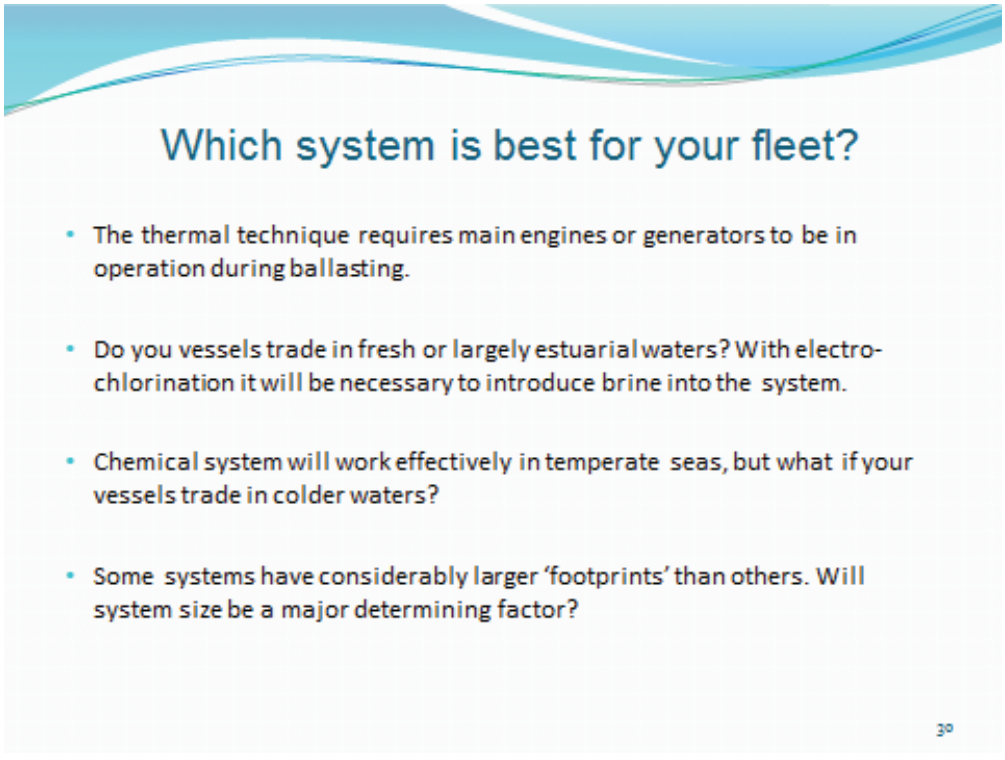
Treatment method	Chlorine dioxide
Mechanism of action	Require the use of hazardous chemical reagents and others which do not.
Effect on organisms	Chemical poisoning of the organisms
Technical aspects	"Relevant chemicals" may be formed during the process; BW may contain residual chemicals at discharge Need a neutralization technique

Ozone



Treatment method	Ozone
Mechanism of action	Can be generated as a gas using an ozone generator and bubbled through the ballast flow; UV light at some wave lengths can be used to produce ozone directly in the ballast water itself
Effect on organisms	Chemical poisoning of the organisms; producing bromates which are destroying the organisms
Technical aspects	Limited effect as ozone has short life; if treated at discharge, no Effect ;"Relevant chemicals" may be formed during the process BW may contain residual chemicals at discharge; Need a neutralization technique;


Dosing of Biocides
Methodology
Injection of chemicals that have disinfection properties directly to the BW
Hydrogen Peroxide H_2O_2
Ozone O_2
Peracetic Acid
Chlorine/Chlorine Dioxide
Vitamin K
Limitations
Dosing requires to be carefully adjusted
Holding time in tank may be required
Neutralisation prior to BW discharge may be required
By-products may occur
Water quality effects (high organic load / temperature)
29


Which system is best for your fleet?
The thermal technique requires main engines or generators to be in operation during ballasting.
Do you vessels trade in fresh or largely estuarial waters? With electro-chlorination it will be necessary to introduce brine into the system.
Chemical system will work effectively in temperate seas, but what if your vessels trade in colder waters?
Some systems have considerably larger 'footprints' than others. Will system size be a major determining factor?
30

BWT manufacturers worldwide

Australia		
Hi Tech Marine	Seasafe3	Heat
China		
COSCO	Blue Ocean Shield	Cyclonic/Filtration/UV
Dalian Marine University	DMU-OH	Filtration/Advanced Oxidation
Headway Technology	OceanGuard	Filtration/Advanced Oxidation/Electrocatalysis
Jiangsu Nanji Machinery	NiBallast	Filter/Membrane Separation/ De-oxygenation
Jiujiang PMTR Institute	Ocean Doctor	Filtration/UV/Advanced Oxidation
Shanghai Cyeco Environmental Technology	Cyeco	Filtration/UV
Sunrui	Balclor	Filtration/Electrolysis/ Electrochlorination
Wuxi Bright Sky	BSky	Filtration/UV

31

BWT manufacturers worldwide

Greece		
Erma First	ESK Engineering	Cyclonic/Electrolysis/ Electrochlorination
Japan		
Hitachi	ClearBallast	Filtration/Flocculation
JFE Engineering	BallastAce	Filtration/Chlorination
Katayama Chemical	SPO System	Filtration/Chemical/Cavitation
Kuraray	Microfade	Filtration/Electrochlorination
Mitsui Engineering	FineBallast	Filtration/Ozonation/Cavitation

32

BWT manufacturers worldwide

Korea		
21st Century	ARA	Filtration/Plasma/UV
Aqua Engineering Co Ltd	Aquastar	Filtration/Electrolysis/Filtration
Hanla IMS	EcoGuardian	Filtration/Electrolysis/ Electrochlorination
Hwaseung	HS Ballast	Electrolysis/Electrochlorination
Hyundai HI	EcoBallast	Filtration/UV
Korea Top Marine	KTM	Cavitation/Electrolysis Electrochlorination
Kwang San	BioVIolet	Filtration/UV
Tutech	BlueBallast	Ozonation
Panasia	GloEn-Patrol	Filtration/UV
Samkun Century	ARA	Filtration/UV/Plasma
Samsung HI	Purimar	Filtration/Electrolysis/ Electrochlorination

33

BWT manufacturers worldwide

Korea (continued)		
STX Metals	SmartBallast	Electrolysis/Electrochlorination
Techcross	Electro-Cleen	Electrolysis/Electrochlorination
Norway		
MMC Green Technology	MMC	Filtration/UV
OceanSaver	MkII	Filtration/Electrolysis/ Electrochlorination/De-oxy
Optimarin	OBS	Filtration/UV
Singapore		
Dow Chemical Pacific	Dow Pinnacle	Filtration/Ozonation
Envirotech	BlueSeas	Filtration/Electrolysis/ Electrochlorination

34

BWT manufacturers worldwide

Sweden		
Alfa Laval	PureBallast	Filtration/UV/Oxidation
United Kingdom		
Cathelco	Cathelco	UV/Filtration
Coldharbour Marine		Ultrasound/De-Oxygenation
USA		
Hyde Marine	Hyde Guardian	Filtration/UV
MH Systems		De-oxygenation
NEI Treatment Systems		De-oxygenation
Severn Trent De Nora	BalPure	Filtration/Electrolysis/ Electrochlorination

35

Video of installation on MV Eddystone

INSERT VIDEO – 4 mins

36

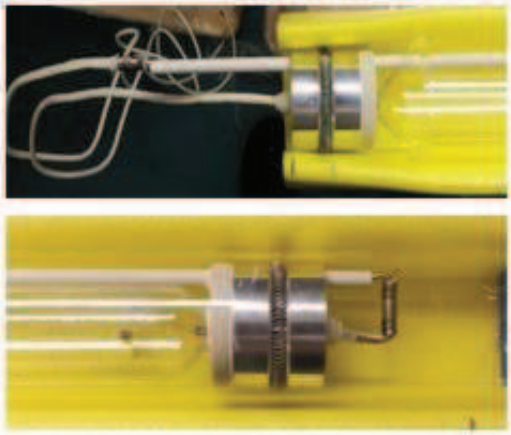
UVT Meter



- Measures Light Transmission at same wavelength as the UV lamp emits UVC
- UV-LED technology gives the SAC (Spectral Absorption Coefficient) – Amount of light which can pass through the solution
- Controls the power to the UV Lamps to ensure the UV Dose is correct

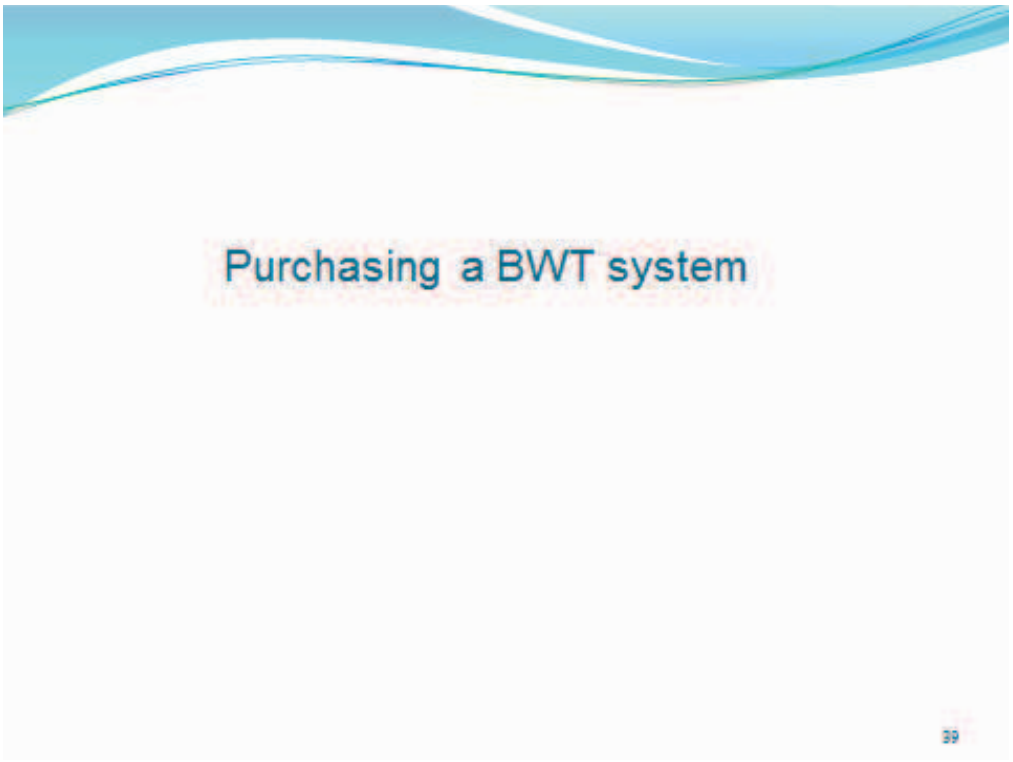
37

Medium Pressure UV Lamps



- Higher power requirement than Low Pressure lamps
- Higher Power output 160W per cm sq
- Produces wider spectrum of UV Light
- Single ended for easier replacement
- Recommended life 1500 running hours
- Quartz sleeve to remove unwanted UV Light Bands and prevent formation of any chemical pollutants in treated water

38


Purchasing a BWT system
39


Choosing a manufacturer
Are they financially stable?
Will they be around in 5 years time?
Do they have a global reach?
Do they have the resources to service your equipment quickly when something goes wrong?
40

How was the system tested?

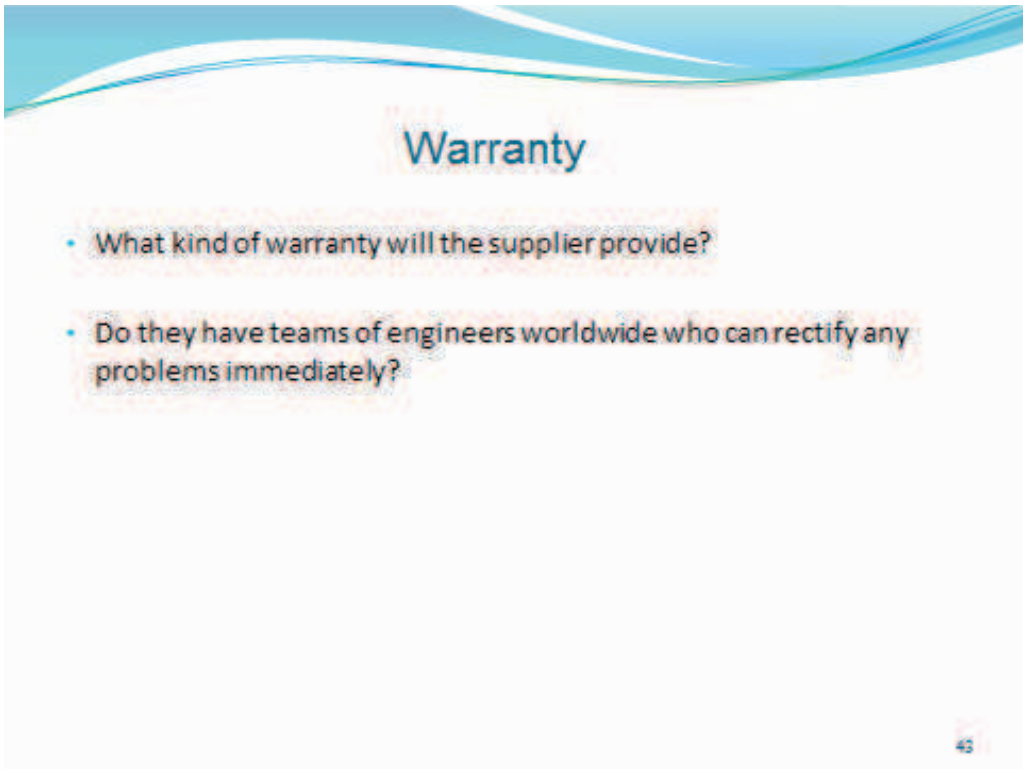
- Where was the system tested and to what level?
- Did it pass IMO approval at the minimal level or did it exceed compliance?
- Is it approved in your trading regions.?

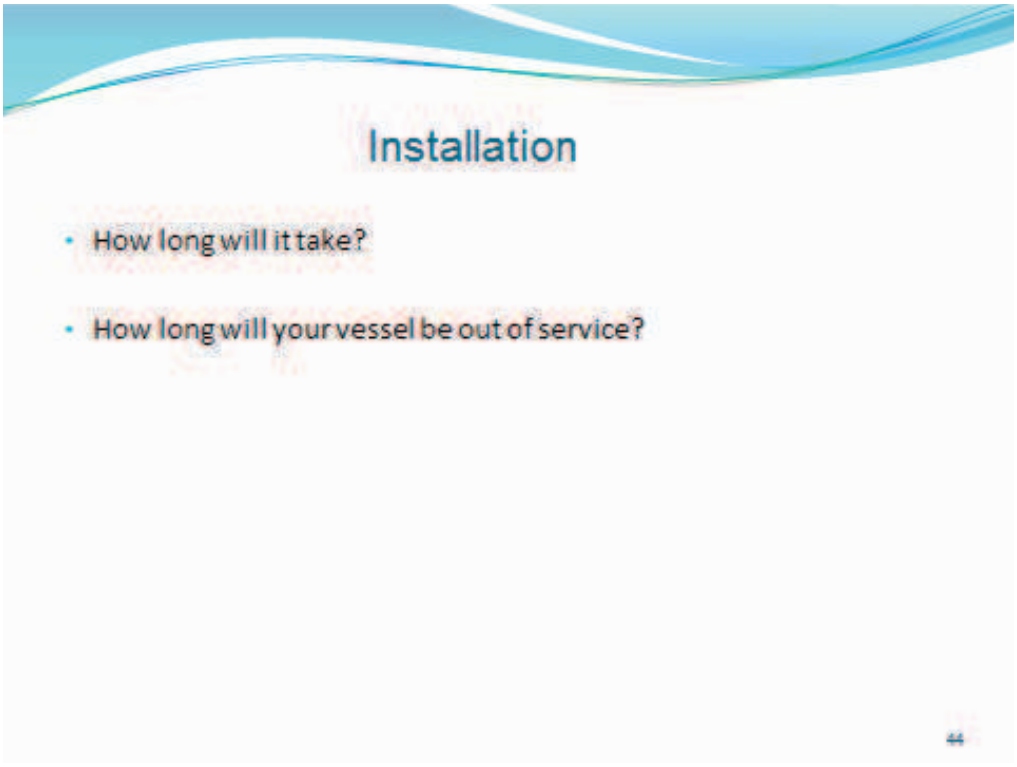
41

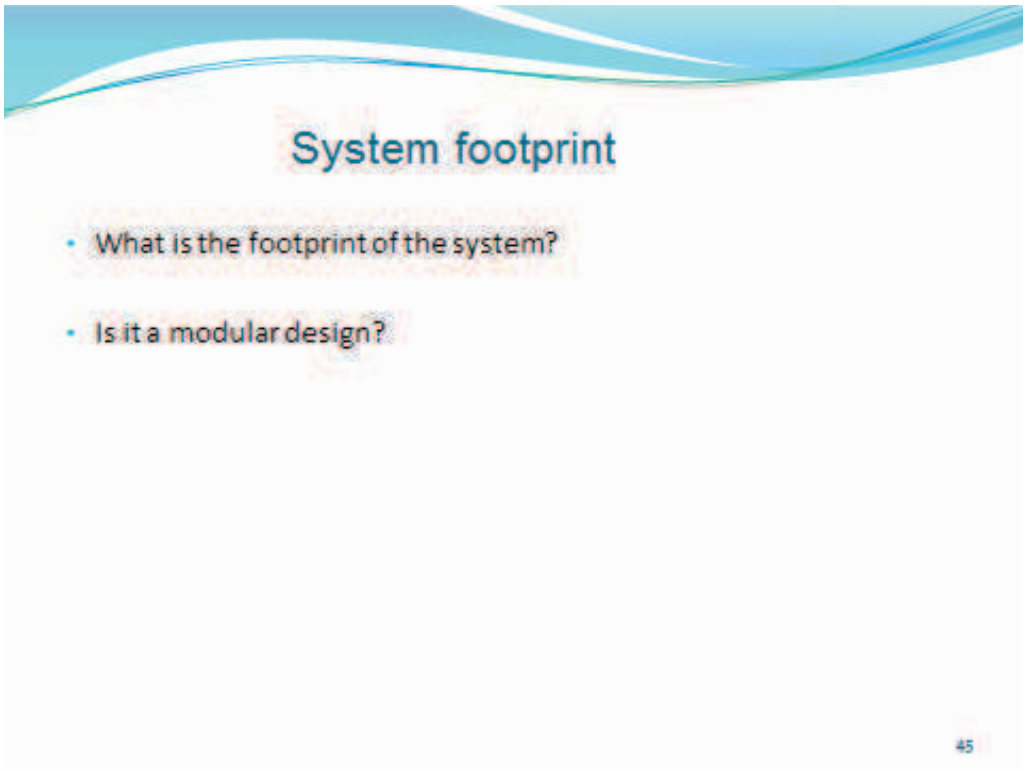
How will you trial systems?

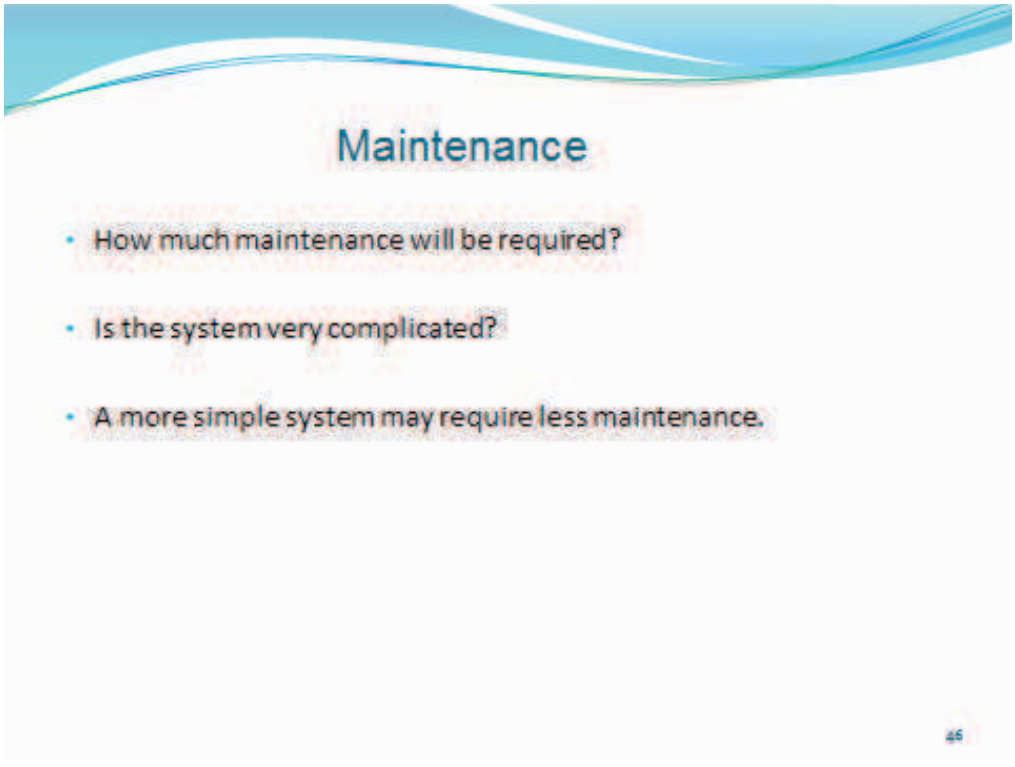
- Test a couple of systems and then standardise them across your fleet.
- By approaching manufacturers now and trialling systems you will benefit from more competitive prices prior to IMO ratification and peak demand.

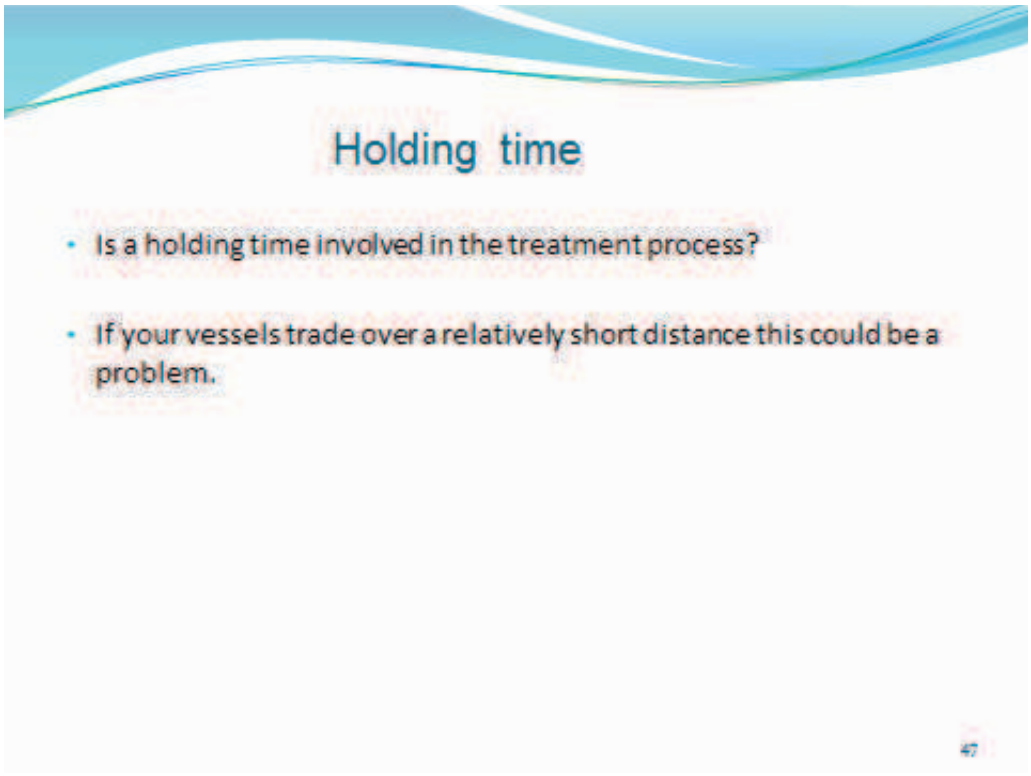
42

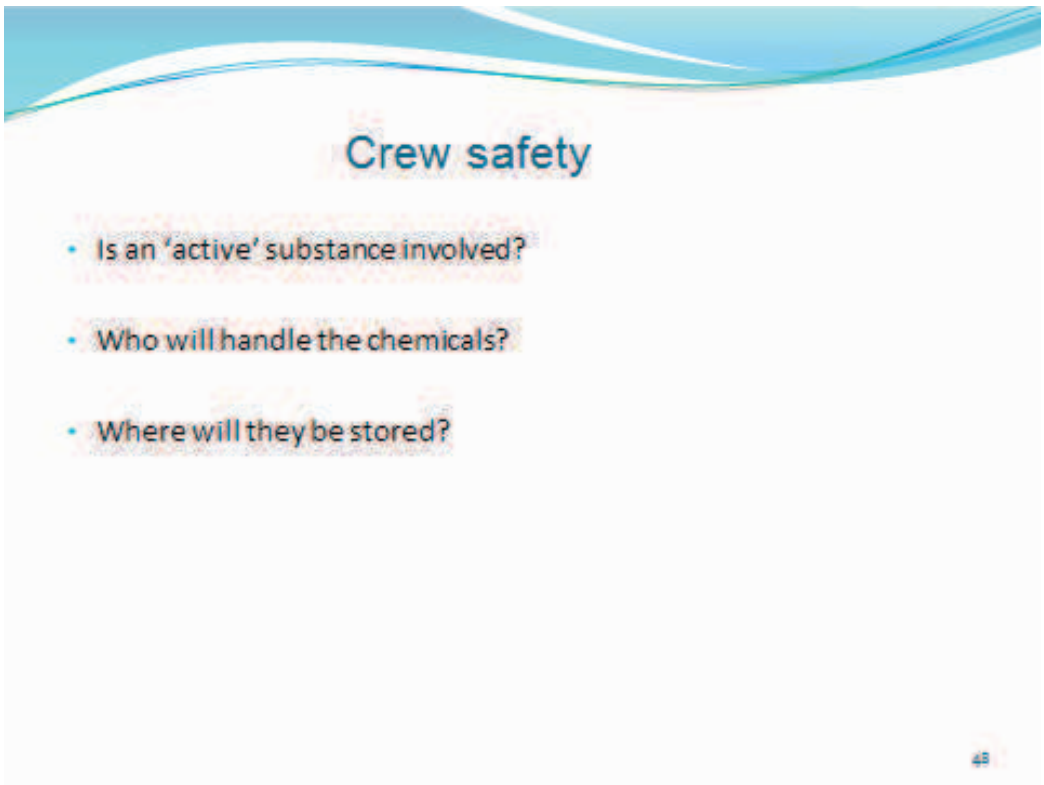

Warranty
What kind of warranty will the supplier provide?
Do they have teams of engineers worldwide who can rectify any problems immediately?
43


Installation
How long will it take?
How long will your vessel be out of service?
44

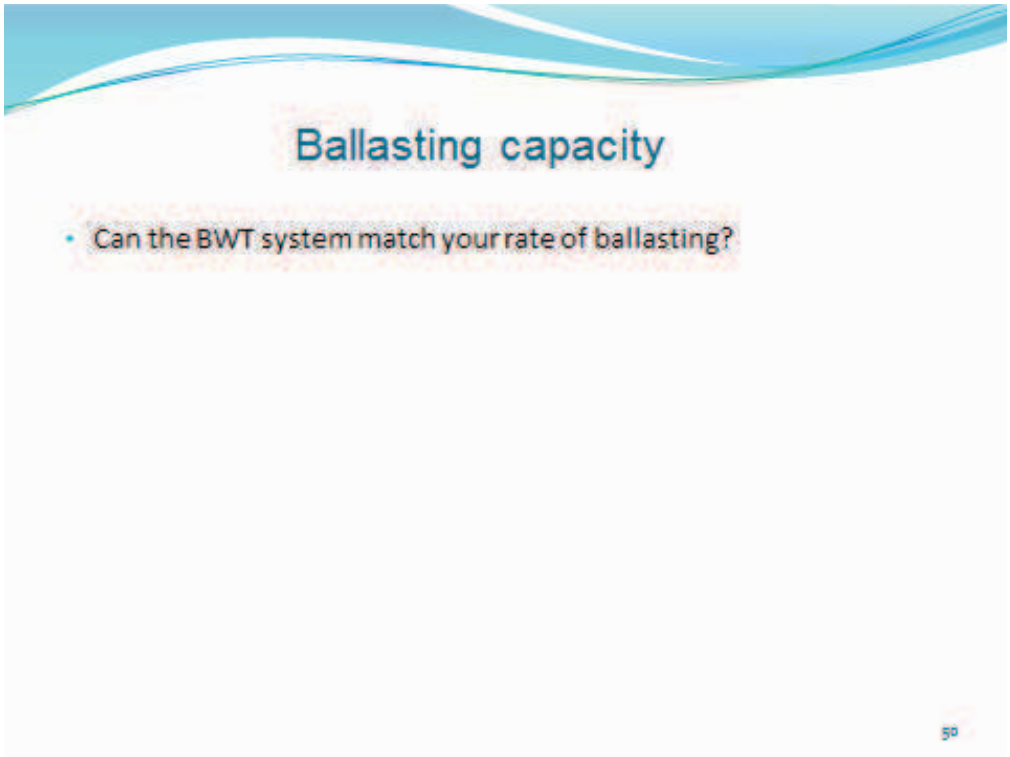

System footprint
What is the footprint of the system?
Is it a modular design?
45


Maintenance
How much maintenance will be required?
Is the system very complicated?
A more simple system may require less maintenance.
46


Holding time
• Is a holding time involved in the treatment process?
• If your vessels trade over a relatively short distance this could be a problem.
47


Crew safety
• Is an 'active' substance involved?
• Who will handle the chemicals?
• Where will they be stored?
48


Trading patterns
Will you fleet operate in fresh, brackish or very cold waters?
If, so electrochlorination may not be the best choice because it will require the introduction of brine?
49


Ballasting capacity
Can the BWT system match your rate of ballasting?
50

Cost

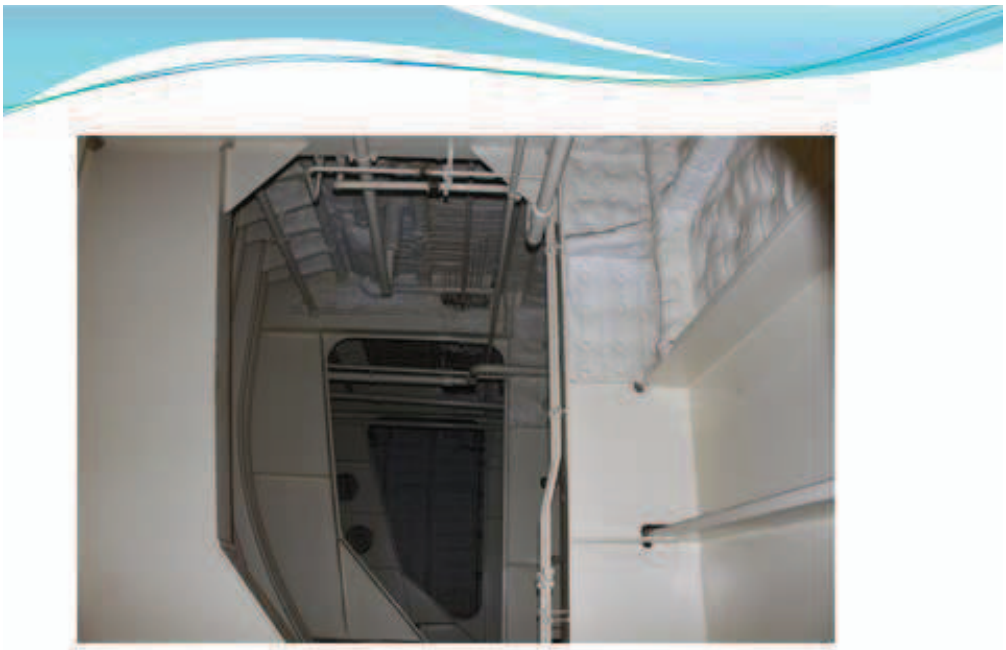
- The cheapest system may not be the best.
- Does it involve a large number of consumables?

51

Questions concerning installation



52



Installation location – At rear of pump room.

53

Is the existing BW system in good condition?



54

Access for refits – planning the installation



55

Automation requirements



The MV Eddystone is fitted with a Lyngso Vessel Management system. The ballast water control is carried out using a screen on the system, but remote access is required from various points:-

1) Engine control room.
2) Deck/loading control room.
3) Bridge.

56

Survey questions

- Power capacity to provide existing power requirement and that of the new system at max power?
- Detail pipe diameters.
- Existing pipe line materials.
- Known class society regulations and guide lines for the installation vessel
- System break in location.
- System discharge location.
- Systems location in relation to the above two points.
- Ballast pump location and connection sizes and its/their location to the above three points.
- Pipe work path way.
- Bulkhead penetrations – watertight or non watertight?
- Will pipe work pass through any hazardous areas?
- Will pipe work pass through any other tanks – i.e. pipe work with pressure on exterior and interior?

57

Can existing equipment be relocated?

Picture required

58

Realistic estimate of power requirements

- It is important to have a realistic estimate of the power supply required for the equipment.
- Be aware that some manufacturers especially on UV systems are quoting the lamp requirement only.

59

Ballast pump information

- BWT systems can affect the flow dynamics of the existing pipe work.
- Suppliers must have a thorough understanding of these implications and design the pipe work system accordingly.
- If there are multiple pumps, how are they used.
- As the system needs to be scaled to the maximum capacity of the pumps if more than one pump is used consecutively, this will have a impact.

60

Ballast pump information

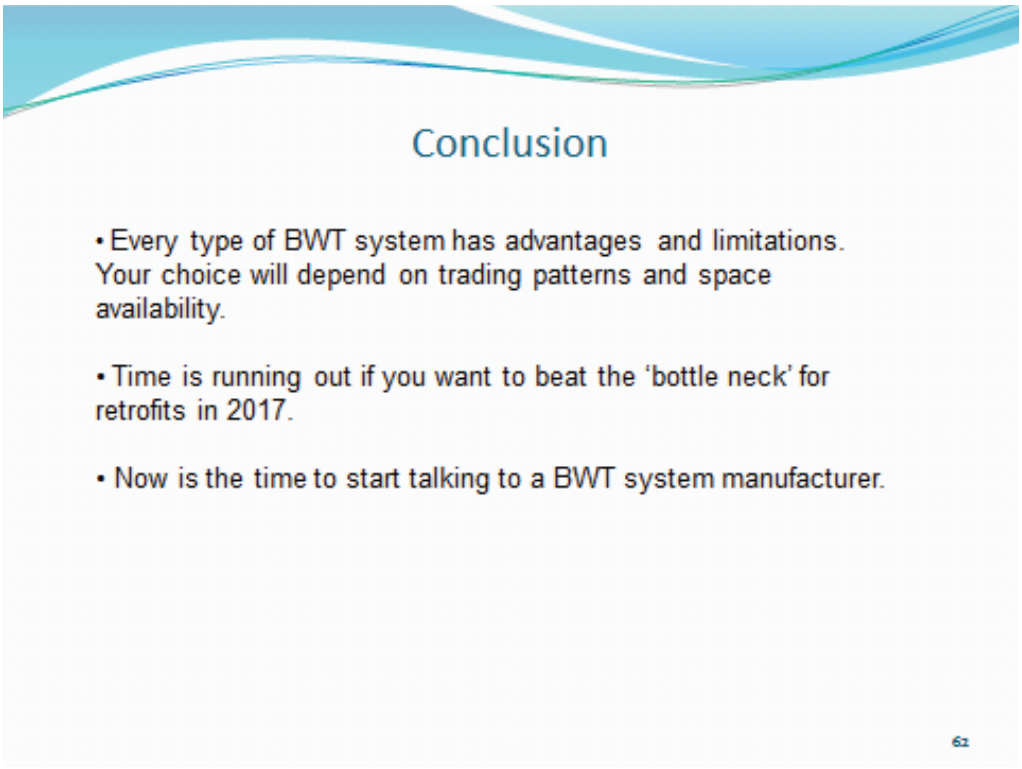
- BWT systems can affect the flow dynamics of the existing pipe work.
- Suppliers must have a thorough understanding of these implications and design the pipe work system accordingly.
- If there are multiple pumps, how are they used.
- As the system needs to be scaled to the maximum capacity of the pumps if more than one pump is used consecutively, this will have a impact.

60

Managing the system

- Crew training
- Ballast water management plan – tailored for each ship, including description of BWT system, how it is operated, safety procedures, measures for disposing of sediment.
- Ballast water record book – all ballast water movements for inspection by port and flag state inspectors.
- Designated ballast water management officer.

61


Conclusion
• Every type of BWT system has advantages and limitations. Your choice will depend on trading patterns and space availability.
• Time is running out if you want to beat the 'bottle neck' for retrofits in 2017.
• Now is the time to start talking to a BWT system manufacturer.
62



Marcus Antonio Pereira Torres

Contact phones: Home +55 21 2702 0354 – Mobile +55 21 9497 1206

E mail: marcus.torres1960@hotmail.com

Address: R. Santa Rosa, 91, Apt. 1501, Santa Rosa, Niteroi, RJ, BR – CEP 24240-225

International

"Ecoeficiencia" - Una nueva herramienta para apoyar mejores decisiones sobre las inversiones de recubrimiento del casco

Agenda

1. Tendencia Mundial
2. Consideraciones a cerca de las necesidades
3. Estudio
4. Analisando las Areas criticas del buque
5. Micro y Macro Rugosidad
6. Opiciones Tecnológicas
7. Analises de Tecnología versus Rugosidad
8. Tomada de Agua/Grades y Helices
9. Beneficios de la nueva Tecnologia
10. ¿Preguntas?

AkzoNobel

All products supplied and technical advice or recommendations given are subject to our standard Conditions of Sale.

Marine Coatings

International

"Ecoeficiencia" - Una nueva herramienta para apoyar mejores decisiones sobre las inversiones de recubrimiento del casco

¿Por que Ecoeficiencia es una tendencia mundial?

- El costo de combustible está en una curva ascendente desde las crises de 1970
- Combustibles fociles son finitos
- Las reglas de proteccion ambiental estan cada dia mas demandantes
- Empresas "verdes" agregan mayor valor a sus productos

Source -http://www.worldshipping.org/pdf/WSC_fuel_statement_final.pdf
RECORD FUEL PRICES PLACE STRESS ON OCEAN SHIPPING
May 2, 2008
Conclusion
Every sector of the economy is being affected by rising fuel costs.
The transportation industry is being particularly hard hit.
While ocean carriers may provide the most fuel efficient form of transportation, they face an unavoidable imperative of recovering these rising costs if current service levels are to be maintained.

AkzoNobel

All products supplied and technical advice or recommendations given are subject to our standard Conditions of Sale.

Marine Coatings

International

"Ecoeficiencia" - Una nueva herramienta para apoyar mejores decisiones sobre las inversiones de recubrimiento del casco

- Considere el ciclo de vida de una materia prima : oxido



Cobre es un minério
Consumo de Recursos
Emisiones
Consumo de combustible
Exposicion Humana
Perdida
Costo



Transporte hasta a fabrica
Consumo de combustible
Emisiones
Costos



Proceso de oxido cuproso
Consumo de combustible
Emisiones
Ocupacion de la tierra
Exposocion humana
Costo



Transporte hasta el punto de fabrica
Consumo de combustible
Emisiones

AkzoNobel

All products supplied and technical advice or recommendations given are subject to our standard Conditions of Sale.

Marine Coatings

International

"Ecoeficiencia" - Una nueva herramienta para apoyar mejores decisiones sobre las inversiones de recubrimiento del casco

- Consideraciones

- Duenos y Operadores de buques buscan eficiencia en sus operaciones
- Sistema de pintura en la obra viva es la solucion
- Muchas productos fueron desarolladas por los fabricantes de pintura para promover la eficiencia de operacion
- Tecnologia de pintura tiene bajo costo
- Tecnologia de pintura tiene facilidad de aplicación
- Las opcionais son complexas y demanda inversiones
- Bajar los rastros ambientales

AkzoNobel

All products supplied and technical advice or recommendations given are subject to our standard Conditions of Sale.

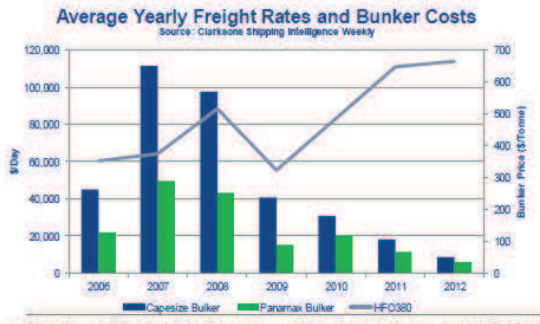
Marine Coatings

International

Industria Marina

La Industria Marina continua con desafios

- Baixo retorno de las inversiones
- Costo de operacion muy elevado
- Las reglas cada dia mas demandantes
  - SEEMP (Ship Energy Efficiency Management Plan)
  - EEDI (Energy Efficiency Design Index)
  - Las especies invasoras





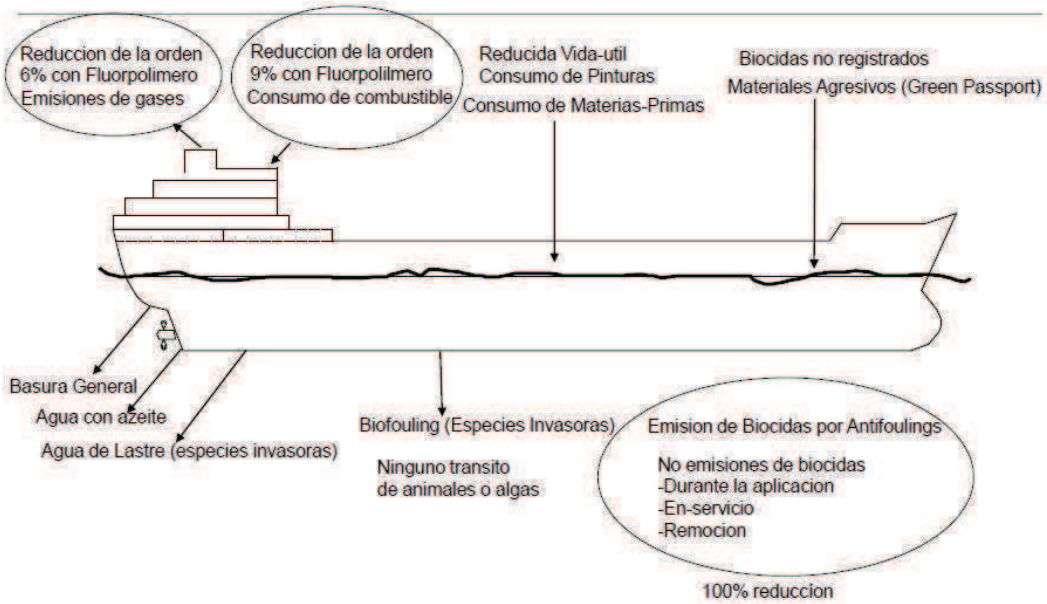
AkzoNobel

All products supplied and technical advice or recommendations given are subject to our standard Conditions of Sale.

Marine

International

Huella Ambiental



AkzoNobel

All products supplied and technical advice or recommendations given are subject to our standard Conditions of Sale.

Marine Coatings

International

Necesidades do los Clientes

Controle da las Incrustaciones – ¿Porque necesitamos de esto?

NECESIDADES	=	NECESÁRIO EVITAR
Atender programaciones Minimizar costos de combustible Minimizar gases SOx y NOx Minimizar reparos (motores) Apariencia del buque		Arrastre



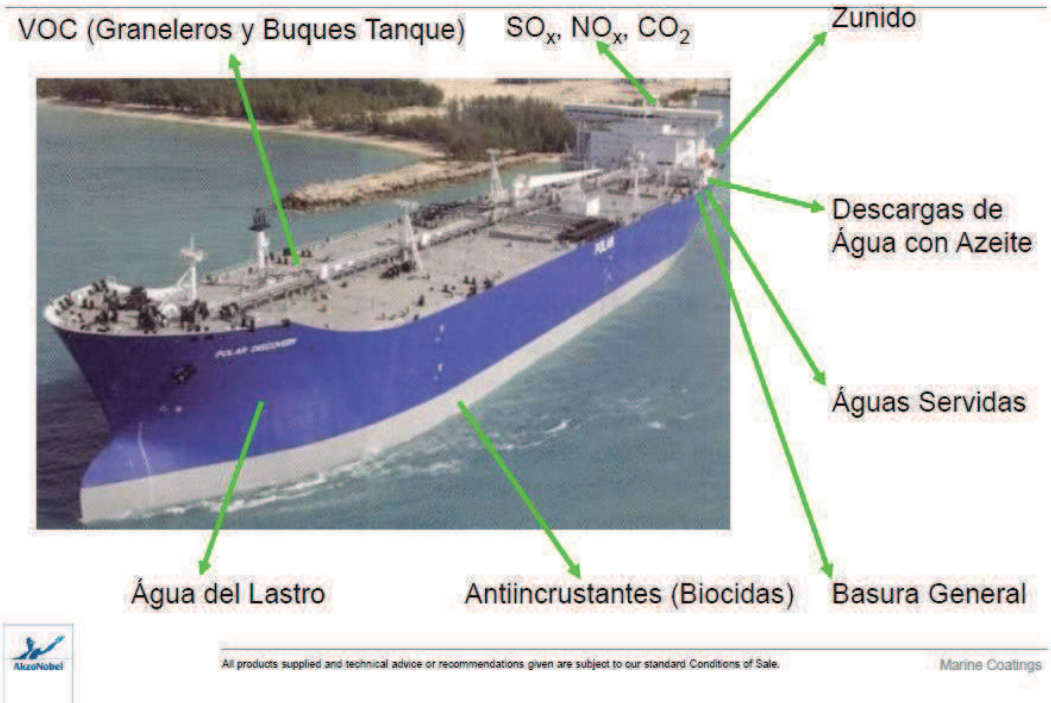
AkzoNobel

All products supplied and technical advice or recommendations given are subject to our standard Conditions of Sale.

Marine Coatings

International

"Rastro Ambiental"



AkzoNobel

All products supplied and technical advice or recommendations given are subject to our standard Conditions of Sale.

Marine Coatings

International

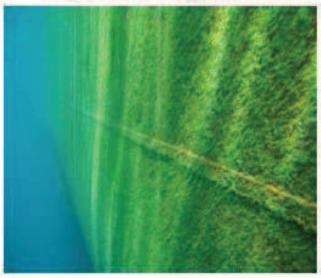
"Ecoeficiencia" - Una nueva herramienta para apoyar mejores decisiones sobre las inversiones de recubrimiento del casco

- Estúdio

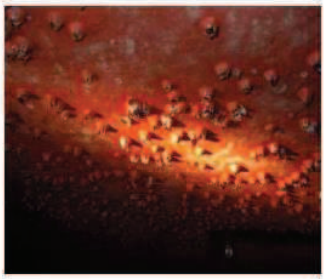
Tipos de rugosidade



Incrustaciones de limo
1~2 % incremento de arrastre



Incrustaciones vegetales
Incrementea 10% el arrastre



Incrutaciones animales
Incrementaa 40% el arrastre

- Reducción del arrastre = Reducción del consumo de combustible

AkzoNobel

All products supplied and technical advice or recommendations given are subject to our standard Conditions of Sale.

Marine Coatings

International

"Ecoeficiencia" - Una nueva herramienta para apoyar mejores decisiones sobre las inversiones de recubrimiento del casco

Efectos de las incrustaciones en los cascos

"Micro-fouling" = Slime

"Macro-fouling" = Weed + Animal



Slime Fouling:
1~2 % increase in drag

Weed Fouling:
Up to 10% increase in drag

Shell Fouling:
Up to 40% increase in drag

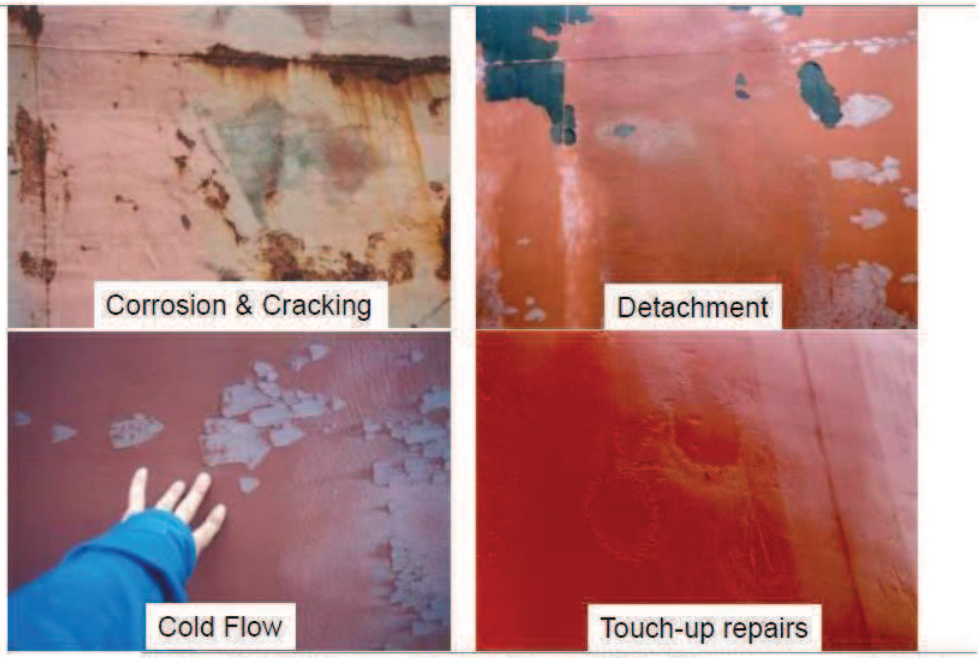
AkzoNobel

All products supplied and technical advice or recommendations given are subject to our standard Conditions of Sale.

Marine Coatings

International

Rugosidade del Casco (MACRO)



All products supplied and technical advice or recommendations given are subject to our standard Conditions of Sale.
Marine Coatings

International

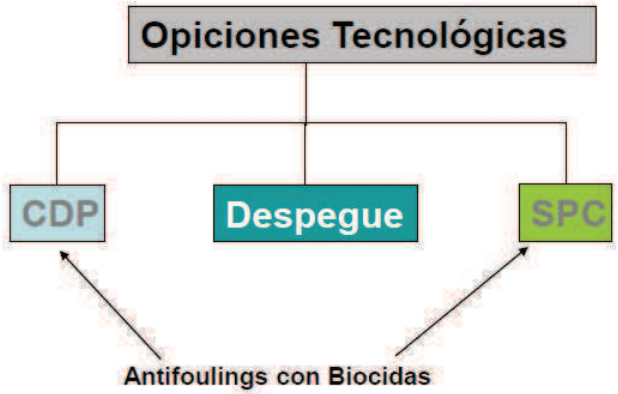
"Ecoeficiencia" - Una nueva herramienta para apoyar mejores decisiones sobre las inversiones de recubrimiento del casco

¡La solución esta en los cascos externos!
¡Abajo de la agua!

All products supplied and technical advice or recommendations given are subject to our standard Conditions of Sale.
Marine Coatings

International

Opiciones Tecnologicas para Controlar el Crescimiento de las Incrustaciones

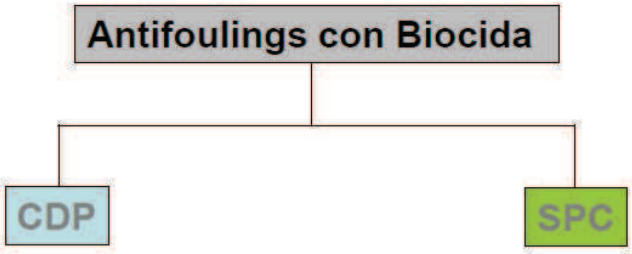


AkzoNobel

All products supplied and technical advice or recommendations given are subject to our standard Conditions of Sale.

International

Antifoulings con Biocida – Visión General



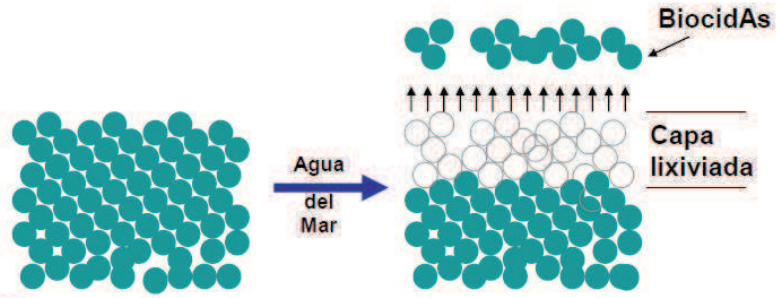
- Todos los Antifoulings com Biocidas trabajan liberando biocidas o toxinas de controle de crescimiento de incrustaciones
- Controlled Depletion Polymers (CDP) realiza una operacion física de disolucion/eroson de la pelicula de pintura que libera el biocida gradualmente
- Self-polishing copolymers (SPC) trabaja por un proceso quimico “polimento” que ofrece una liberacion continua de biocidas con el movimiento del mar

AkzoNobel

All products supplied and technical advice or recommendations given are subject to our standard Conditions of Sale.

International

Antifoulings con Biocidas - Vision
Controlled Depletion Polymer (CDP)



Cuestiones:

- Los biocidas usados son altamente regulados y las restricciones estan incrementando en las areas que estos estan siendo usados
- Los biocidas despriendes gradualmente en lo tiempo y con maxima efectividad = 36 meses
- Los biocidas no tienen una taxa proyectad para liberación su velocidad de liberación de biocidas es impredecible
- La acumulación de capas lixiviadas gruesas disminuye la liberación de biocidas y conduce a la aparición de incrustaciones
- Pobre Integridad de la película ofrece limitada resistencia al daño
- Limitado o nula protección cuando pintó objeto estacionario

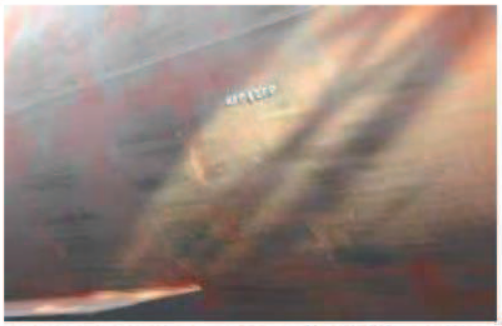
AkzoNobel

All products supplied and technical advice or recommendations given are subject to our standard Conditions of Sale.

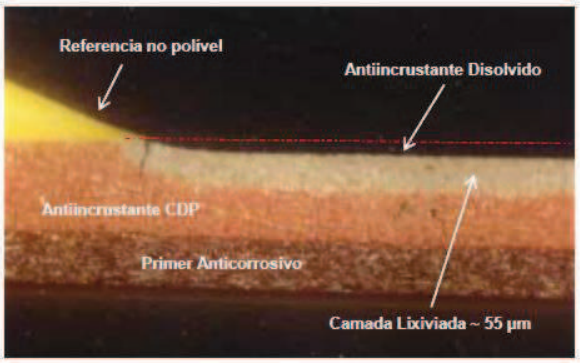
Marine Coatings

International

Antifoulings con Biocidas - Vision
Controlled Depletion Polymer (CDP)



Antiincrustante CDP – Polimento SIN Alisamento



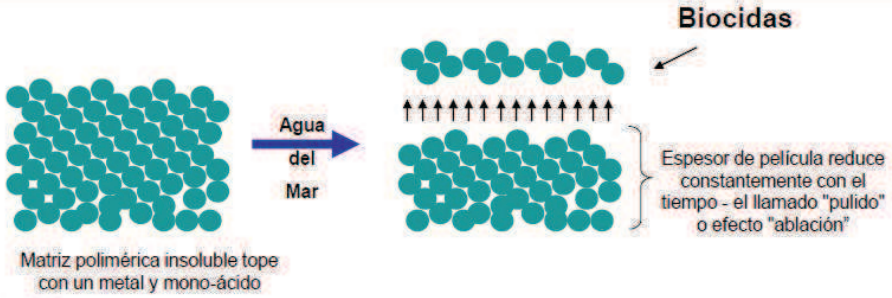
AkzoNobel

All products supplied and technical advice or recommendations given are subject to our standard Conditions of Sale.

Marine Coatings

International

Antifoulings con Biocidas - Vision
Self-polishing Co-polymers



Beneficios:

- Tasa de liberación de un biocida se controla lo que el rendimiento se convierte en mucho más predecible
- No acumulación de gruesas capas de lixiviados
- Recubrimientos tienen excelentes propiedades mecánicas

Temas:

- Pinturas todavía contienen biocidas - liberación de un biocida requiere el movimiento del agua >15knots
- La vida útil máxima efectiva = 60 meses
- Una vez más, poco o ningún rendimiento cuando pintó objeto estacionario

AkzoNobel

All products supplied and technical advice or recommendations given are subject to our standard Conditions of Sale.

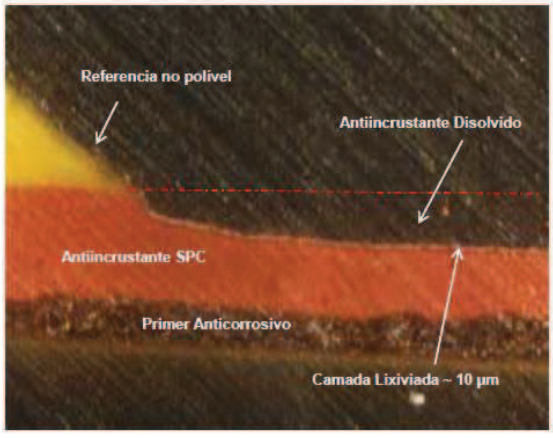
Marine Coatings

International

Antifoulings con Biocidas - Vision
Self-polishing Co-polymers



Antiincrustante SPC – Polimento y Alisamento



AkzoNobel

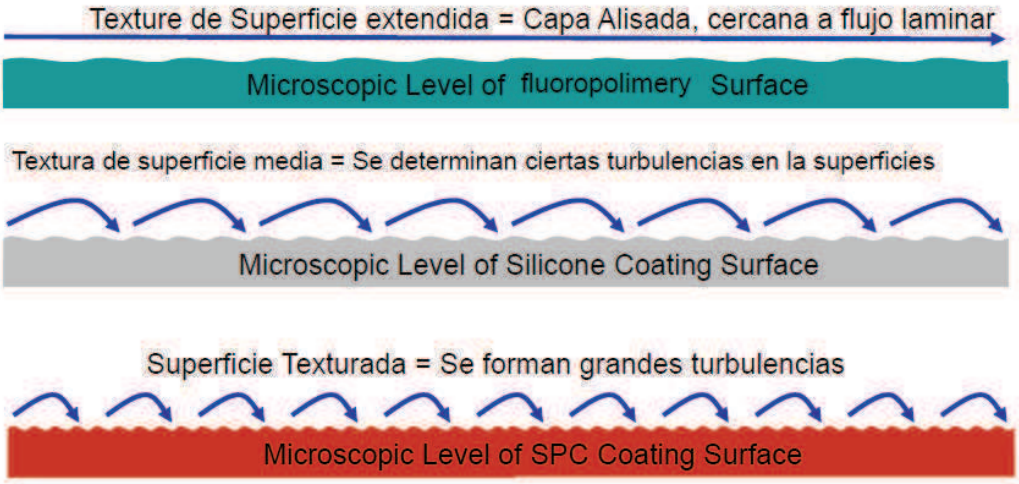
All products supplied and technical advice or recommendations given are subject to our standard Conditions of Sale.

Marine Coatings

International

Tecnología versus Rugosidad

- Estudio del departamento de Marina de la Universidad de New Castle



AkzoNobel
All products supplied and technical advice or recommendations given are subject to our standard Conditions of Sale. Marine Coatings

International

"Ecoeficiencia" - Una nueva herramienta para apoyar mejores decisiones sobre las inversiones de recubrimiento del casco

- Cascos no tratados proporcionan crescimento de las incrustaciones
  - Incrementan la rugosidade de los cascos
  - Por conseguiente incrementan la resistencia de los cascos





- Generando
  - Alto consumo de combustible
  - Incremento de emisiones de gases causadores del efecto estufa

AkzoNobel
All products supplied and technical advice or recommendations given are subject to our standard Conditions of Sale. Marine Coatings

International

Propiedades del Desprendimiento del Fluoropolimero
Excelentes propiedades de liberación - **Facil Limpieza**



Baja presión de agua

AkzoNobel

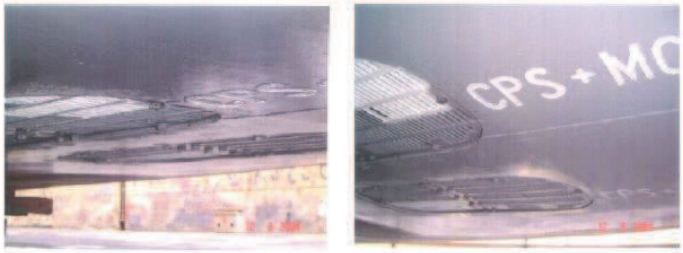
All products supplied and technical advice or recommendations given are subject to our standard Conditions of Sale.

Marine Coatings

International

2003 - FSO YOHO - Tomada de Agua

- FSO YOHO tiene tres tomadas de agua /grades usando aproximadamente 200 metros cuadrados de Fluorpolimero



Pintura interna con fluorpolimero en la tomada de agua y grades



Pintura interna en la tomada de agua y grades

AkzoNobel

All products supplied and technical advice or recommendations given are subject to our standard Conditions of Sale.

Marine Coatings

International

2005 - FPSO Kikeh – Tomada de Agua

- FPSO Kikeh tiene tres tomdas de agua/grades usando aproximadamente 200 metros cuadrados de fluorpolimero









AkzoNobel

All products supplied and technical advice or recommendations given are subject to our standard Conditions of Sale.

International

Boyas – Sudáfrica



- Algunos clientes de Sudáfrica han añadido un pezón cubierto con fluoropolimero al sistema de tuberías existente para una boya de carga



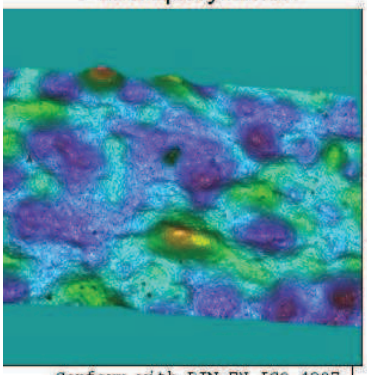
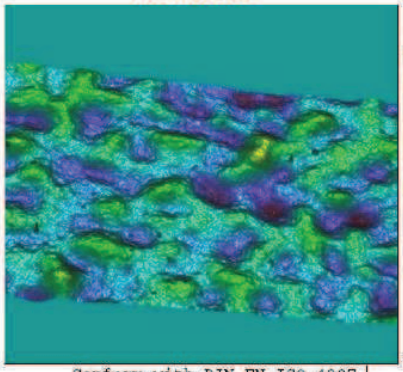
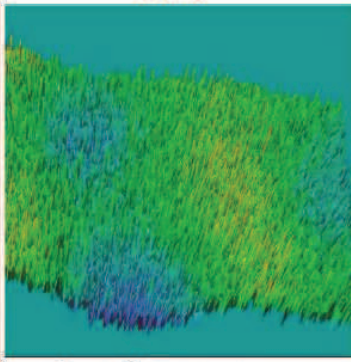
- Este es el resultado despues de pocos meses

AkzoNobel

All products supplied and technical advice or recommendations given are subject to our standard Conditions of Sale.

International

Tecnología - Rugosidad

Fluoropolymero	Silicona	SPC
		
Conform with DIN EN ISO 4287 Conform with DIN EN ISO 4288 Ra = 0.197 µm Rz = 0.861 µm Rt = 1.691 µm	Conform with DIN EN ISO 4287 Conform with DIN EN ISO 4288 Ra = 0.200 µm Rz = 0.963 µm Rt = 2.856 µm	Conform with DIN EN ISO 4287 Conform with DIN EN ISO 4288 Ra = 1.485 µm Rz = 6.247 µm Rt = 10.330 µm

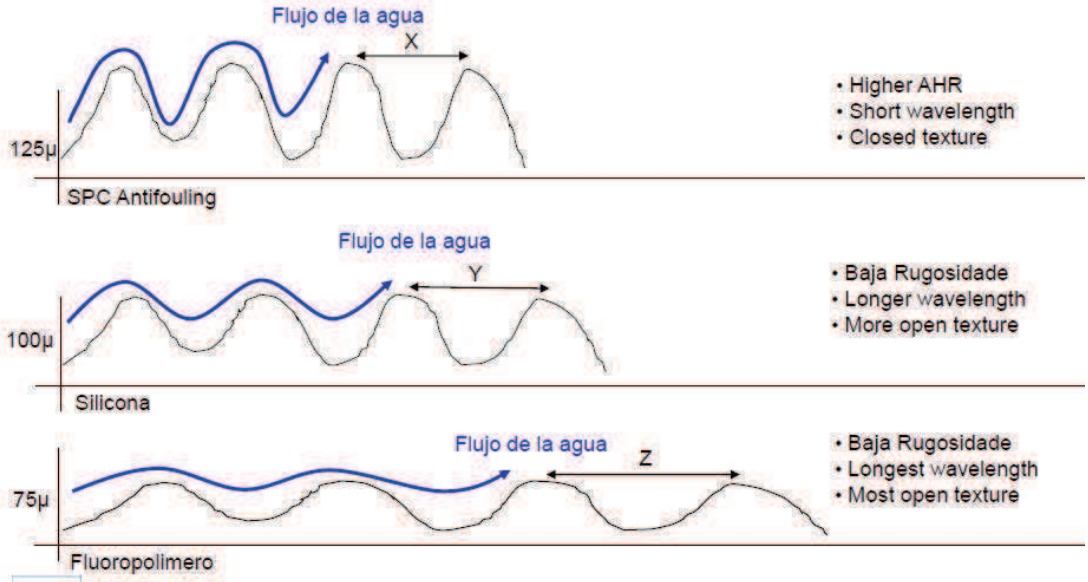
AkzoNobel

All products supplied and technical advice or recommendations given are subject to our standard Conditions of Sale. Marine Coatings

International

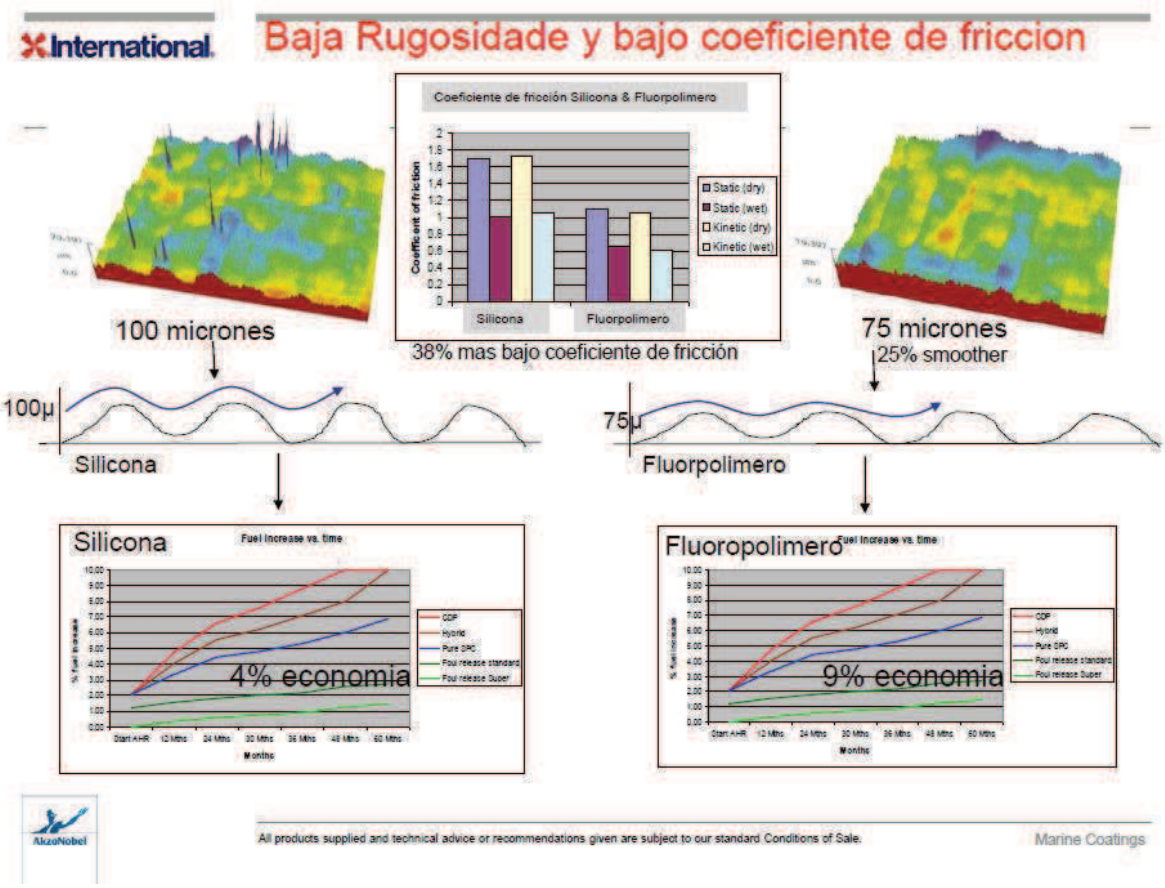
Tecnologias

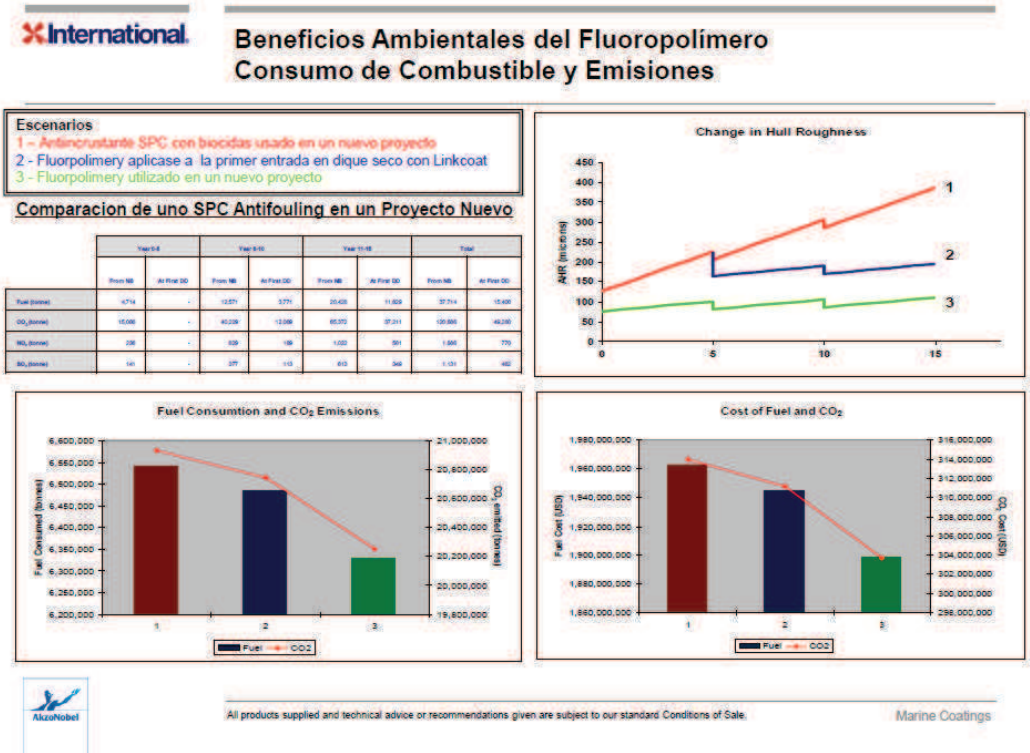
SPC AF
Silicona
Fluorpolimero



AkzoNobel

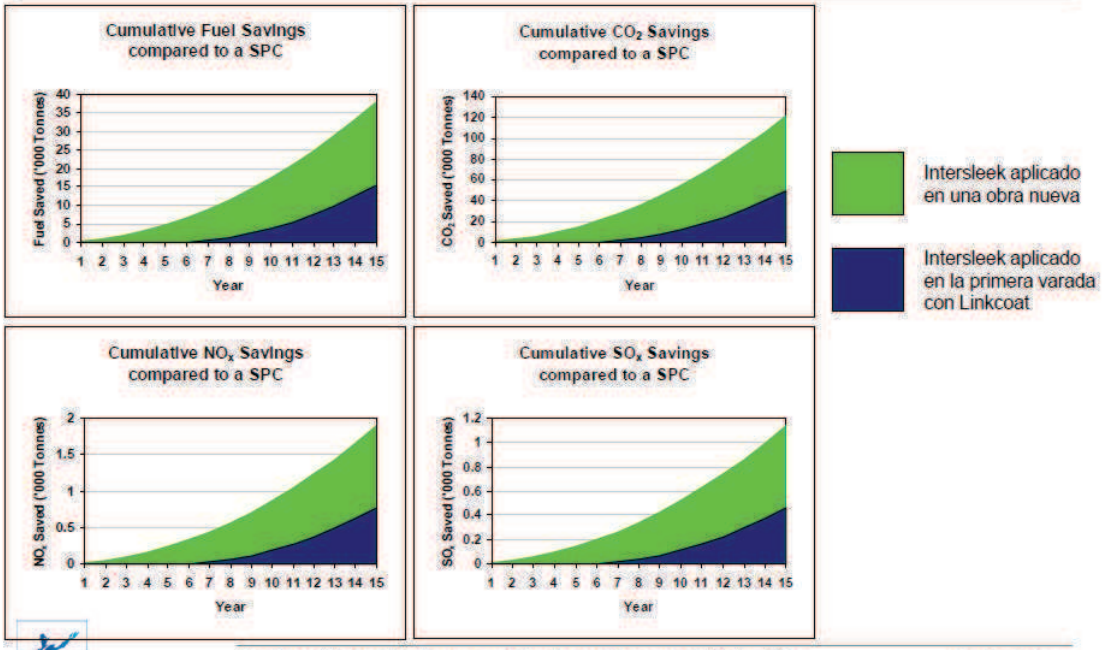
All products supplied and technical advice or recommendations given are subject to our standard Conditions of Sale. Marine Coatings


International
Baja Rugosidade y bajo coeficiente de friccion
Coeficiente de fricción Silicona & Fluorpolimero
Coefficient of friction
Static (dry)
Static (wet)
Kinetic (dry)
Kinetic (wet)
Silicona
Fluorpolimero
100 micrones
38% mas bajo coeficiente de fricción
75 micrones
25% smoother
100µ
Silicona
75µ
Fluorpolimero
Silicona
Fuel increase vs. time
4% economia
Fluoropolimero
Fuel increase vs. time
9% economia
Months
All products supplied and technical advice or recommendations given are subject to our standard Conditions of Sale.
Marine Coatings


International
Beneficios Ambientales del Fluoropolímero
Consumo de Combustible y Emisiones
Escenarios
1 – Antiincrustante SPC con biocidas usado en un nuevo proyecto
2 - Fluorpolimery aplicase a la primer entrada en dique seco con Linkcoat
3 - Fluorpolimery utilizado en un nuevo proyecto
Comparacion de uno SPC Antifouling en un Proyecto Nuevo
Change in Hull Roughness
AHR (microns)
Fuel Consumtion and CO2 Emissions
Fuel Consumed (tonnes)
CO2 emissions (tonnes)
Cost of Fuel and CO2
Fuel Cost (USD)
CO2 Cost (USD)
Fuel
CO2
All products supplied and technical advice or recommendations given are subject to our standard Conditions of Sale.
Marine Coatings

International

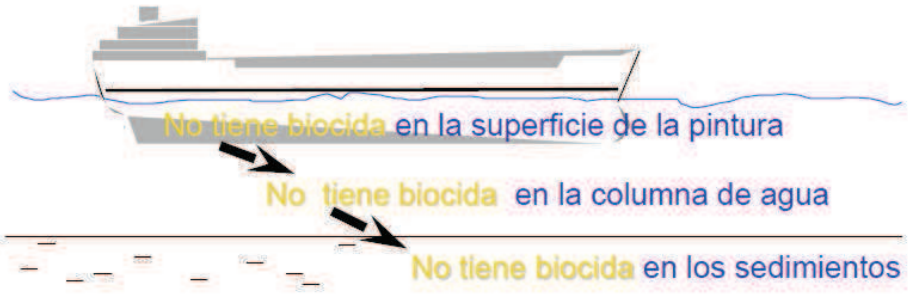
Beneficios Ambientales del Fluoropolímero
Consumo de Combustible y Emisiones



All products supplied and technical advice or recommendations given are subject to our standard Conditions of Sale.
Marine Coatings

International

Propiedades de performance del Fluoropolimery
Respecto a el medio ambiente - No es tóxico, no biocidas



¡No genera problemas ambientales!

All products supplied and technical advice or recommendations given are subject to our standard Conditions of Sale.
Marine Coatings

International

Antifoulings con Biocidas - Vision

Resumen de los problemas con biocidas Antifoulings

- **Impacto Ambiental**
  - La lixiviación de los biocidas puede conducir a la bio-acumulaión de toxinas en los ecosistemas
  - Biocidas Antifoulings están fuertemente regulados por lo que puede haber restricciones en el uso
- **Performance Limitada**
  - Biocidas Antifoulings tienen un rendimiento limitado sobre objetos estacionarios - un problema para estructuras offshore
  - Biocidas Antifoulings tienen una vida finita en general 3-5 años - un problema para estructuras marinas que requieren una larga vida en condiciones estaticas de servicio
  - Una vez que se ha alcanzado la máxima vida útil inicia el ensuciamiento muy rápido reduciendo en gran rapidez la visibilidad de las estructuras bajo de la agua haciendo mucho más difícil de llevar a cabo inspecciones
- **El aumento de costo durante la vida útil**
  - Una vez que se ha producido ensuciamiento, eliminación bajo el agua es extremadamente difícil y caro y también puede dañar los recubrimientos anti-corrosivos subyacentes

AkzoNobel

All products supplied and technical advice or recommendations given are subject to our standard Conditions of Sale.

Marine Coatings

International

Pintura de Fluoropolimero en Helices



AkzoNobel

All products supplied and technical advice or recommendations given are subject to our standard Conditions of Sale.

Marine Coatings

International

Helices quedan incrustados



All products supplied and technical advice or recommendations given are subject to our standard Conditions of Sale.

Marine Coatings

International

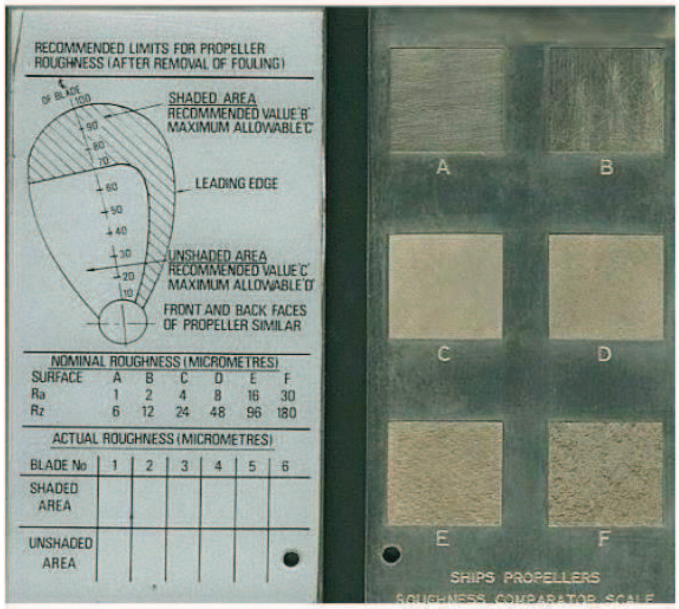
Medicion de la Rugosidade del Helice con el medidor de Rubert

Ra =

Mediana de rugosidade en la linea de centro

Rz =

Diez puntos altos de rugosidade

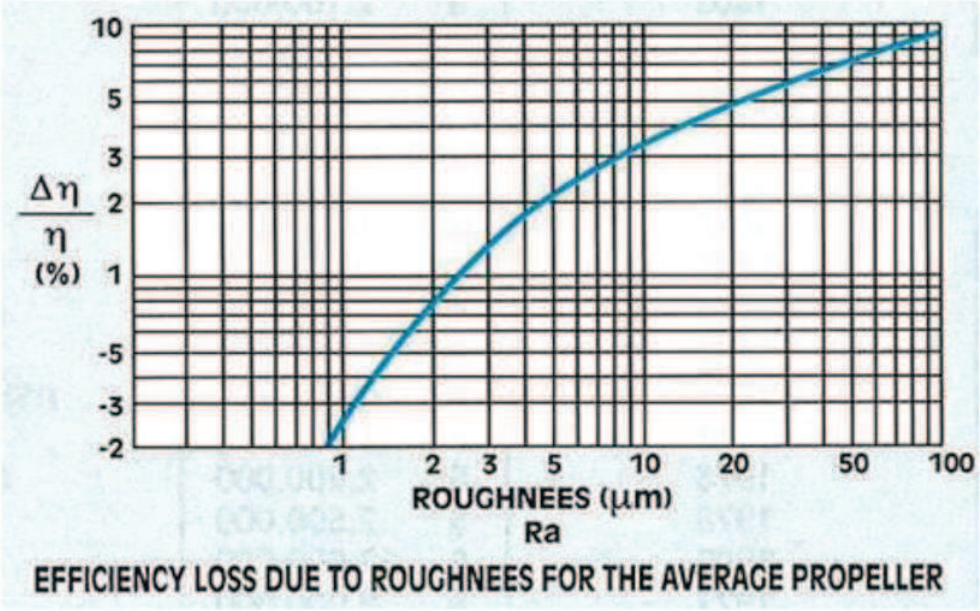


All products supplied and technical advice or recommendations given are subject to our standard Conditions of Sale.

Marine Coatings

International

Efecto de la rugosidade en la performance de lo Helice



EFFICIENCY LOSS DUE TO ROUGHNEES FOR THE AVERAGE PROPELLER

All products supplied and technical advice or recommendations given are subject to our standard Conditions of Sale. Marine Coatings

International

El Costo de Combustible para Buques*

Ship Type	Fuel pa*	1.50%	5.00%
Tanker - ULCC	$6,292,275	$94,384	$314,614
Tanker - 35k	$1,291,950	$19,379	$64,598
Bulker - Panamax	$1,454,640	$21,820	$72,732
Container - 110k Post-Panamax	$13,063,050	$195,946	$653,153
Container - 21k Feeder	$1,722,600	$25,839	$86,130
Ro-Ro - 6k	$2,009,700	$30,146	$100,485
Car Carrier - 12k	$2,402,070	$36,031	$120,104
Cruise - Panamax	$5,981,250	$89,719	$299,063
*Fuel cost = $165/te			

* Source: Clarksons Research

All products supplied and technical advice or recommendations given are subject to our standard Conditions of Sale. Marine Coatings

International

Trabajos de limpieza bajo de la agua es muy usado



Photos supplied by Underwater Maintenance Co., UK



AkzoNobel

All products supplied and technical advice or recommendations given are subject to our standard Conditions of Sale.

International

Teste de Desprendimiento - Japon

- "Casco y Helice pintado con pintura no poluente y antiincrustante" K. Matsushita and K. Ogawa, Paper 24, ICMES, 1993
- Consumo de Combustible por hora:
  - Helice pintado con silicona: 80.8 kg
  - Helice si pintura : 86.1 kg

Sin Pintura y con Incrustaciones





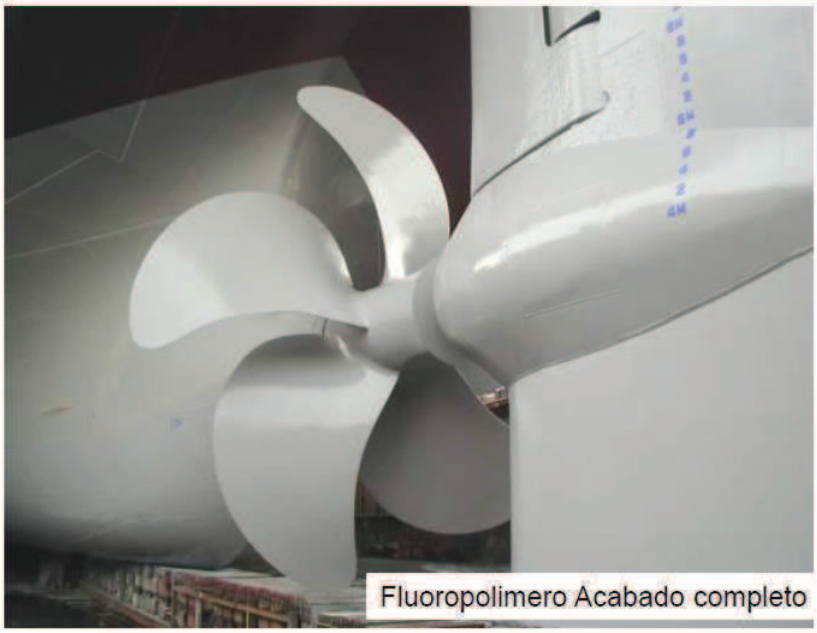
Pintado y Limpio

AkzoNobel

All products supplied and technical advice or recommendations given are subject to our standard Conditions of Sale.

International

LNG, Septembre 2001



Fluoropolimero Acabado completo

AkzoNobel

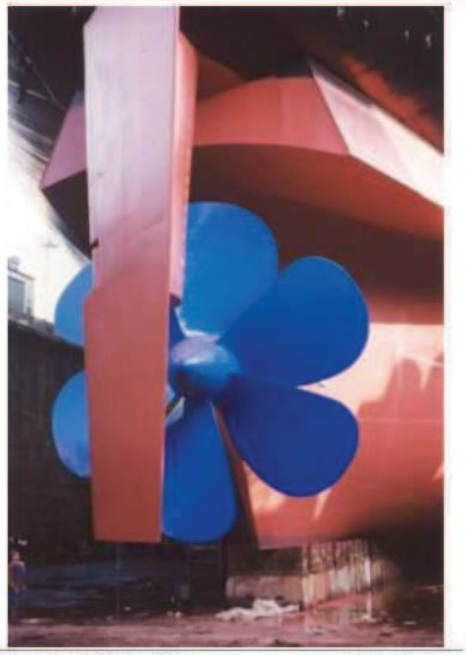
All products supplied and technical advice or recommendations given are subject to our standard Conditions of Sale.

Marine Coatings

International

LNG, Abril 2002





AkzoNobel

All products supplied and technical advice or recommendations given are subject to our standard Conditions of Sale.

Marine Coatings

International

Tanquero, Set 2002



AkzoNobel

All products supplied and technical advice or recommendations given are subject to our standard Conditions of Sale.

Marine Coatings

International

Armada de Canada, Abril 2003



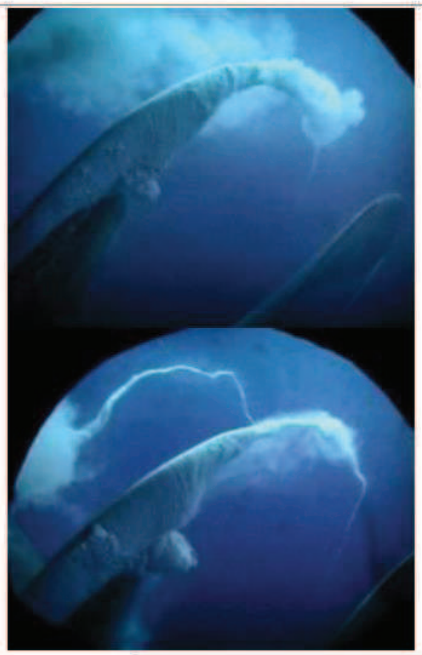
AkzoNobel

All products supplied and technical advice or recommendations given are subject to our standard Conditions of Sale.

Marine Coatings

International

Cavitacion





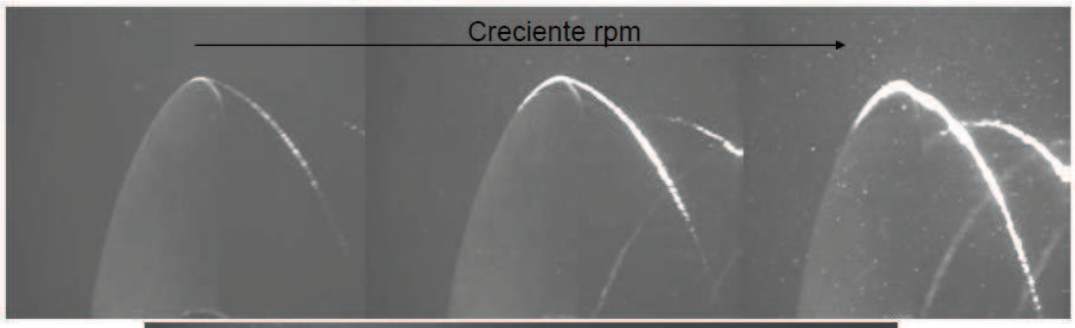
AkzoNobel

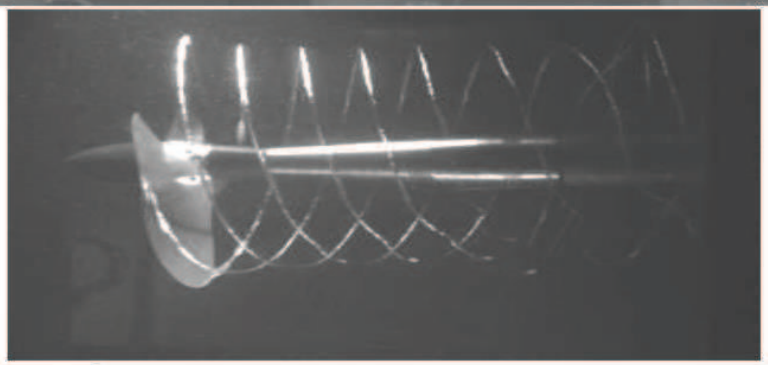
All products supplied and technical advice or recommendations given are subject to our standard Conditions of Sale.

Marine Coatings

International

Cavitacion





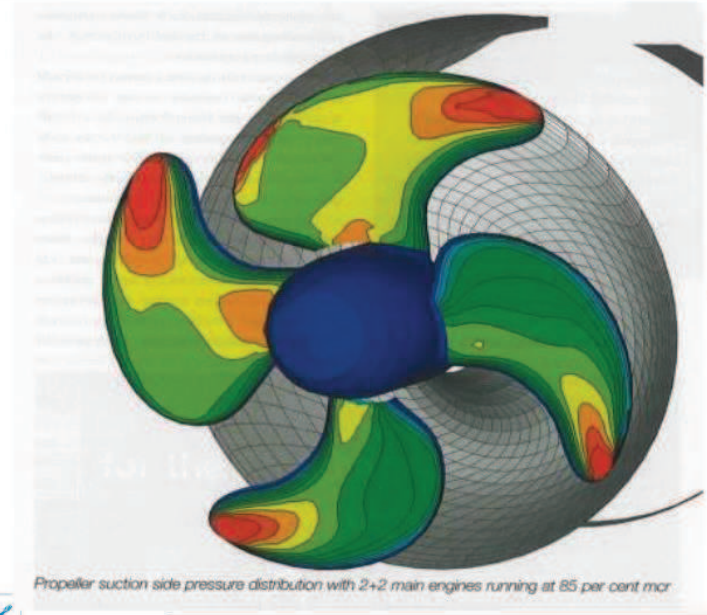
AkzoNobel

All products supplied and technical advice or recommendations given are subject to our standard Conditions of Sale.

Marine Coatings

International

Distribuición de la Presion



Propeller suction side pressure distribution with 2+2 main engines running at 85 per cent mcr

Fuente: Marine Propulsion Journal, Feb/March 2006, page57

AkzoNobel

All products supplied and technical advice or recommendations given are subject to our standard Conditions of Sale.

Marine Coatings

International

Resultados de la Performance

- Algunos propietarios han informado resultados beneficiosos, tales como:
  - Reducción de ruido de cavitación inducida
  - Mas deslizamiento
  - Menos combustible
  - No requiere limpieza
  - Vibración reducido ("efecto de amortiguación")

- Otros propietarios no han notado ningún efecto en el rendimiento después de aplicar Fluoropolimero en la hélice!

Hyperlink for "Titus" (June 02 – Feb 03, 8 mo.)

AkzoNobel

All products supplied and technical advice or recommendations given are subject to our standard Conditions of Sale.

Marine Coatings

International

Comparison entre Tanqueros

	Tanquero A	Tanquero B
Tipo	Aframax	Aframax
Treatamiento	Fluorpolimero	Polished
Viaje	USA ⇆ Venezuela	USA ⇆ Venezuela
Velocidad fuera de doca	14.7 nudos	14.0 nudos
Velocidad despues 1¼ años	14.7 nudos	13.6 nudos
Consumo de combustible		
Al dia	38.4 te	41.6 te
Deslize sin Fluoropolimero	10%	8%
Deslize con Fluoropolimero	5%	-

"Hubo una reducción notable del ruido inducido por la hélice, mientras que en la condición de lastre, y mejoró ligeramente en la condición de carga completa ... esto fue un verdadero beneficio de la hélice pintada"

AkzoNobel

All products supplied and technical advice or recommendations given are subject to our standard Conditions of Sale. Marine Coatings

International

Contanero, Marzo 2005 (35 meses)

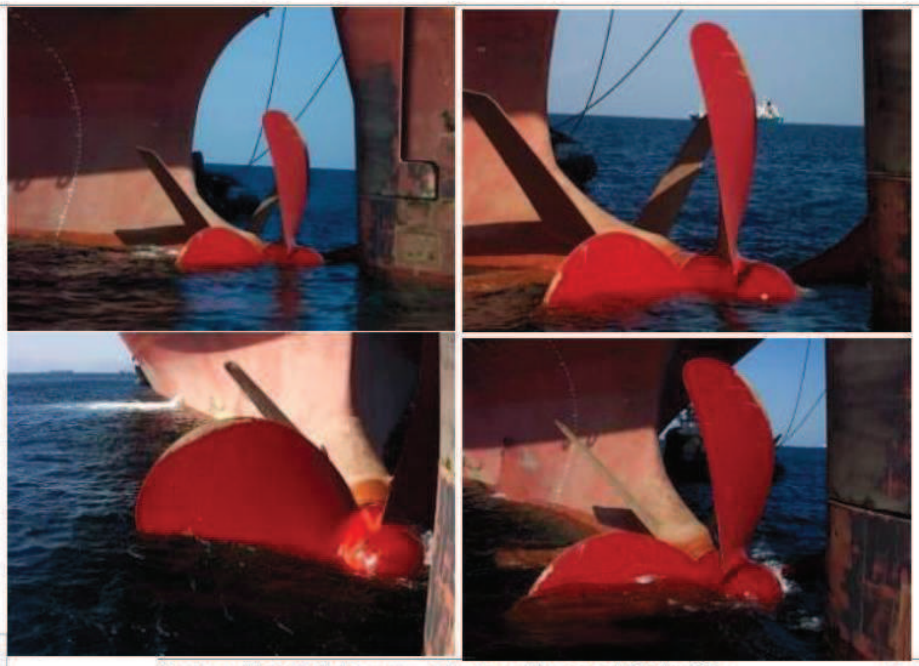


AkzoNobel

All products supplied and technical advice or recommendations given are subject to our standard Conditions of Sale. Marine Coatings

International

Tanquero, Dec 04 (12 meses)



AkzoNobel

All products supplied and technical advice or recommendations given are subject to our standard Conditions of Sale.

Marine Coatings

International

Tanquero, Agosto 2005 (35 meses)



AkzoNobel

All products supplied and technical advice or recommendations given are subject to our standard Conditions of Sale.

Marine Coatings

International

Tanquero, Mayo 2005 (23 meses)



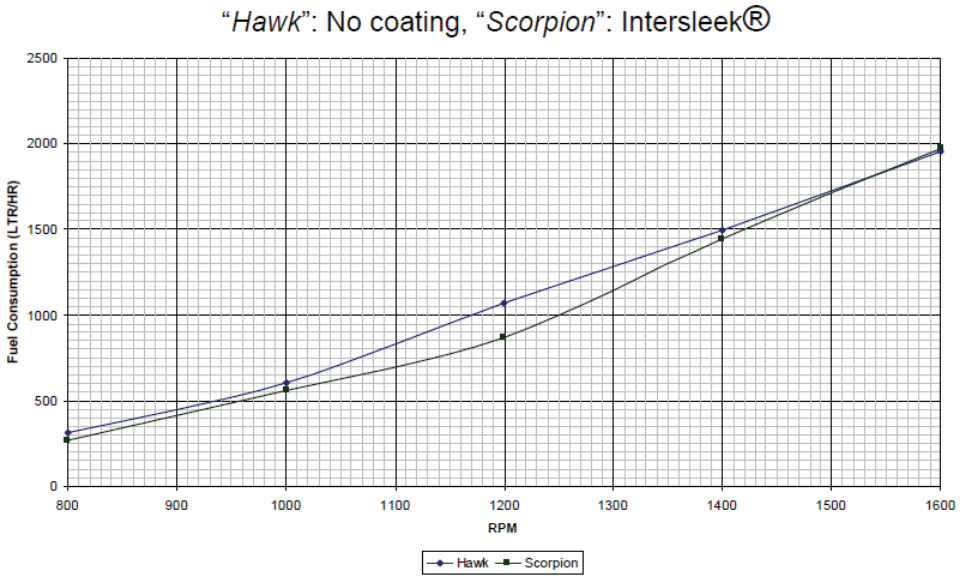
AkzoNobel

All products supplied and technical advice or recommendations given are subject to our standard Conditions of Sale.

Marine Coatings

International

Teste en La Armada de Singapore – P81



AkzoNobel

All products supplied and technical advice or recommendations given are subject to our standard Conditions of Sale.

Marine Coatings

International

Teste en La Armada de Singapore – P81



AkzoNobel

All products supplied and technical advice or recommendations given are subject to our standard Conditions of Sale.

Marine Coatings

International

Teste en La Armada de Singapore – P81



AkzoNobel

All products supplied and technical advice or recommendations given are subject to our standard Conditions of Sale.

Marine Coatings

International

Fluorpolimero en Helices - Conclusion

- Fluoropolimero puede aumentar la eficiencia de las hélices de las siguientes maneras:
  - No se ensuciamiento donde el recubrimiento permanece intacto
  - No requiere limpieza en agua
  - Reducción de ruido de cavitación inducida en ciertos casos

- Los ensayos continúan en la Universidad de Newcastle y en los buques para comprender y cuantificar estos beneficios más adelante.

AkzoNobel

All products supplied and technical advice or recommendations given are subject to our standard Conditions of Sale.

Marine Coatings

International

Beneficios de la nueva Tecnologia

A frota mundial consome 300 milhões de toneladas de combustível por ano a un custo estimado de $75 bilhões (US$250/te)

O potencial de ecomomia de combustível do Fluorpolímero é de 24 milhões de toneladas por año:

= Ecomomia de $6 bilhões

= Reducción de 76 millones de toneladas de emisiones de CO_2

= Redução de até 1,4 millones de toneladas de emisiones de SO_x

AkzoNobel

All products supplied and technical advice or recommendations given are subject to our standard Conditions of Sale.

Marine Coatings



International.

Delivering
Solutions through
Global Experience

www.international-pc.com

AkzoNobel

All products supplied and technical advice or recommendations given are subject to our standard Conditions of Sale.

Marine Coatings

CT-1 EDUCACIÓN

INSTITUTO PANAMERICANO DE INGENIERIA NAVAL
PAN-AMERICAN INSTITUTE OF NAVAL ENGINEERING
INSTITUTO PAN-AMERICANO DE ENGENHARIA NAVAL

HISTORIA DE LOS COPINAVALES

Marvin A. Gutiérrez M.

Del I al XXIII COPINAVAL 2013

Nueva Esparta, Venezuela 2013

INSTITUTO PANAMERICANO DE INGENIERIA NAVAL
PAN-AMERICAN INSTITUTE OF NAVAL ENGINEERING
INSTITUTO PAN-AMERICANO DE ENGENHARIA NAVAL

I COPINAVAL

SEDE: RIO DE JANEIRO, BRASIL

FECHA: DEL 30 DE MAYO AL 6 DE JUNIO 1966



Presidente.	Alte. Jorge Celso Macedo Soares G.	(Brasil)
Vicepresidente 1°.	Ing. Eduardo Manera	(Argentina)
Vicepresidente 2°.	Cmte. Jorge Dellepiane	(Perú)
Director Técnico.	Ing. Mattew Forrest	(E.U.A.)
Director Tesorero.	Cap. Enrique Díaz	(Argentina)

Asistieron mas de 400 participantes de países de América y otros continentes.

El día 02 de Junio, las Delegaciones de los países asistentes de América, aprobaron la creación del Instituto Panamericano de Ingeniería Naval.

INSTITUTO PANAMERICANO DE INGENIERIA NAVAL
PAN-AMERICAN INSTITUTE OF NAVAL ENGINEERING
INSTITUTO PAN-AMERICANO DE ENGENHARIA NAVAL

II COPINAVAL

SEDE: RIO DE JANEIRO, BRASIL

FECHA: JUNIO 1969



Presidente.	Alte. Jorge Celso Macedo Soares G.	(Brasil)
Vicepresidente 1°.	Ing. Eduardo Manera	(Argentina)
Vicepresidente 2°.	Cmte. Jorge Dellepiane	(Perú)
Director Técnico.	Ing. Mattew Forrest	(E.U.A.)
Director Tesorero.	Cap. Enrique Díaz	(Argentina)

Se había elegido a la Ciudad de Buenos Aires, Argentina como sede del II COPINAVAL, para el año 1968, por diversos problemas Argentina no pudo realizar este congreso, ni tampoco Perú propuesto como sede alterna, por lo que quedo la misma mesa directiva del primero. Realizándose nuevamente en Rio de Janeiro la reunión del COPINAVAL.

INSTITUTO PANAMERICANO DE INGENIERIA NAVAL
PAN-AMERICAN INSTITUTE OF NAVAL ENGINEERING
INSTITUTO PAN-AMERICANO DE ENGENHARIA NAVAL

III COPINAVAL

SEDE: BUENOS AIRES, ARGENTINA

FECHA: JUNIO 1973



Presidente.	Cap. Navío Enrique R.A. Carranza	(Argentina)
Vicepresidente 1°.	Alte. Joaquín Carlos Do Rego M.	(Brasil)
Vicepresidente 2°.	Ing. Raúl Montalvo	(Perú)
Director Técnico.	Ing. Amelio D'Arcangelo	(E.U.A.)
Director Tesorero.	Cmte. Paolo Justino Strauss	(Brasil)

Centro Cultural San Martín, el IPIN realizó su III COPINAVAL, un congreso con una participación de mas de 300 delegados memorable en todos sus aspectos. Así mismo se inauguró la Exposición Industrial Marina (Marinexpo'73)

INSTITUTO PANAMERICANO DE INGENIERIA NAVAL
PAN-AMERICAN INSTITUTE OF NAVAL ENGINEERING
INSTITUTO PAN-AMERICANO DE ENGENHARIA NAVAL

IV COPINAVAL

SEDE: LIMA, PERU

FECHA: DEL 18 AL 21 DE NOVIEMBRE 1975



Presidente.	César Villaran Tapia	(Perú)
Vicepresidente 1°.	Ing. Murillo Da Cunha D.	(Brasil)
Vicepresidente 2°.	Robert Cashman	(E.U.A.)
Director Técnico.	Jorge Delucchi	(Argentina)
Director Tesorero.	Antonio Carlos F. Loya	(Brasil)

Se imprime el primer periódico del IPIN, el Glosario de Términos Técnicos Navales y se inicia el programa de prácticas navales, también se inició la Publicación Periódica de IPEN BULLETINS, gracias al apoyo de SIMA-CALLAO, y se volvió a realizar por segunda ocasión la Marinexpo'75.

INSTITUTO PANAMERICANO DE INGENIERIA NAVAL
PAN-AMERICAN INSTITUTE OF NAVAL ENGINEERING
INSTITUTO PAN-AMERICANO DE ENGENHARIA NAVAL

V COPINAVAL

SEDE: CARACAS, VENEZUELA

FECHA: 26 DE SEPTIEMBRE AL 1° DE OCTUBRE DE 1977



Presidente.	José Gonzalo Peñaloza Arenas	(Venezuela)
Vicepresidente 1°.	Ing. Murillo Da Cunha Donato	(Brasil)
Vicepresidente 2°.	Rolando Marini	(Argentina)
Director Técnico.	Amelio D'Arcangello	(E.U.A.)
Director Tesorero.	Murillo Vinhas de Queiroz	(Brasil)

En el Hotel Hilton de la Ciudad de Caracas, Venezuela se realizó la Ceremonia Inaugural y en el Edificio Parque Central se efectuaron las Jornadas Técnicas con la presencia de más de 380 delegados que presentaron 77 trabajos técnicos, así como la Marinexpo'77.

INSTITUTO PANAMERICANO DE INGENIERIA NAVAL
PAN-AMERICAN INSTITUTE OF NAVAL ENGINEERING
INSTITUTO PAN-AMERICANO DE ENGENHARIA NAVAL

VI COPINAVAL

SEDE: VERACRUZ, MEXICO

FECHA: Del 17 al 21 de Septiembre de 1979



Presidente.	Ing. Marvin A. Gutiérrez Morales	(México)
Vicepresidente 1°.	Vicente Francisco Forte	(Argentina)
Vicepresidente 2°.	Guillermo Montero	(Chile)
Director Técnico.	Hugo Friedrich Schiek Jr.	(Brasil)
Director Tesorero.	Orlando Correa Neto	(Brasil)

En sesión de cabildo del Palacio Municipal de Veracruz, los 318 delegados de países de América y Europa, fueron homenajeados al entregárseles un pergamino declarándolos "Visitantes Distinguidos", se efectuó también la Marinexpo'79.

INSTITUTO PANAMERICANO DE INGENIERIA NAVAL
PAN-AMERICAN INSTITUTE OF NAVAL ENGINEERING
INSTITUTO PAN-AMERICANO DE ENGENHARIA NAVAL

VII COPINAVAL

SEDE: VIÑA DEL MAR, CHILE

FECHA: DEL 19 AL 24 DE OCTUBRE DE 1981



Presidente.	Oscar Paredes Vignolo	(Chile)
Vicepresidente 1°.	Guillermo Escalante	(Argentina)
Vicepresidente 2°.	Victor Posso Carrillo	(Perú)
Director Técnico.	Manuel Eduardo De Sousa Santos	(Brasil)
Director Tesorero.	Decio Mauro Da Cunha	(Brasil)

En las instalaciones del Hotel O'Higgins. Asistieron más de 250 delegados y los trabajos técnicos presentados fueron 97 que se atendieron en sesiones técnicas simultaneas, inaugurando también la Marinexpo'81.

INSTITUTO PANAMERICANO DE INGENIERIA NAVAL
PAN-AMERICAN INSTITUTE OF NAVAL ENGINEERING
INSTITUTO PAN-AMERICANO DE ENGENHARIA NAVAL

VIII COPINAVAL



SEDE: WASHINGTON D.C. E.U.A

FECHA: DEL 13 AL 16 DE SEPTIEMBRE DEL 1983

Presidente.	James Walker Lisamby	(E.U.A.)
Vicepresidente 1°.	Cristóbal Mariscal	(Ecuador)
Vicepresidente 2°.	Rubén Ramos Rodríguez	(Uruguay)
Director Técnico.	Laudman J. Richoux	(Brasil)
Director Tesorero.	Manuel Eduardo de Sousa Santos	(Brasil)

Asistieron más de 350 delegados, se presentaron 186 trabajos técnicos, se realizo simultáneamente el Simposio de Buques Militares (SYMMISSEL) y se inauguró la Marinexpo'83.

INSTITUTO PANAMERICANO DE INGENIERIA NAVAL
PAN-AMERICAN INSTITUTE OF NAVAL ENGINEERING
INSTITUTO PAN-AMERICANO DE ENGENHARIA NAVAL

IX COPINAVAL



SEDE: GUAYAQUIL, ECUADOR

FECHA: DEL 15 AL 18 DE JULIO DE 1985

Presidente.	Guillermo Dueñas-Iturralde	(Ecuador)
Vicepresidente 1°.	Mauro Fernando Orofino Campos	(Brasil)
Vicepresidente 2°.	Mario F.C. Santarelli	(Argentina)
Director Técnico.	Víctor Posso Carrillo	(Perú)
Director Tesorero.	Decio Mauro Rodríguez Da Cunha	(Brasil)

Asistieron delegaciones de países de América y de Europa, se realizo el primer simposio panamericano sobre educación en Ingeniería Naval SYMMEDUC inaugurándose también la Marinexpo'85.

INSTITUTO PANAMERICANO DE INGENIERIA NAVAL
PAN-AMERICAN INSTITUTE OF NAVAL ENGINEERING
INSTITUTO PAN-AMERICANO DE ENGENHARIA NAVAL

X COPINAVAL

SEDE: RIO DE JANEIRO, BRASIL
FECHA: DEL 21 AL 25 DE JUNIO 1987



Presidente.	Mauro Fernando Orofino Campos	(Brasil)
Vicepresidente 1°.	Mario F.C. Santarelli	(Argentina)
Vicepresidente 2°.	Sergio Ostornol Vankla	(Chile)
Director Técnico.	Cristóbal Mariscal Díaz	(Ecuador)
Director Tesorero.	Decio Mauro Rodríguez Da Cunha	(Brasil)

Con una presencia de mas de 300 delegados se inauguro el X COPIVANAL donde se presentaron 170 ponencias técnicas, se realizo el primer Simposio sobre construcción de buques militares SYMMISSEL así como se inauguró la Marinexpo'87.

INSTITUTO PANAMERICANO DE INGENIERIA NAVAL
PAN-AMERICAN INSTITUTE OF NAVAL ENGINEERING
INSTITUTO PAN-AMERICANO DE ENGENHARIA NAVAL

XI COPINAVAL

SEDE: VIÑA DEL MAR, CHILE
FECHA: OCTUBRE DE 1989



Presidente.	Harold Rosenqvist Señores	(Chile)
Vicepresidente 1°.	Mario F.C. Santarelli	(Argentina)
Vicepresidente 2°.	Augusto Brito Ascanio	(Venezuela)
Director Técnico.	Reynaldo Brown Do Rego Mecedo	(Brasil)
Director Tesorero.	Manuel E. De Sousa Santos	(Brasil)

Asistieron 242 delegados, presentándose 187 trabajos técnicos, se realizo el II SYMMEDU y el II SYMMSSEL, inaugurándose también la Marinexpo'89 .

INSTITUTO PANAMERICANO DE INGENIERIA NAVAL
PAN-AMERICAN INSTITUTE OF NAVAL ENGINEERING
INSTITUTO PAN-AMERICANO DE ENGENHARIA NAVAL

XII COPINAVAL

SEDE: BUENOS AIRES ARGENTINA

FECHA: 21 AL 25 DE JUNIO DE 1991



Presidente.	Héctor Jorge Macchi	(Argentina)
Vicepresidente 1°.	Augusto Brito Ascanio	(Venezuela)
Vicepresidente 2°.	Renán Zúñiga Mossone	(Perú)
Director Técnico.	Nexton Do Amaral Figueireo	(Brasil)
Director Tesorero.	Reynaldo Brown Do Rego Mecedo	(Brasil)

Se presentaron 60 trabajos técnicos y asistieron más de 200 delegados. Junto con el COPINAVAL se realizaría el 3° Simposium sobre Diseño y Construcción de Navíos Militares (SYMMISSEL) y la ya Tradicional Marinexpo'91.

INSTITUTO PANAMERICANO DE INGENIERIA NAVAL
PAN-AMERICAN INSTITUTE OF NAVAL ENGINEERING
INSTITUTO PAN-AMERICANO DE ENGENHARIA NAVAL

XIII COPINAVAL

SEDE: CARACAS, VENEZUELA

FECHA: DEL 7 AL 10 DE JUNIO DEL 1993



Presidente.	Ignacio Pena Cimarro	(Venezuela)
Vicepresidente 1°.	Renan Zúñiga Mossone	(Perú)
Vicepresidente 2°.	Juan Carlos Camnasio	(Uruguay)
Director Técnico.	Eduardo Miguel Devoto	(Argentina)
Director Tesorero.	Manuel Eduardo de Sousa Santos	(Brasil)

Con cerca de 230 delegados, se presentaron 72 trabajos técnicos, se realizaron simultáneamente el III Simposio sobre educación SYMMEDUC y el IV Simposio sobre construcción de buques militares SYMMISSEL. Se inauguró la Marinexpo'93.

INSTITUTO PANAMERICANO DE INGENIERIA NAVAL
PAN-AMERICAN INSTITUTE OF NAVAL ENGINEERING
INSTITUTO PAN-AMERICANO DE ENGENHARIA NAVAL

XIV COPINAVAL



SEDE: LIMA, PERU

FECHA: DEL 13 AL 16 DE JUNIO DE 1995

Presidente.	Renan Zúñiga Massonie	(Perú)
Vicepresidente 1°.	Juan Carlos Camnasio	(Uruguay)
Vicepresidente 2°.	Fernando Olavarrieta Delgado	(México)
Director Técnico.	Manuel E. De Sousa Santos	(Brasil)
Director Tesorero.	Marco Antonio Vieira	(Brasil)

La Ceremonia Inaugural estuvo presidida por el Presidente del Perú Alberto Fujimori.

En sesión de la Asamblea General se rindió un homenaje a todos los Past-Presidents que con su tesón y esfuerzo han contribuido a los que es el IPIN; se presentaron 76 trabajos técnicos y asistieron cerca de 300 delegados así mismo inauguró la Marinexpo'95.

INSTITUTO PANAMERICANO DE INGENIERIA NAVAL
PAN-AMERICAN INSTITUTE OF NAVAL ENGINEERING
INSTITUTO PAN-AMERICANO DE ENGENHARIA NAVAL

XV COPINAVAL



SEDE: MONTEVIDEO, URUGUAY

FECHA: DEL 11 AL 14 DE NOVIEMBRE DE 1997

Presidente.	Juan Carlos Camnasio	(Uruguay)
Vicepresidente 1°.	Marvin A. Gutiérrez Morales	(México)
Vicepresidente 2°.	Juan Carlos Acosta	(Colombia)
Director Técnico.	Cristóbal Mariscal Díaz	(Ecuador)
Director Tesorero.	Luiz Alberto de Mattos	(Brasil)

200 Delegados del continente y Europa participaron en el Congreso donde se presentaron 62 trabajos técnicos junto con la Marinexpo'97.

INSTITUTO PANAMERICANO DE INGENIERIA NAVAL
PAN-AMERICAN INSTITUTE OF NAVAL ENGINEERING
INSTITUTO PAN-AMERICANO DE ENGENHARIA NAVAL

XVI COPINAVAL



SEDE: CARTAGENA, COLOMBIA
FECHA: DEL 19 AL 22 DE OCTUBRE 1999

Presidente.	Edgar Romero Vásquez	(Colombia)
Vicepresidente 1°.	Marvin A. Gutiérrez Morales	(México)
Vicepresidente 2°.	José González Cobas	(Cuba)
Director Técnico.	José Marcio Vasconcelos	(Brasil)
Director Tesorero.	Luiz Alberto de Mattos	(Brasil)

Con la asistencia de 228 delegados donde se presentaron 116 Ponencias con autores de diversos países ,simultáneamente se realizo la tradicional exposición marítima MARINEXPO '99.

INSTITUTO PANAMERICANO DE INGENIERIA NAVAL
PAN-AMERICAN INSTITUTE OF NAVAL ENGINEERING
INSTITUTO PAN-AMERICANO DE ENGENHARIA NAVAL

XVII COPINAVAL



SEDE: VERACRUZ, MEXICO
FECHA: 25 AL 28 DE OCTUBRE DEL 2001

Presidente.	Marvin A. Gutiérrez Morales	(México)
Vicepresidente 1°.	José González Cobas	(Cuba)
Vicepresidente 2°.	Hugo Cañarte Jalón	(Ecuador)
Director Técnico.	José Vásquez Salazar	(Venezuela)
Director Tesorero.	Luiz Alberto de Mattos	(Brasil)

152 delegados de diversos países se presentaron en Veracruz, presentando 98 ponencias y se realizaron simultáneamente los simposios sobre educación (IV SYMMEDUC) y Simposio sobre construcción de buques militares (VII SYMMISSEL) y la MARINEXPO'01.

INSTITUTO PANAMERICANO DE INGENIERIA NAVAL
PAN-AMERICAN INSTITUTE OF NAVAL ENGINEERING
INSTITUTO PAN-AMERICANO DE ENGENHARIA NAVAL

XVIII COPINAVAL

SEDE: LA HABANA, CUBA

FECHA: DEL 16 AL 19 DE SEPTIEMBRE DEL 2003



Presidente.	José González Cobas	(Cuba)
Vicepresidente 1°.	Jorge Cruz	(Ecuador)
Vicepresidente 2°.	Rui Carlos Botter	(Brasil)
Director Técnico.	Luiz Alberto de Mattos	(Brasil)
Director Tesorero.	Cristóbal Mariscal Díaz	(Ecuador)

La presentación de los 97 trabajos técnicos y la presencia de 200 delegados le dieron realce al evento. Realizado en el Palacio de Convenciones y en el Hotel Palco, se llevaron los trabajos sobre el simposio de educación (VII SYMMEDUC) y el Simposio sobre construcción de buques (VII SYMMISSEL) instalándose la tradicional MARINEXPO 2003.

INSTITUTO PANAMERICANO DE INGENIERIA NAVAL
PAN-AMERICAN INSTITUTE OF NAVAL ENGINEERING
INSTITUTO PAN-AMERICANO DE ENGENHARIA NAVAL

XIX COPINAVAL

SEDE: GUAYAQUIL, ECUADOR

FECHA: DEL 24 AL 28 DE OCTUBRE DEL 2005



Presidente.	Cristóbal Mariscal Díaz	(Ecuador)
Vicepresidente 1°.	Rui Carlos Botter	(Brasil)
Vicepresidente 2°.	Mauricio Ballejos	(Chile)
Director Técnico.	Luiz Alberto de Mattos	(Brasil)
Director Tesorero.	Marcos Bastidas	(Ecuador)

Se presentaron 119 ponencias por los 378 participantes de países de América y Europa conjuntamente se realizó la Marinexpo'2005; en sesión de clausura fue electo Brasil para la celebración del XX COPINAVAL.

INSTITUTO PANAMERICANO DE INGENIERIA NAVAL
PAN-AMERICAN INSTITUTE OF NAVAL ENGINEERING
INSTITUTO PAN-AMERICANO DE ENGENHARIA NAVAL

XX COPINAVAL



SEDE: SAO PAULO, BRASIL

FECHA: DEL 22 AL 26 DE OCTUBRE DEL 2007

Presidente.	Rui Carlos Botter	(Brasil)
Vicepresidente 1°.	Carlos Fanta de la Vega	(Chile)
Vicepresidente 2°.	Gerson Padron	(Venezuela)
Director Técnico.	Luiz Alberto de Mattos	(Brasil)
Director Tesorero.	Claudio Muller Sampaio	(Brasil)
Secretario Ejecutivo	Romir Ribeiro	(Brasil)

Extraordinario evento presentado en el hotel Transamérica, en 4 salas simultáneas se presentaron 148 ponencias, 7 conferencias magistrales, 1 mesa redonda sobre educación, 1 concurso de alumnos, el XI Simposio sobre educación (SYMMEDUC) y el X Simposio sobre construcción de buques militares (SYMMISSEL) así como la MARINEXPO'07.

INSTITUTO PANAMERICANO DE INGENIERIA NAVAL
PAN-AMERICAN INSTITUTE OF NAVAL ENGINEERING
INSTITUTO PAN-AMERICANO DE ENGENHARIA NAVAL

XXI COPINAVAL



SEDE: MONTEVIDEO, URUGUAY

FECHA: DEL 24 AL 28 DE OCTUBRE DEL 2007

Ante la imposibilidad del Presidente del IPIN , Va. Carlos Fanta de la Vega, de Chile de realizar el Copinaval. El Ing. Julio Coppola Vicepresidente 2°. Del Comité Directivo, se ofreció a realizarlo en su País Uruguay.

Vicepresidente 2°. Y Presidente Comité organizador	Ing. Julio Coppola	Uruguay
Vicepresidente 1°.	Berta Assie	Argentina
Director financiero .	Luis Alberto Mattos	Brasil
Director Técnico.	Eduardo troncoso U.	Chile
Secretario Ejecutivo .	Romir Ribeiro	Brasil

El Hotel Radison Victoria Plaza de Montevideo, fue la sede en donde en cinco salas se presentaron 121 Ponencias de los 213 participantes al XXI Copinaval, al Simposio sobre Educación SYMEDUC, al Simposio de Buques Militares SIMMISSEL.
También se montaron los stands de la tradicional MARINEXPO 2007.

INSTITUTO PANAMERICANO DE INGENIERIA NAVAL
PAN-AMERICAN INSTITUTE OF NAVAL ENGINEERING
INSTITUTO PAN-AMERICANO DE ENGENHARIA NAVAL

XXII COPINAVAL

SEDE: BUENOS AIRES, ARGENTINA

FECHA: DEL 27 AL 30 DE SEPTIEMBRE DE 2011



Presidente.	Berta Assie	(Argentina)
Vicepresidente 1°.	Julio Cesar Coppola	(Uruguay)
Vicepresidente 2°.	José Passariello Verdicchio	(Venezuela)
Directo Técnico.	Carlos Brañas	(Argentina)
Director Tesorero.	Luiz Alberto de Mattos	(Brasil)

El evento se realizo en el Hotel Hilton se presentaron 350 delegados y participantes de todo el mundo, se presentaran 200 trabajos técnicos.
Se realizo el XI Simposio sobre Educacion (SYMMEDU) y el XII Simposio sobre construcción de Buques militares (SYMMISSEL).

INSTITUTO PANAMERICANO DE INGENIERIA NAVAL
PAN-AMERICAN INSTITUTE OF NAVAL ENGINEERING
INSTITUTO PAN-AMERICANO DE ENGENHARIA NAVAL

XXIII COPINAVAL

SEDE: NUEVA ESPARTA, VENEZUELA

FECHA: DEL 30 SEPTIEMBRE AL 04 DE OCTUBRE DE 2013



Presidente.	Jose Passariello Verdicchio	(Venezuela)
Vicepresidente 1°.	Julio Cesar Coppola	(Uruguay)
Vicepresidente 2°.	Gilberto Becerra Arevalo	(Peru)
Directo Técnico.	Jose Marcio Vasconcelos	(Brasil)
Director Tesorero.	Luiz Alberto de Mattos	(Brasil)

En el hotel Venetur, de Isla Margarita, Venezuela, se llevo a cabo el XXIII COPINAVAL donde se presentaron 125 ponencias por los 317 delegados. Habrá un foro sobre el futuro de la carrera de Ingeniería Naval en Latinoamérica y la fundación del Instituto de Servicios Tecnológicos y Productivos. Se realizó la tradicional MARINEXPO13.


COPINAVAL 95
LIMA 13 -16 Junio PERU
XV COPINAVAL
MARINEXPO '97
MONTEVIDEO - URUGUAY
Irrumpen olas del saber
procurando perfiles exitosos
ahías de la Tecnología y la Ciencia
XII CONGRESO PANAMERICANO DE INGENIERIA NAVAL,
TRANSPORTE MARITIMO E INGENIERIA PORTUARIA
Buenos Aires 30 de Septiembre al 3 de Octubre de 1991
BIENVENIDOS
COPINAVAL '99
AP & GF
MARINE SOFTWARE



El estudiante de Ingeniería Naval de la ESPOL y la excelencia Académica

Ing. Cristóbal Mariscal Díaz
Profesor Principal
Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)
Km. 30.5 Vía Perimetral
Guayaquil, Ecuador
email: cmaris@espol.edu.ec
Teléfono: (5934) 2269461

RESUMEN

Los resultados de la evaluación de los criterios e indicadores (especialmente los de ABET y CDIO) que se usan para medir la excelencia de la educación que se imparte en la carrera de Ingeniería Naval de la ESPOL demuestran que se superan ampliamente lo indicado por esos criterios, sin embargo al comparar los promedios de calificaciones de los estudiantes que siguen la carrera de Ingeniería Naval, estos promedios son menores a los que obtienen estudiantes de otras carreras, que son consideradas “blandas”, que se dan en la misma Facultad. Esta situación preocupa al autor de este trabajo ya que los docentes han recibido la capacitación en la aplicación en sus clases de los métodos más avanzados de enseñanza, de evaluación, tienen claro los factores y tendencias claves de la ingeniería, etc.

A través de dos encuestas llevadas para que desde el punto de vista del estudiante se encuentren razones del porqué de la situación, y en una de ellas contrastando con la opinión de profesores, aplicando el Diagrama de Pareto se determinan las probables causas y se dan recomendaciones para solucionar los problemas encontrados.

La sencillez y efectividad del método lo hace recomendable para usarse en la evaluación de situaciones similares que se pudieran dar en las facultades de Ingeniería Naval de las universidades pertenecientes al IPIN

Tienes que descubrir para qué estás hecho y debes trabajar tenazmente para lograr la excelencia en tu campo de trabajo. Si estás llamado a ser barrendero de la calle, deberías barrer las calles tal como Miguel Ángel pintaba, Beethoven componía música o Shakespeare escribía poesía
—Martin Luther King, Jr.

Como no podría ser de otra manera la ESPOL está envuelta en aquello de buscar la excelencia académica y es así como las actividades de la comunidad politécnica se enmarcan en lograr el objetivo de excelencia. Su misión lo revela:

“Formar profesionales de excelencia, lideres, emprendedores, con sólidos valores morales y éticos que contribuyan al desarrollo del país, para mejorarlo en lo social, económico, ambiental y político. Hacer investigación, transferencia de tecnología y extensión de calidad para servir a la sociedad”.

De acuerdo a este lineamiento para la carrera de Ingeniería Naval se definió la siguiente misión:
“Formar profesionales de excelencia en Ingeniería Naval, con una amplia sensibilidad cultural, ética ambiental y social, con capacidad de pensamiento crítico y habilidades de emprendimiento y gestión para solucionar los problemas de su especialidad, con aptitudes para investigar y difundir nuevos conocimientos y resolver problemas del sector, individualmente y como miembros de grupos interdisciplinarios.”

Para asegurar que se cumple esta misión la ESPOL decidió que sus carreras de Ingeniería, entre las cuales se encuentra la de Naval, sean acreditadas por la ABET

(En el 2005 cambió oficialmente su nombre a ABET y dejó a un lado lo de Accreditation Board for Engineering and Technology), organismo de acreditación de los Estados Unidos de América. ABET actualmente tiene acreditados más de 3100 programas de 670 universidades en 24 países.

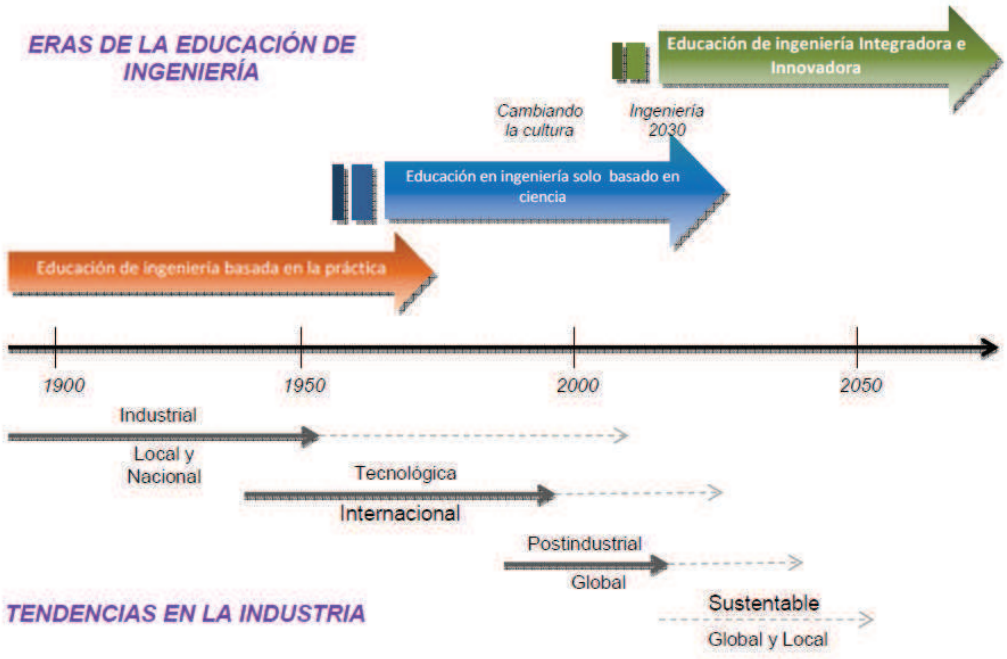
Preparando el proceso oficial se recibió una visita evaluadora para establecer en qué situación se estaba en cada una de las carreras de ingeniería para poder ya realizar el pedido oficial de inicio del proceso de acreditación.

Por otro lado el Consejo ecuatoriano de evaluación y acreditación de la Educación Superior del Ecuador anuncia su visita de evaluación a la ESPOL, proceso que se supone ratificará la calificación de universidad categoría A a la institución.

Todos estos procesos evaluativos hacen que se elaboren indicadores de calidad y se apliquen los más variados métodos (científicos o no) para establecer si se cumplen o no los parámetros que se han acordado como reveladores del cumplimiento de la misión politécnica. Los resultados hasta la fecha obtenidos indican que se sobrepasan los valores establecidos para calificar la calidad de la enseñanza politécnica.

Sin embargo en la última sesión de premiación a los mejores graduados de la ESPOL se notó que el promedio de las calificaciones de los estudiantes de Ingeniería Naval no alcanzaron el puntaje necesario para ser considerados dentro del cuadro de honor de los graduantes (prevaleció el promedio de estudiantes de otras carreras de la FIMCBOR consideradas “suaves”) por lo que me nació la inquietud de analizar el porqué de esta situación si los parámetros de evaluación de la calidad de la enseñanza de la carrera son cumplidos ampliamente, los docentes además de los conocimientos propios de la especialidad han recibido la capacitación en la aplicación en sus clases de los métodos más avanzados de enseñanza, de evaluación, tienen claro los factores y tendencias claves de la ingeniería, el curriculum está diseñado pensando en las necesidades de una sociedad moderna y

cuyas orientaciones están representadas brillantemente el gráfico tomado de la referencia 1, etc.



Lo primero a hacer que se viene a la mente es ver si la institución como un todo está favoreciendo a los estudiantes de carreras suaves y sigue siendo rígida en la calificación de los estudiantes de carreras duras. ¿Cómo está la ESPOL dentro del contexto internacional?. Lo que se habla cotidianamente en la evaluación universitaria es del índice de la Universidad de Shangay (índice considerado no aplicable a la realidad sudamericana por lo que las reuniones de rectores apoyan la creación de un sistema evaluador más ajustado a las condiciones de nuestras universidades).

Luego, no encontrando estudiante de la ESPOL que haya ganado un premio Nobel (la categoría de Ingeniería Naval no está considerada para los mencionados premios), busqué en el método español (cálculo del ICE = Indice Clásico de Excelencia) para comparar que podía usar para responder mi inquietud. Actualmente se han intercalado al índice mostrado en la siguiente tabla 2 factores adicionales (Recursos PAS y Funcionamiento LES) y se han modificado los pesos de los 8 factores y así tener indicadores más eficientes.

Factor	Indicador	Peso para el índice final
Calidad de la educación	Alumnos ganadores de Premios Nóbel y Medallas de Excelencia en Matemáticas	10%
Calidad del Centro de Enseñanza	Docentes ganadores de Premios Nóbel y Medallas de Excelencia en Matemáticas	20%
	Número de citas de investigadores en 21 categorías	20%
Investigaciones publicadas	Artículos publicados en Revistas Especializadas y seleccionadas	20%
	Artículos citados en Revistas indexadas.	20%
Tamaño del Centro de Estudios	Índice compuesto de productividad académica (cinco indicadores) con relación al número de docentes a tiempo completo del Centro de Enseñanza	10%
Total		**100%**

ICE = (FET*2 + PRO*10 + LBE*2 +MPR/2 +ETC + TDE*15) / 40

Ítem	Nombre del indicador	Detalle del indicador	Universidades
			Todas (63)
1	FET	Número de carreras que se imparten	15
2	PRO	Número de docentes por 100 estudiantes	6
3	LBE	Número de libros en Biblioteca por estudiante	17
4	MPR	Número de docentes mujeres sobre total docentes	34%
5	ETC	% de estudiantes que terminan la carrera en los años justos	64%
6	TDE	Títulos de Doctor extendidos en el año por 1000 estudiantes	3.8%
Valor promedio del indicador			**6.3**

Los indicadores aplicables a la ESPOL son cumplidos por lo que busquemos lo que pasa en la evaluación del rendimiento académico de los estudiantes.
Hay que resaltar que la ESPOL está muy bien situada en índices como los de webmetrics, green metrics y similares.

Dentro de los conceptos de calidad universitaria se dice que existe cuando los profesionales que forma se integran adecuadamente a la sociedad y realizan sus actividades eficientemente. En el caso de los graduados de Ingeniería Naval esto se cumple eficaz y eficientemente. Esto demuestra que tienen una excelente preparación.

También se propugna que la excelencia académica se reconoce en el estudiante de nivel y cualidades superiores a los demás. Hasta antes de que exista un examen a nivel nacional para ingresar a las universidades, la ESPOL era la única universidad que tenía su proceso de admisión que permitía seleccionar a los bachilleres aptos (los de más calidad) para proseguir exitosamente sus estudios politécnicos. El resultado del nuevo proceso se lo podrá medir en los próximos años.

Con 2 de mis estudiantes se realizó una encuesta para conocer que opinaban los estudiantes sobre 2 temas que ayudarían a absolver la inquietud. El primer estudiante Xavier LLumiquinga se planteó:

> ¿Cuáles creen que son los problemas que encontramos en la facultad para estudiar nuestra carrera? ej.: transporte, cruce de horarios, alimentación, etc.

Clasificados los 10 problemas que los estudiantes indicaban como los más impactantes se elaboró una encuesta para ponderarlos. :

1) El cruce de horarios.
2) Las materias en nuestra facultad se abren una vez al año.
3) No existen ayudantes académicos como en otras facultades.
4) Cambios frecuentes de las mallas académicas.
5) Las materias son muy teóricas y menos prácticas.
6) Aulas mal adecuadas.

7) Dificultad para realizar visitas técnicas.
8) Falta de laboratorios.
9) Transporte en la mañana.
10) Falta de libros en la biblioteca (unidades)

Es interesante notar que problemas que se consideran fundamentales en el rendimiento académico del estudiante como salud y stress no se revelaron importantes en esta lluvia de ideas.

Proyecto de Optimización

Por favor dedica unos minutos para realizar este cuestionario.

De acuerdo a tu criterio ordena de mayor a menor el nivel de importancia de los problemas presentados a continuación:

Importante 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 menos importante

¿Cuáles son los problemas que encontramos en la facultad para estudiar Ingeniería Naval?

	PROBLEMAS DE LA FACULTAD	ORDEN	LITERAL
a	El cruce de horarios.	10	
b	Las materias en nuestra facultad se abren una vez al año.	9	
c	No existen ayudantes académicos como en otras facultades.	8	
d	Cambios frecuentes de las mallas academicas.	7	
e	Las materias son muy teóricas y menos prácticas.	6	
f	Dificultad para realizar visitas técnicas.	5	
g	Aulas mal adecuadas.	4	
h	Falta de laboratorios.	3	
i	Falta de lobros en la biblioteca (unidades).	2	
j	Transporte en la mañana.	1	

Si tiene identificado un problema que a su criterio merece incluirse en este estudio, indicar a continuación con la ponderación que usted sugiere:

Gracias por ayudarnos a mejorar.

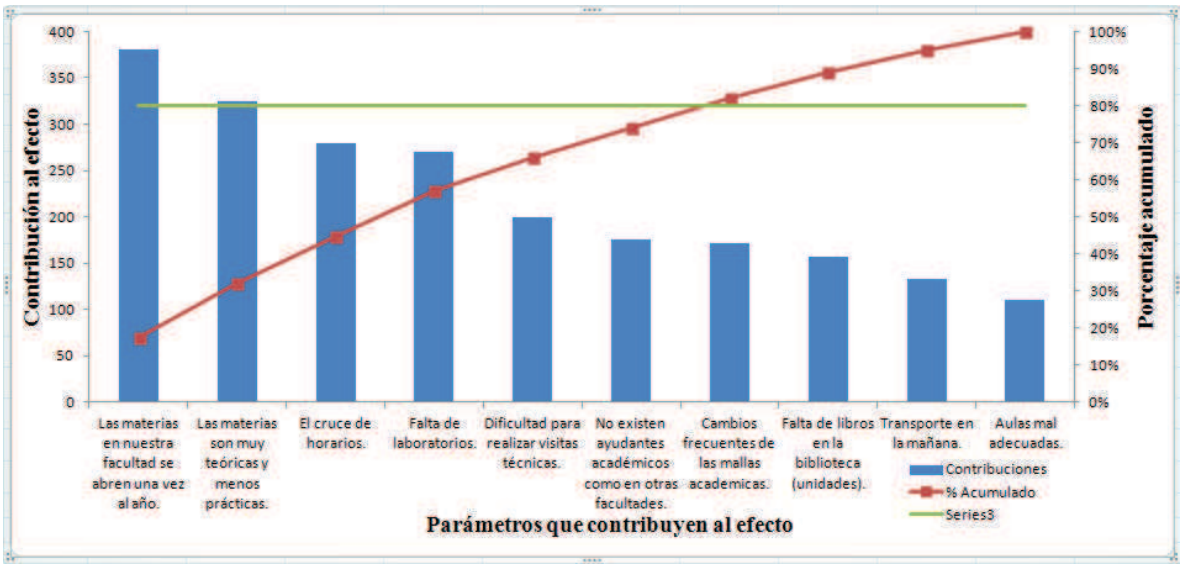
Se realizaron 50 encuestas a diferentes alumnos, de las cuales 40 fueron correctamente llenadas y las otras fueron llenadas con total desinterés. Por último se pudo recolectar la siguiente información la cual se presenta en una tabla a continuación:

PROBLEMAS DE LA FACULTAD											
		← Menos Importante									Muy Importante →
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
a	El cruce de horarios.	0	1	1	2	4	10	3	10	5	4
b	Las materias en nuestra facultad se abren una vez al año.	0	0	0	0	0	1	1	1	11	26
c	No existen ayudantes académicos como en otras facultades.	7	4	5	6	3	4	6	5	0	0
d	Cambios frecuentes de las mallas academicas.	5	4	7	8	4	4	4	2	2	0
e	Las materias son muy teóricas y menos prácticas.	0	0	0	0	1	5	10	4	12	8
f	Dificultad para realizar visitas técnicas.	0	4	2	6	15	7	4	2	0	0
g	Aulas mal adecuadas.	14	7	9	4	2	1	1	2	0	0
h	Falta de laboratorios.	1	1	2	4	4	3	7	6	10	2
i	Falta de libros en la biblioteca (unidades).	1	11	8	8	5	1	1	5	0	0
j	Transporte en la mañana.	12	8	6	2	2	4	3	3	0	0

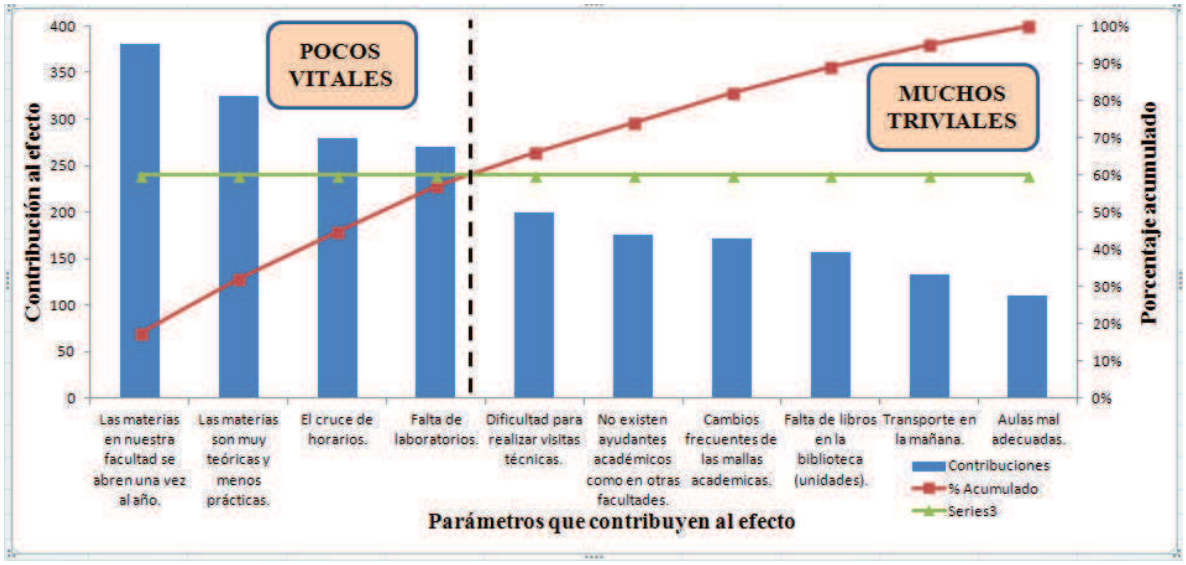
Tabla 1. Datos Recolectados

PROBLEMAS DE LA FACULTAD		
		Contribuciones
b	Las materias en nuestra facultad se abren una vez al año.	**380**
e	Las materias son muy teóricas y menos prácticas.	**325**
a	El cruce de horarios.	**279**
h	Falta de laboratorios.	**270**
f	Dificultad para realizar visitas técnicas.	**199**
c	No existen ayudantes académicos como en otras facultades.	**175**
d	Cambios frecuentes de las mallas academicas.	**172**
i	Falta de libros en la biblioteca (unidades).	**157**
j	Transporte en la mañana.	**133**
g	Aulas mal adecuadas.	**110**
	TOTAL	**2200**

Para tratar de dar soluciones a los problemas más preponderantes se aplicó el Diagrama de Pareto del 80 20 (Solo el 20% de los problemas es considerado vital y a ese porcentaje hay que darle solución). Una primera aplicación solo reconoció un problema como vital por lo que se decidió por bajar a 60 40



Este cambio ya identificó otros problemas como vitales



La otra encuesta elaborada y que siguió el mismo procedimiento anterior la realizó la estudiante Priscilla Salazar Loor y el planteamiento inicial hecho a los compañeros fue:

¿Por qué un estudiante de Ing. Naval no obtiene un valor de 10 puntos de promedio? ¿O cercano a 10 puntos de promedio? ¿Por qué el promedio de las otras carreras de la facultad está por encima del de Ing. Naval?

Las causas podrían ser:

1. Trabajo o responsabilidades familiares.
2. Mala administración del tiempo.
3. Diversión y Ocio (Redes sociales).
4. Malas prácticas de aprendizaje.
5. Falta de interés, poca motivación.
6. Mala alimentación, enfermedades.
7. Dificultad de materias
8. Falta de comunicación profesor-alumno
9. Costumbre a “facilismos” de materias del ciclo básico.
10. Falta de comunicación profesor-profesor.

Elaboradas las encuestas también se la presentó a los profesores de la carrera.

CALIFICAR *DEL 1 AL 5 LAS SIGUIENTES CAUSAS: 5 SI UD. CONSIDERA QUE ES UNA DE LAS PRINCIPALES CAUSAS DEL PROBLEMA, 0 SI CONSIDERA QUE NO ES UNA CAUSA.*

	CAUSA	0	1	2	3	4	5
A	TRABAJO O RESPONSABILIDADES FAMILIARES						
B	MALA ADMINISTRACIÓN DEL TIEMPO						
C	DIVERSIÓN Y OCIO						
D	MALAS PRÁCTICAS DE APRENDIZAJE						
E	FALTA DE INTERÉS, POCA MOTIVACIÓN						
F	MALA ALIMENTACIÓN, ENFERMEDADES						
G	DIFICULTAD DE MATERIAS						
H	FALTA DE COMUNICACIÓN PROFESOR-ALUMNO						
I	COSTUMBRE A “FACILISMOS” DE LAS MATERIAS DE BÁSICO						
J	FALTA DE COMUNICACIÓN PROFESOR-PROFESOR						

Tabla 1: Encuesta a alumnos y docentes

La contestación de los alumnos

ALUMNOS			
#		Causas	Puntuación
J	1	Falta de comunicación profesor-profesor	65
H	2	Falta de comunicación profesor-alumno	62
G	3	Dificultad de materias	49
B	4	Mala administración del tiempo	48
D	5	Malas prácticas de aprendizaje	32
C	6	Diversión y Ocio	31
E	7	Falta de interés, poca motivación	25
I	8	Facilismos de materias del básico	20
A	9	Trabajo o responsabilidades familiares	18
F	10	Mala alimentación	15

Tabla 6: Causas con su respectiva puntuación ordenadas de mayor a menor. Alumnos.

La contestación de los profesores fue:

PROFESORES			
#		Causas	Puntuación
B	1	Mala administración del tiempo	12
I	2	Facilismos del básico	11
J	3	Falta de comunicación profesor-profesor	11
H	4	Falta de comunicación profesor-alumno	10
D	5	Malas prácticas de aprendizaje	10
E	6	Falta de interés, poca motivación	7
C	7	Diversión y Ocio	5
G	8	Dificultad de materias	5
A	9	Trabajo o responsabilidades familiares	3
F	10	Mala alimentación	3

Diagrama de Pareto (opinión de alumnos)

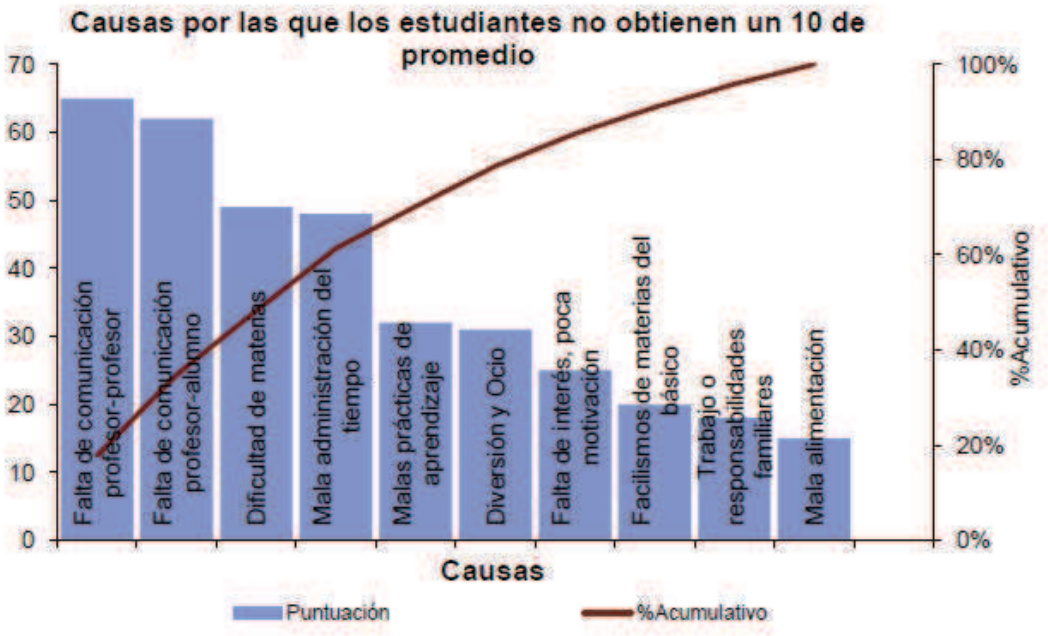
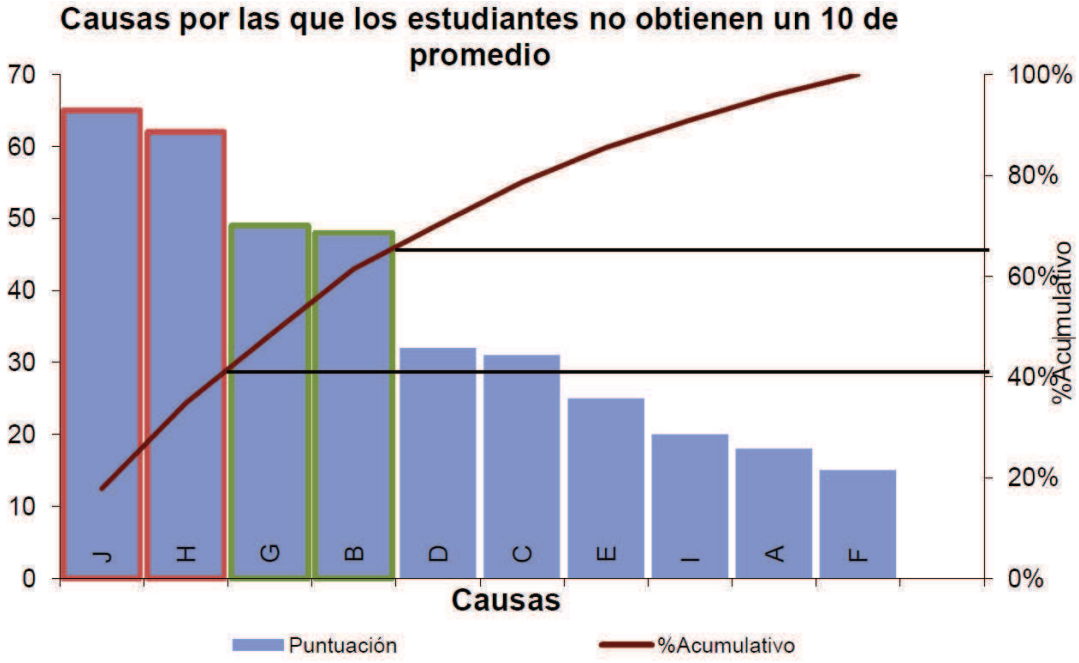
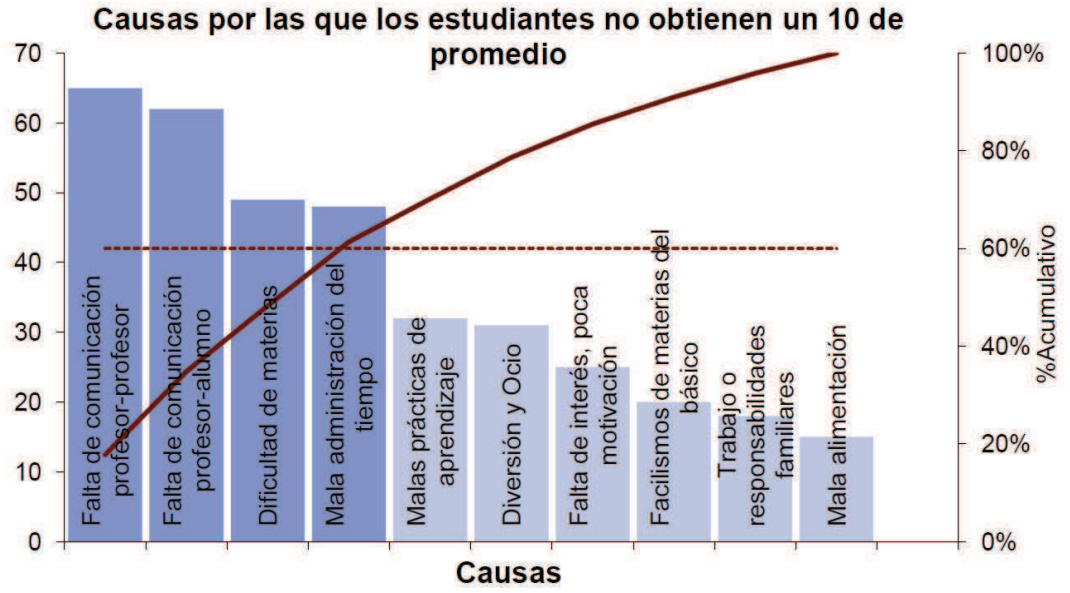
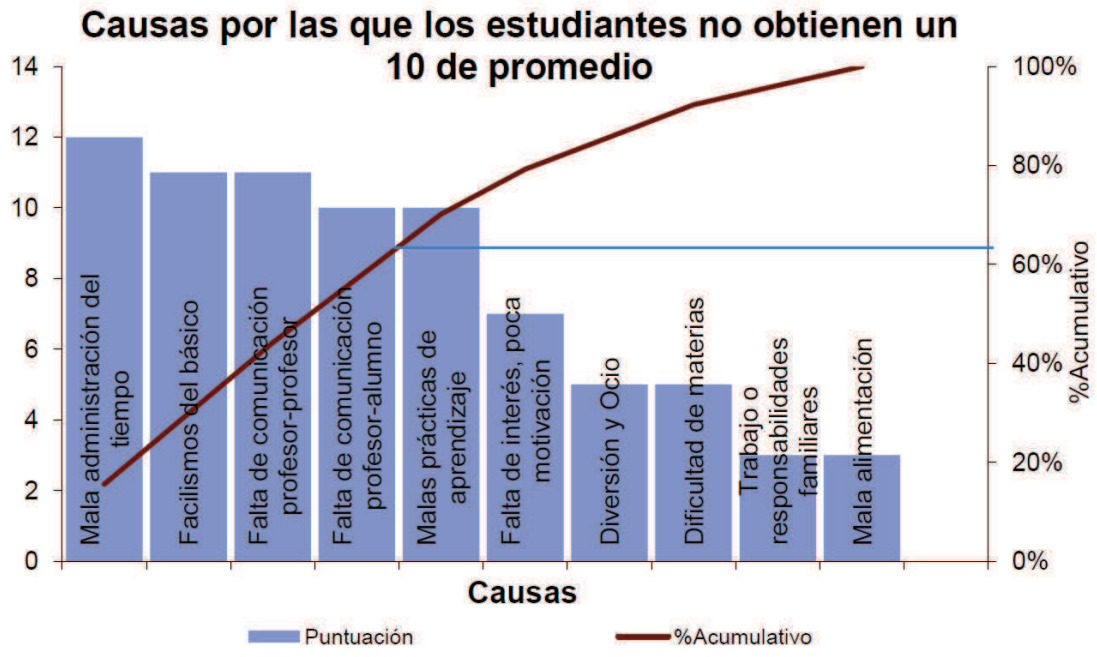


Ilustración 2: Gráfico de barras y porcentaje acumulativo.





Profesores



En la siguiente tabla presentamos un resumen de las causas “vitales” al problema “Los alumnos de Ing. Naval no obtienen un 10 de promedio en sus calificaciones” considerando ambos grupos involucrados: alumnos y profesores.

Causas principales

Alumnos	Profesores
Falta de comunicación profesor-profesor	Mala administración del tiempo
Falta de comunicación profesor-alumno	"Facilismos" de materias del básico
Dificultad de materias	Falta de comunicación profesor-profesor
Mala administración del tiempo	Falta de comunicación profesor-alumno

El análisis de los problemas coincidentes de la opinión de alumnos y profesores lleva a considerar lo siguiente:

Falta de comunicación profesor-profesor

Se refiere a que los profesores no conocen el plan de trabajo de sus compañeros, por tanto, las tareas y proyectos asignados a los estudiantes difieren por mucho en contenido y coinciden en fechas de entrega. Además los profesores asumen los temas que se han tratado en las materias pre-requisito cuando en realidad, ese tema no estuvo en el plan de trabajo del profesor de dicha materia.

Hay una solución fácil a este problema: socialización de los syllabus al inicio de clases, reuniones cada cierto tiempo en las que cada profesor exponga su planificación para conocimiento de sus compañeros, evaluación analítica al final del semestre.

De esta manera, podrían surgir nuevas ideas de proyectos más ambiciosos que incluso pueden realizarse en conjunto entre alumnos de diferentes materias.

Falta de comunicación profesor-alumno

Este problema de comunicación entre profesores y alumnos se refleja, de acuerdo a la opinión de los alumnos, claramente cuando los maestros tienen expectativas sobre un trabajo y el alumno no ha captado lo que el maestro requiere, esto desemboca en malas calificaciones. En este caso, la mayor parte de la responsabilidad cae sobre los estudiantes.

Todos los profesores informan al inicio de sus materias que las dudas que se presenten pueden ser expuestas en clases o fuera de clases. A pesar de esto, los estudiantes no se sienten con la confianza de acercarse a los profesores para que sus dudas sean aclaradas.

La solución a este problema está en las manos de cada uno de los estudiantes, de perder el miedo a preguntar y sobre todo de perder el miedo a sugerir nuevas ideas. Por parte de los profesores, aumentar el nivel de confianza en los alumnos mostrando siempre la intención de ayudar, sin menospreciar ninguna de las ideas y apoyando el debate.

Por el lado de los profesores debería implantarse, ayudados por las TICS un procedimiento de comunicación continua con el estudiante.

Mala administración del tiempo

La responsabilidad de este problema cae totalmente sobre los estudiantes, dejar los trabajos para “última hora” es una práctica muy común. La solución es que cada estudiante cree su propio plan de trabajo sobre todo considerando los proyectos que se piden desde el inicio de cada semestre. Dejar espacio para el deporte y recreación pero distribuir el tiempo de tal manera que cumplir con sus obligaciones sea la prioridad.

El estudiante debe entender que si se desea conseguir la excelencia académica se debe estudiar diariamente y mantener un riguroso calendario presentación de tareas. El profesor debería exigir que el estudiante se comunique con él, por ejemplo cada dos días, para que le comunique sus avances en el estudio. Se recuerda que en el nuevo reglamento de régimen académico el crédito de 25 horas se lo distribuye en 10 horas presenciales y 15 de trabajo estudiantil por lo que el seguimiento del trabajo estudiantil se convierte en preponderante. Será necesario que el profesor lleve y llene un portafolio por cada estudiante.

La elección de materias es algo que también influye en la administración del tiempo. Existen materias que consumen más tiempo que otras, esto llegaría a un equilibrio si se lograra solucionar el problema de comunicación entre profesores, pero un plan de acción inmediato es que los estudiantes se acerquen a recibir la guía del coordinador de la carrera antes de empezar cada semestre. Una mayor influencia del Consejero académico en la selección de materias que el estudiante "puede tomar" (no significa la mayor cantidad de materias que de acuerdo el flujo de la carrera puede inscribirse) de acuerdo a su rendimiento académico mejorará esta situación.

Dificultad de materias

Siendo la concepción de la ESPOL la de una universidad devota a la Ingeniería, las materias humanísticas no escapan de seguir siendo consideradas suaves o de relleno, a pesar de que tienen el nivel y profundidad necesaria para colaborar en la formación de excelencia. La solución es que los profesores de las materias consideradas difíciles elaboren la mayor cantidad de material de apoyo que el estudiante pueda consultar y así dominar el material tratado en clase. Debido a lo reducido de la cantidad de estudiantes que se registran en la carrera las ayudantías académicas para las materias consideradas difíciles prácticamente son nulas, teniéndose únicamente ayudantías de investigación.

Puede ayudarse a disminuir este problema con una adecuada distribución del Trabajo Autónomo Estudiantil (TAE)

Sugerencias para mejorar el rendimiento

Finalmente, de acuerdo a mi experiencia, entre las sugerencias que pueden ayudar a mejorar el promedio de calificaciones indico las siguientes:

Los estudiantes se sienten motivados en participar en proyectos. En aquellas materias en que pueden desarrollarse proyectos (individuales o grupales) académicos que demanden investigación de los estudiantes y que permitan aplicar, ampliar los conceptos desarrollados en clase motivan al estudiante a hacer un esfuerzo adicional en el aprendizaje de la materia. La competencia al presentar ante público en la mejor forma sus proyectos desarrolla habilidades que generalmente no se enseñan en las aulas.

Esto también concuerda con lo que indica como procedimiento de mayor retención la pirámide del aprendizaje.



La metodología de realizar rúbricas para evitar la subjetividad de la forma de calificar a los estudiantes y hacerla más objetiva sigue siendo criticada. Una rúbrica demanda que se use un conjunto de criterios y estándares para estructurar la

calificación de tareas y proyectos, así por ejemplo 20 puntos por el contenido, 5 puntos por el estilo, 5 puntos por bibliografía, 10 puntos por originalidad, etc. Sin embargo la aplicación del puntaje de esta manera no escapa de seguir siendo subjetiva por parte del profesor y origina caídas en la puntuación y así no reflejar la excelencia académica pero es un indicativo de lo que el profesor espera encontrar en las tareas que envía a sus estudiantes.

A pesar de tener laboratorios "virtuales" el estudiante se ve mejor motivado a usar laboratorios físicos.

Los contenidos de las clases deben enfocarse en desarrollar las competencias fundamentales de los ingenieros y que envuelven los criterios CDIO (concebir, diseñar, implementar, operar).



Ir experimentando con los exámenes preparatorios (esta es mi traducción a wrapper exams) a la evaluación del conocimiento asimilado por los estudiantes. Estos exámenes están dirigidos al hecho de que los estudiantes revisen su rendimiento (y al profesor le sirven de retroalimentación) y básicamente requieren que los estudiantes contesten a tres clases de preguntas: ¿Cómo se prepararon para el examen?, ¿Qué clase de errores hicieron en el examen? ¿Qué harían diferente la próxima vez?

La búsqueda de la excelencia es un proceso continuo. Profesores y alumnos deben hacer sus mejores esfuerzos para situarse por encima del hacer lo mínimo necesario o rutinario de sus responsabilidades; deben recordar aquello de que la excelencia no la hacen equipos o edificios, la hacen las personas, los ingenieros resuelven problemas para la sociedad.

REFERENCIAS

1. Programa para transformar las Escuelas de Ingeniería de Chile en entidades de clase mundial hacia el año 2030.- Informe No. 1: Factores y Tendencias Claves de la Ingeniería a Nivel Internacional.

2. Villar C. Freddy. Economista. Presentación en clases de solución de problemas “Análisis de Pareto” Noviembre 2009. Universidad Alas Peruanas. Lima-Perú.

3. Llumiquinga Vargas Xavier. ¿Cuáles son los problemas que encontramos en la facultad para estudiar Ingeniería Naval?. ESPOL, 2013

4. Salazar Loor Priscilla, ¿Porqué los estudiantes de Ing. naval no obtienen un 10 de promedio? ESPOL, 2013

5. Crowley Edward, Malquinst Johan, Lucas William, Brodeur Doris. The CDIO Syllabus V2.0 An Updated Statement of Goals for Engineering Education, 2011

6. Reis Rick, Exam Wrappers, The Tomorrow Professor, junio 3 de 2013

CT-2 REPARACIONES NAVALES, INDUSTRIAS AUXILIARES

Riesgos en la reparación de buques tanque y su prevención

José Ángel Fraguela Formoso Doctor Ingeniero Naval (Ph. D.)
Luís Carral Couce Doctor Ingeniero Naval (Ph. D.)
Raúl Villa Caro Ingeniero Naval
Marcos Míguez González Doctor Ingeniero Naval (Ph. D.)
Sara Ferreño González Ingeniera Naval
Escuela Politécnica Superior, Universidad de A Coruña, C/Mendizábal s/n, 15403, Ferrol, A Coruña (España)
Teléfono +34981337400; Fax: +34981337410;
jafraguela@udc.es; l.carral@udc.es; raul.villa@udc.es; mmiguez@udc.es; sara.ferreno@udc.es

RESUMEN

La reparación de petroleros presenta unos riesgos especiales y diferenciados con respecto a otros buques, debido a las características de los productos transportados, ya sea crudo (producto natural compuesto por varios tipos de hidrocarburos y proporciones variables de otras sustancias, variando su composición según la procedencia del mismo) o cualquiera de sus productos refinados.

La entrada de estos buques al astillero, tiene que hacerse con unas medidas estrictas de seguridad, que parten de un reconocimiento previo de la situación de sus tanques y espacios colindantes y su correspondiente certificación de la situación en que se encuentran, certificación que deberá renovarse diariamente.

Para que las situaciones de riesgo no se transformen en daños a los trabajadores y grandes pérdidas económicas para el astillero y el armador, es necesario conocer perfectamente la problemática especial de la reparación de este tipo de buques y cuáles son las medidas preventivas que deben ponerse en práctica para minimizar o eliminar dichas situaciones de riesgo.

Los posibles trabajos en frío y en caliente en los espacios que contienen o han contenido, productos combustibles, requieren de una autorización previa de los servicios de prevención de riesgos del astillero y de unos procedimientos de trabajo perfectamente definidos.

1.- DEFINICIONES.

1.1.- EN RELACIÓN CON LOS FACTORES DEL INCENDIO.

- COMBUSTIBLE: Toda sustancia susceptible de combinarse con el oxígeno, de forma rápida y exotérmica.
- COMBURENTE: Toda mezcla de gases en la cual el oxígeno está en proporción suficiente para que en su seno se produzca la combustión.
- ENERGÍA DE ACTIVACIÓN: Mínima energía necesaria que necesita un combustible para que se inicie la reacción.
- REACCIÓN EN CADENA: Proceso mediante el cual progresa la reacción en el seno de la mezcla combustible-comburente.

1.2.- EN RELACIÓN CON EL COMBUSTIBLE.

- LÍMITE INFERIOR DE INFLAMABILIDAD (L.I.I): Concentración mínima en tanto por ciento en volumen de combustible en mezcla con el aire, por debajo de la cual la mezcla es demasiado pobre para arder.
- LÍMITE SUPERIOR DE INFLAMABILIDAD (L.S.I.): Concentración máxima en tanto por ciento en volumen de combustible en mezcla con el aire, por encima de la cual la mezcla es demasiado rica para arder.
- PUNTO DE INFLAMACIÓN (FLASH POINT) (t_i): Mínima temperatura en °C a 760 mm de Hg. a la que una sustancia combustible, en contacto con el aire, desprende la suficiente cantidad de vapor para que se produzca la inflamación de la mezcla vapor-aire, mediante el aporte a la misma de una energía de activación externa.
- PUNTO DE AUTOENCENDIDO (AUTOIGNITION POINT) (t_a): Mínima temperatura en °C a 760 mm de Hg. a la que una sustancia sólida, líquida o

gaseosa en contacto con el aire, arde espontáneamente sin necesidad de ningún aporte energético a la mezcla.

- PUNTO DE EBULLICIÓN: Temperatura en °C a la que la presión de vapor de la sustancia es igual a la presión atmosférica (normalmente 760 mm. de Hg.).
- POTENCIA CALORÍFICA (en Mega calorías/Kilo) (Pc): Cantidad de calor que, por unidad de masa, desprende una sustancia al sufrir el proceso de combustión completo.

1.3.- EN RELACIÓN CON LAS REACCIONES DE OXIDACIÓN-REDUCCIÓN.

En base a la velocidad de avance del frente de la reacción, las reacciones de oxidación-reducción fuertemente exotérmicas se clasifican en:

- COMBUSTIÓN: La velocidad de propagación es menor de 1 m/s y la energía desprendida se emplea en activar la mezcla combustible-comburente, iniciando la reacción en cadena.
- DEFLAGRACIÓN: La velocidad de propagación está comprendida entre 1 m/s y la velocidad del sonido en el medio de que se trate.
- DETONACIÓN: La velocidad de propagación es mayor que la velocidad del sonido en el medio de que se trate, formándose ondas de presión que originan ondas de choque.

1.4.- EN RELACIÓN CON EL EFECTO PRODUCIDO SOBRE EL BUQUE O SUS INSTALACIONES.

- EXPLOSIÓN: Efecto o resultado de otro fenómeno (cambio físico, químico o atómico), cuya causa es la expansión violenta y rápida de un gas o vapor, debiendo ser la liberación del gas a alta presión en el ambiente, lo suficientemente rápida para que la disipación de su energía se produzca en forma de onda de choque.

1.5.- EN RELACIÓN CON LAS SUSTANCIAS QUÍMICAS Y SUS EFECTOS SOBRE EL ORGANISMO HUMANO.

- CONTAMINANTE QUÍMICO: Toda sustancia orgánica o inorgánica, natural o sintética que puede incorporarse al aire ambiente en forma de polvo, humo, gas o vapor, con efecto asfixiante, irritativo, neumoconiótico, corrosivo, anestésico, narcótico, sensibilizante, cancerígeno, mutágeno, teratógeno o sistémico, sobre la persona que entre en contacto con él, por vía respiratoria, digestiva, cutánea o parenteral.
- VALOR LÍMITE AMBIENTAL: Concentración en aire de una o varias sustancias, por debajo de las cuales la mayoría de los trabajadores pueden estar expuestos sin sufrir efectos adversos. Esta concentración puede ser:

- Concentración máxima permisible, que representa un valor que no debe sobrepasarse en ningún momento.
- Concentración promedio máxima permisible durante un tiempo, que representa la concentración media ponderada que no debe sobrepasarse en ese tiempo.

- ASFIXIANTE: Contaminante químico que impide la llegada de oxígeno a las células, por desplazamiento del mismo (asfixiante simple) o por alteración de los mecanismos biológicos (asfixiante químico).
- TÓXICO: Compuesto químico capaz de ocasionar daños mediante efectos biológicos adversos, una vez que ha alcanzado un punto susceptible del cuerpo.

1.6.- EN RELACIÓN CON LA SITUACIÓN DE LA ATMÓSFERA DE LOS TANQUES.

- TANQUE DESGASIFICADO: Es aquel que contiene una concentración de gases o vapores inflamables por debajo de:
    - 0% del L.I.I. para trabajos en caliente
    - 15% del L.I.I. para trabajos en frío
- TANQUE SALUBRE: Es aquel que cumple simultáneamente con las dos condiciones siguientes:
    - El contenido de Oxígeno es mayor de 18% (No Asfixiante)
    - No se rebasan los valores límites ambientales para cualquiera de las

sustancias químicas presentes en su atmósfera o residuo (no tóxico).

- TANQUE EXENTO DE GAS (GAS FREE): Es aquel que está desgasificado y salubre (no inflamable, no asfixiante y no tóxico).

1.7.-EN RELACIÓN CON EL RIESGO DE INFLAMABILIDAD DE LA ATMÓSFERA DE LOS TANQUES.

- ATMÓSFERA POBRE: Aquella cuyo contenido en vapores de hidrocarburos es inferior al L.I.I. y que por lo tanto no es inflamable.
- ATMÓSFERA RICA: Es aquella cuyo contenido en vapores de hidrocarburos es mayor que el L.S.I., no siendo inflamable en esta concentración.
- ATMÓSFERA INFLAMABLE: Es aquella cuyo contenido en vapores de hidrocarburos está comprendido entre el L.I.I. y el L.S.I.
- ATMÓSFERA INCONTROLADA: Es aquella cuya concentración de vapores de hidrocarburos en aire es desconocida, y que por lo tanto, desde el punto de vista preventivo, debe considerarse como inflamable en tanto no se demuestre lo contrario.
- ATMÓSFERA INERTE: Es aquella que cumple con lo indicado en el Capítulo 15 “Sistemas de gas inerte” del Código Internacional de Sistemas de Seguridad Contra Incendios de la OMI, que establece las condiciones requeridas para los sistemas de gas inerte:
  - El contenido de oxígeno en cualquier parte del tanque no deberá superar el 8% en volumen.
  - La presión del gas inerte en el interior del tanque será positiva.

2.- RIESGOS MÁS IMPORTANTES.

En cualquier buque en reparación, no son pocas las situaciones de riesgo que se pueden producir, pero como riesgos diferenciados, trataremos dos en concreto:

- Riesgo de inflamabilidad.
- Riesgo de insalubridad.

2.1.- RIESGO DE INFLAMABILIDAD.

La formación de atmósferas inflamables puede producirse no sólo en el interior de los tanques de carga, sino también en el exterior, a pesar de la facilidad de disipación de los vapores de hidrocarburos, debido a que en esta dilución influyen varios parámetros como son: la velocidad y dirección del viento; el área, altura y forma del orificio de salida; concentración de vapores; caudal de salida; distancia a la superestructura y distancia a otras salidas próximas, como se ha demostrado en túnel aerodinámico.
En la formación de atmósferas inflamables, influyen fundamentalmente las siguientes propiedades y características de los líquidos existentes en los tanques y tuberías:

- Temperatura de inflamación (t_i)
- Temperatura de autoencendido (t_a)
- Límite inferior de inflamabilidad (L.I.I.)
- Límite superior de inflamabilidad (L.S.I.)
- Punto de ebullición (te)
- Densidad relativa con respecto al agua
- Densidad relativa de sus vapores con respecto al aire
- Presión de vapor

En las mezclas de gases o vapores inflamables en aire, la situación de riesgo se produce cuando coinciden en el espacio y en el tiempo, los siguientes factores del incendio:

- El combustible (gases o vapores inflamables)
- El comburente (oxígeno del aire)
- La energía de activación

Sin embargo, la actualización del riesgo o IGNICIÓN de la mezcla combustible-comburente, solo se producirá si:

- La concentración combustible-comburente se encuentra entre el límite inferior de inflamabilidad (L.I.I.) y el límite superior de inflamabilidad (L.S.I.).
- La energía de activación aportada por el o los focos de ignición, es capaz de alcanzar la temperatura de auto ignición (ta) del combustible.

Para que se mantenga la combustión, es necesario que se produzca la reacción en cadena (cuarto factor del incendio), es decir, que la energía desprendida por la reacción de un determinado número de moléculas, sea suficiente para activar un número igual o mayor de nuevas moléculas, de modo que la reacción progrese en el seno de la mezcla combustible- comburente. La reacción en cadena es la que permite la propagación del incendio en el espacio.

2.2.- RIESGO DE INSALUBRIDAD.

La ausencia de oxígeno (en concentraciones por debajo del 18% considerada segura para personas) y la presencia de atmósferas tóxicas (en concentraciones por encima de los valores límites ambientales), en los tanques de carga cuando no existe la suficiente ventilación, es normal y las consecuencias derivadas de su desconocimiento y falta de comprobación, son fatales para las personas que penetren en el tanque.
Como la composición centesimal de los valores de hidrocarburos varía según los diferentes crudos, así variará su toxicidad, pero puede decirse que esta aumenta a medida que aumenta su peso molecular.

Los efectos que estos vapores producen en el cuerpo humano, van desde irritación de ojos (desde 1.000 ppm) nariz y garganta, hasta mareos, embriaguez, parálisis, inconsciencia y la muerte (a partir de 20.000 ppm).

En particular debe reseñarse el efecto del ácido sulfhídrico (nº CAS 7783-06-4) existente en los crudos agrios, debido a su efecto paralizante sobre el sistema nervioso y del olfato. Así en concentraciones de 200 a 300 ppm en aire, irrita fuertemente los ojos y vías respiratorias y a 1.000 ppm puede producir la pérdida de conocimiento y fallo respiratorio a los pocos segundos.

Mención especial merecen el Tetra-Etilo de Plomo y el Tetra-Metilo de Plomo, añadidos todavía a las gasolinas usadas en países subdesarrollados, por su elevada toxicidad por vía dérmica, parenteral y respiratoria, que debe tenerse muy en cuenta en las limpiezas de tanques.

3.- RECEPCIÓN DEL BUQUE.

Bajo esta denominación se agrupan todas aquellas operaciones previas al atraque o la varada del buque, a realizar por el astillero, que permitan garantizar el control de atmósferas inflamables, asfixiantes y tóxicas, durante el tiempo que dure la reparación.

3.1.- OPERACIONES PREVIAS A LA LLEGADA DEL BUQUE.

La Unidad o Departamento de Reparaciones (DR) en el momento de contactar con el Armador, deberá solicitar a este:

La relación detallada de obras a realizar.

La condición de llegada del buque.

La situación de los locales peligrosos a efectos de ignición.

Los medios con que cuenta el buque para mantener la inertización de los tanques de carga (si fuese necesario).

Una vez recibida esta información, el DR deberá comunicar:

- Al Armador, las condiciones en que debe de llegar el buque, para permitirle la entrada o la varada en el astillero (la atmósfera de los tanques no deberá sobrepasar el 20% del L.I.I.)
- Al Servicio de Seguridad e Higiene (SSH), los datos enviados por el Armador, para que puede hacer un estudio previo a la llegada del buque, antes de proceder a su reconocimiento.

3.2.- OPERACIONES A LA LLEGADA DEL BUQUE, PREVIAS AL ATRAQUE O LA VARADA.

Antes del atraque o la varada del buque, el SSH del astillero, deberá embarcar abordo del petrolero y proceder a un reconocimiento previo, que junto con las informaciones aportadas por el capitán del buque, servirá para elaborar un informe en el que figure:

- Naturaleza y origen de los productos transportados durante las últimas travesías.

- Como, cuando y con qué intensidad se realizaron las últimas operaciones de limpieza y desgasificación.
- Naturaleza, situación y cantidad de productos peligrosos, que todavía contiene el buque.
- Medios de lavado, desgasificación e inertización, que mantiene operativo el buque.
- Contenido de oxígeno, vapores tóxicos y residuos y vapores inflamables, existentes en cada uno de los tanques.

Con esta primera inspección al buque, se emitirá un CERTIFICADO DE DETECCIÓN DE GASES Y RESIDUOS COMBUSTIBLES (CDGRC), que será firmado por el jefe del SSH y por el capitán del buque (ver en el Anexo 1, el modelo de certificado, parte anterior y posterior).

3.3.- CONDICIONES DE LLEGADA DEL BUQUE.

Son varias las situaciones en los que se pueden encontrar los tanques de carga y de residuos de un petrolero a la llegada al astillero, como ya quedó visto en las definiciones.

El primer problema que se presenta, es saber cuáles son los márgenes de seguridad que se deben tomar, para evitar situaciones incontroladas y por lo tanto permitir o no el atraque o la varada del buque.

En forma resumida, son los siguientes:

Para atmósferas con concentración importante de vapores de hidrocarburos en aire (que a su vez será atmósfera insalubre), se fijará el 20% del L.I.I., como concentración máxima permitida, por encima de la cual no se permitirá el atraque ni la varada del buque.

Para atmósferas no desgasificadas o insalubres, no existe problema con el atraque o la varada, aunque el tiempo necesario para ventilar los tanques y pasarlos a la

situación de tanque exento de gas (desgasificado y salubre), es un factor económico y de retraso del comienzo de los trabajos de reparación a realizar en el interior del tanque.

Para atmósferas inertizadas, tampoco existe problema de atraque o varada, siempre y cuando, las condiciones de inertización sean las indicadas en el apartado 1.7 de definiciones y estas condiciones pueden mantenerse con los propios medios del buque o del astillero, durante el tiempo que duren las reparaciones.

La justificación de estas medidas preventivas, a efectos de inflamabilidad de la atmósfera, está en que:

-Una **atmósfera pobre** puede evolucionar hacia una atmósfera inflamable, ya sea de forma natural o por los trabajos que se realicen en el interior del tanque, además de las posibles bolsas de vapores de hidrocarburos que existan en ciertas zonas del tanque, que pueden no ser detectadas en la medición efectuada.

-Una **atmósfera rica** se convierte fácilmente en inflamable, cuando se produce una entrada de aire en el tanque.

3.4. TRABAJOS EN LOS TANQUES DE CARGA.

Los trabajos en los tanques de carga, no podrán comenzar sin la autorización de los técnicos del SSH, que determinarán:

- El tipo y disposición de la ventilación necesaria, para mantener permanentemente la atmósfera del tanque en la situación de exenta de gas (desgasificada y salubre). Los ventiladores deben ser axiales (de poca presión estática y gran caudal) neumáticos o de agua. En caso de que sean eléctricos, deberán tener protección antiexplosiva del tipo Ex e IIA T1, según indica el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión en su instrucción MIE-BT 029 "Prescripciones particulares para las instalaciones eléctricas de los locales con riesgo de incendio o explosión".
- La retirada y limpieza de lodos, sedimentos y residuos acumulados en la zona de trabajo, hacia otra zona del tanque o al exterior del mismo, dependiendo de

la extensión y tipo de trabajos a realizar.

- La conveniencia de cubrir el fondo del tanque o parte de él, con una capa de espuma de extinción de incendios de alta expansión, media expansión, baja expansión o espuma formadora de película acuosa (AFFF), con objeto de separar el combustible (vapores de hidrocarburos) del oxígeno del aire.
- Los medios de protección contra incendios, necesarios para atajar cualquier conato de incendio (manguera de 45 mm de diámetro y 20 m de longitud, con lanza de tripe efecto y permanentemente presurizada, así como extintores de polvo BC de 12 Kg), atendidos por un bombero o personal adiestrado en la extinción de incendios.

Previamente al comienzo de los trabajos en el interior de un tanque y como consecuencia del reconocimiento efectuado, en la entrada del tanque debe pegarse una etiqueta que permita conocer la situación del mismo, que será actualizada diariamente (Ver los tipos de etiquetas en el Anexo 2).

3.4.1.- Control del riesgo de insalubridad.

Para poder trabajar en el interior de los tanques de carga, la atmósfera de los mismos, debe ser salubre, que como quedó dicho en las definiciones, es una condición que garantiza la existencia de más del 18% de oxígeno y la no toxicidad.

Cuando por la causa que sea, deban realizarse trabajos en atmósfera insalubre, debe recurrirse a los equipos de protección individual, que serán determinados por el SSH en base a los resultados de las mediciones de oxígeno y de toxicidad realizadas previamente a la autorización de trabajos en estas condiciones.

3.4.2.- Control del riesgo de inflamabilidad.

En este aspecto, la situación de los tanques de carga, determina la posibilidad de realizar trabajos en frío o en caliente en los tanques y en las áreas peligrosas (espacio que rodea a los locales peligrosos y que distan menos de 15 metros de cualquier orificio o abertura de dichos locales).

Las posibles condiciones de trabajo, en función del estado de los tanques son las siguientes:

•**Condición "A": Tanques de carga inertizados.**

Se podrán realizar trabajos en frío y en caliente, fuera de la zona de carga (cámara de máquinas, hélice, timón, pique de popa, etc.).
Se podrán realizar trabajos de chorreado y pintado en cualquier parte del casco.
Para trabajos o manipulación en válvulas y tuberías, deberá contarse con la autorización del SSH.

•**Condición "B": Tanques de carga abiertos, sin atmósfera inflamable, aunque con residuos susceptibles de generar atmósferas inflamables.**

Mediante ventilación, deben mantenerse las condiciones de salubridad e no inflamabilidad de la atmósfera del tanque, durante el tiempo que duren los trabajos.
Se permitirán trabajos en frío, en cualquier parte del buque, incluidos los tanques, siempre que la concentración combustible-comburente en aire, no sea superior al 15% del L.I.I.

Se permitirán trabajos en caliente, en cualquier parte del buque, excepto en el interior de los tanques de carga que contengan residuos y en las zonas adyacentes a las aberturas de los mismos. Para realizar estos trabajos en el interior de los tanques de carga, es necesario limpiar de residuos combustibles, un área alrededor del punto de trabajo, cuya extensión debe ser fijada por el SSH, así como comprobar que la concentración combustible-comburente en aire, no pasa del 0% del LII. Además, puede ser necesario tomar otras medidas complementarias, como son: inundar parcialmente de agua el fondo del tanque; cubrir con espuma de alta expansión, media expansión, baja expansión o AFFF, el fondo del tanque; mantener los necesarios medios de protección contra incendios (manguera de 45 mm de diámetro y 20 m de longitud, con lanza de tripe efecto y permanentemente presurizada, así como extintores de polvo BC de 12 Kg), manejados por un bombero, o si este servicio no existe en el astillero, por

personal instruido en la lucha contra incendios; otras medidas que el SSH estime oportunas según la particularidad del trabajo.

•Condición "C": Tanques de carga abiertos, sin atmósfera inflamable y sin residuos.

Para que un tanque se encuentre en esta condición, su atmósfera debe mantenerse en el 0% del L.I.I, a las seis horas de realizarse la primera medición.

Se permitirán trabajos en frío, en cualquier zona del buque, incluido el interior de los tanques.

Se permitirán trabajos en caliente en cualquier parte del buque, incluido el interior de los tanques de carga, aunque no se descarta la existencia de residuos combustibles en alguna parte del tanque, en cuyo caso el SSH dispondrán las medidas de prevención necesarias.

3.5.- TRABAJOS EN LOS TANQUE DE RESIDUOS (SLOPS).

La situación de estos tanques, puede ser similar a la de los tanques de carga, por lo que lo dicho en el apartado 3.4, puede hacerse extensivo a estos tanques.

En el caso de que no se hayan descargado los tanques de residuos, estos deberán permanecer cerrados e inertizados, así como aislados (cerradas las válvulas de las tuberías que desembocan en estos tanques). Incluso en esta situación, no se permitirán trabajos en caliente en las zonas alrededor de dichos tanques.

3.6.- TRABAJOS EN LA CÁMARA DE BOMBAS.

Para buques en la condición "A" del apartado 3.4.2, al tratarse de tanques inertizados, no deben hacerse maniobras con las válvulas de las tuberías, que puedan dar lugar a una pérdida de dicha inertización.

En la condición "B" del apartado 3.4.2, no deben desmontarse elementos, sin comprobar previamente que no se perjudica el aislamiento de los tanques de carga.

Lo normal es que las tuberías de carga y reachique, filtros, bombas y otros elementos de la cámara de bombas, contengan líquidos combustibles o inflamables y/o vapores inflamables, por lo que no deben realizarse trabajos con fuego en ningún lugar ni elemento de la cámara de bombas, sin comprobar previamente la inexistencia de dichos productos, además de tomar una serie de medidas de seguridad complementarias (mantener ventilación forzada, instalar medios móviles de extinción de incendios, etc.)

3.7.- TRABAJOS SOBRE TUBERÍAS, APARATOS O ACCESORIOS.

Sobre una tubería, aparato o accesorio que contiene o ha contenido líquidos combustibles o inflamables, podrán realizarse trabajos en frío.

Para trabajos en caliente se requiere aviso previo del SSH, que deberá:

- Saber con qué tanques comunica y en qué situación se encuentran estos.
- Conocer el tipo de combustible que ha circulado por su interior.
- Comprobar la inflamabilidad de su atmósfera.
- Determinar si requiere una limpieza previa.
- Dar instrucciones acerca del procedimiento más adecuado para aislar la zona de operación del resto del circuito (mediante bridas ciegas, inundación de la parte baja del circuito, inyectando un fuerte caudal de aire o gas inerte). Cuando se utilicen bridas ciegas, deberán señalizarse para evitar falsas maniobras.
- Verificar periódicamente, que debido a estas operaciones no ha variado la situación de los tanques que comunica.

4.- BIBLIOGRAFÍA.

FRAGUELA FORMOSO, JOSÉ ÁNGEL. "Prevención de Incendios en diversas actividades industriales en las que se generan atmósferas inflamables".

FRAGUELA FORMOSO, JOSÉ ÁNGEL. "Medidas preventivas a considerar en la

ejecución de trabajos peligrosos en la explotación de petroleros: transporte; terminales de carga/descarga y reparación".

NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. "Manual de Protección Contra Incendios". Editorial MAPFRE. Madrid, 1993

ANEXO 1

SERVICIO DE SEGURIDAD E HIGIENE DEL ASTILLERO	**CERTIFICADO DE DETECCIÓN DE GASES Y RESIDUOS COMBUSTIBLES** **GAS DETECTION AND COMBUSTIBLE WASTE CERTIFICATE** **BUQUE** ..... **SITUACIÓN** ..... **FECHA**..... (VESSEL) (LOCATION) (DATE) **ULTIMA CARGA**..... (LAST CARGO)

Para describir las condiciones de los espacios indicados a continuación se emplearán solamente las anotaciones siguientes :
(To describe the conditions of the further shown spaces only the following denomination will be used.)

• ESPACIO DESGASIFICADO Y LIMPIO (CLEAN AND GAS-FREE SPACE)	• ESPACIO CON RESIDUOS COMBUSTIBLES (SPACE WITH COMBUSTIBLE WASTE)	• ESPACIO CON EXPLOSIVIDAD (SPACE WITH EXPLOSIVE ATMOSPHERE)	• ESPACIO CON ATMÓSFERA TÓXICA (SPACE WITH TOXIC ATMOSPHERE)	• ESPACIO INERTIZADO (INERTED SPACE)

TANQUE (TANK)	BABOR (PORT)	CENTRO (CENTER)	ESTRIBOR (STARBOARD)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

SLOPS (RESIDUOS) (SLOPS (WASTE))	BABOR (PORT)	ESTRIBOR (STARBOARD)
PIQUES (PEAKS)	PROA (FORE)	POPA (AFTER)

SENTINAS (BILGES)

Cª MAQUINAS (ENGINE ROOM)	Cª CALDERAS (BOILER ROOM)	Cª BOMBAS PROA (PUMP ROOM FORE)	Cª BOMBAS POPA (PUMP ROOM AFTER)

COFFERDAMS (COFFERDAMS)	

TANQUES PROFUNDOS (DEEP TANKS)	PROA (FORE)	POPA (AFTER)

TANQUES DOBLE FONDO (DOUBLE BOTTON TANKS)	

TANQUES DE COMBUSTIBLES (BUNKER TANKS)

PROA BABOR (FORE PORT)	PROA ER (FORE STBD)	POPA BABOR (AFTER PORT)	POPA ER. (AFTER STBD)

OTROS ESPACIOS (OTHER SPACES)	

CANALIZACIONES (DUCTING)

	LAVADA CON (WASHED WITH)	DURANTE HORAS (FOR HOURS)	DESGASIFICADA CON (GAS FREED WITH)	DURANTE HORAS (FOR HOURS)	ESTADO (CONDITION)
TUBERÍAS CARGA (CARGO PIPING)					
TUBERÍAS REACHIQUE (STRIPPING PIPING)					
TUBERÍAS LASTRE (BALLAST PIPING)					
TUBERÍAS CALEFACCIÓN (HEATING COILS)					

EXISTE LÍNEA DE LAVADO DE TANQUES (THERE IS A TANK WASHING LINE) SI ☐ (YES) NO ☐ (NO)

LA LÍNEA DE LAVADO DE TANQUES ESTA CONECTADA CON LA DE CONTRAINCENDIOS (TANK WASHING LINE IS CONNECTED TO FIRE LINE) SI ☐ (YES) NO ☐ (NO)

CERTIFICADO DEL CAPITAN

MASTER'S CERTIFICATION

Certifico que los espacios que se recogen en la relación anterior se encuentran en el estado indicado en ella y haber recibido un ejemplar de la *Instrucción de Prevención de Navantia "Reparación de Buques Tanque"* en vigor, la cual me comprometo a cumplir en lo que se refiere a la tripulación del Buque o cualquier otro personal contratado por el mismo.

(I hereby certify that the cleaning, waste extraction, gas-freeing, etc, operations in ducting have been satisfactorily carried out in the manner and within the time shown and that I have received a copy of the *"Safety Standards for repair Works on Board Tanker Ships"* actually in force, which I am bound to meet in what regards to crew or any other personnel there for contracted.

More over I hand a copy of the last cleaning and gas-freeing Certificate carried out in the ship, at the Plant.....

EL CAPITÁN

(THE MASTER)

CERTIFICADO DEL SERVICIO DE SEGURIDAD

(SAFETY SERVICE CERTIFICATE)

Certifico que se han reconocido los espacios expresados en la anterior relación, siendo su estado de limpieza y desgasificación el recogido en la misma.

(I hereby certify that the espaces in the above list, have been checked, being their condition of cleaness and gas freing that thereby shown .)

EL HIGIENISTA INDUSTRIAL
(INDUSTRIAL HYGIENIST EXPERT)

EL TÉCNICO DEL SERVICIO DE SEGURIDAD
(SAFETY SERVICE EXPERT)

Vº Bº EL JEFE DEL SERVICIO DE SEGURIDAD
(SAFETY SERVICE CHIEF)

NOTA

Este certificado es válido para el día _____ de _____de _____, a las _____ horas, sin cubrir los cambios que puedan originarse al realizar operaciones de limpieza u otras.

NOTE

This certificate is valid for _____, at _____hours, without covering the changes which may occur due to cleaning operations or others.

SIGNIFICADO E INTERPRETACIÓN DE LOS TÉRMINOS EMPLEADOS
(MEANING AND INTERPRETATION OF THE TERMS USED)

ESPACIO DESGASIFICADO Y LIMPIO **(CLEAN AND GAS-FREE SPACE)**	• **Autorizados todo tipo de trabajos en el interior, que no afecten a canalizaciones ni a otros espacios colindantes.** **(All kinds of jobs allowed insisde, provided they do not interfere ducting or nearby spaces)**
ESPACIO CON RESIDUOS COMBUSTIBLES **(SPACE WITH COMBUSTIBLE WASTE)**	• **Seguro para personas, no seguro para fuego.** **(La seguridad para personas no se refiere más que a toxicidad de la atmósfera habiéndose de tomar otras precauciones referentes a superficies resbaladizas, etc.)** **Safe for people, no safe for fire.** **(Security for people is only refering to the toxicity in atmosphere. Other precautions must be taken into acount to prevent risks such as slippery surfaces)** • **Se permitirán trabajos con fuego abierto en zonas libres de residuos, con las medidas que establezca el servicio de seguridad.** **(Jobs with fire in waste free areas permitted, provided the safety measures established are followed)**
ESPACIO CON ATMÓSFERA TÓXICA **(SPACE WITH TOXIC ATMOSPHERE)**	• **Prohibido el acceso sin protección personal** **(Access without personal protection forbidden)**
ESPACIO CON EXPLOSIVIDAD **(SPACE WITH EXPLOSIVE ATMOSPHERE)**	• **Prohibido todo tipo de trabajos en el interior** **(All kinds of jobs inside forbidden** • **Prohibidos trabajos con fuego en espacios colindantes** **(Work with fire in the nearby spaces forbidden)**
ESPACIO INERTIZADO **(INERTED SPACE)**	• **Prohibido el acceso** **(Access forbidden)** • **Prohibidos trabajos que alteren su aislamiento** **(Insulation altering jobs, forbidden)**

ANEXO 2



CERTIFICADO DE DESGASIFICACIÓN Y LIMPIEZA DE ESPACIOS

CERTIFICATE OF GAS FREEING AND CLEANING OF SPACES

- BUQUE (VESSEL):

- TIPO DE CARGA (TYPE OF CARGO):

- ESPACIO (SPACE):

Como resultado de la inspección realizada en el día y hora expresados al margen, SE CERTIFICA que la situación del espacio arriba indicado es:

As a result of the inspection carried out on the date and time indicated on the right, it is hereby certified tha the condition of the above space is:

ESPACIO CON EXPLOSIVIDAD

SPACE WITH EXPLOSIVITY

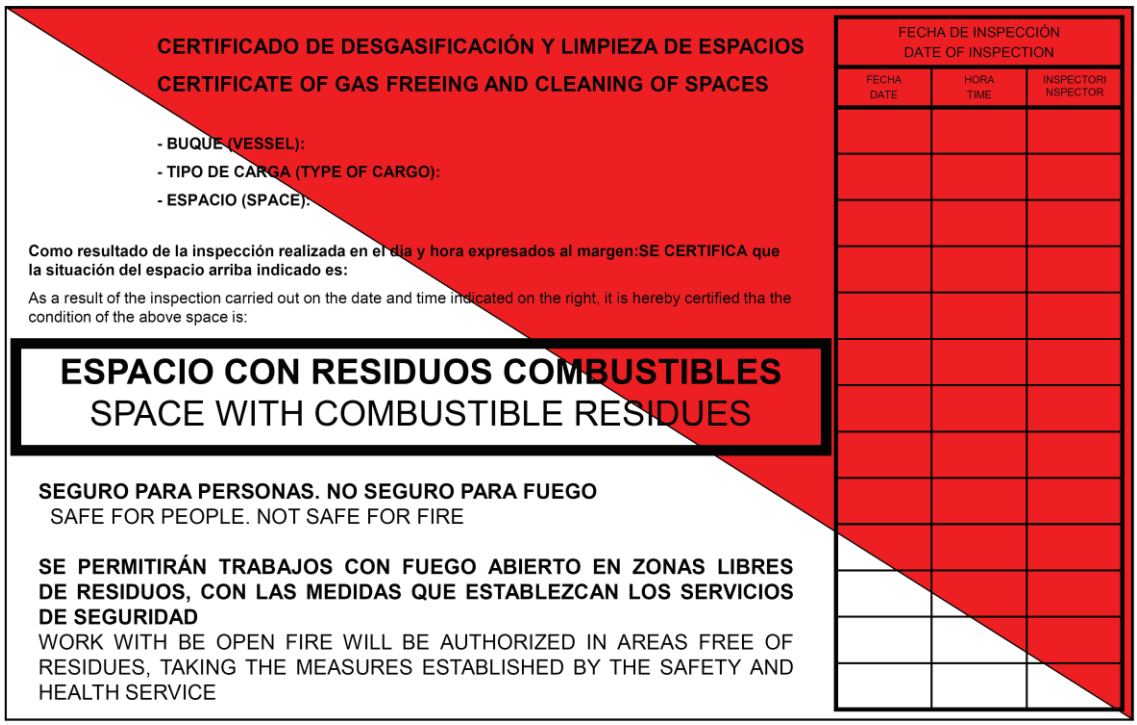
PROHIBIDO TODO TIPO DE TRABAJOS EN EL INTERIOR

AL WORK INSIDE IS FORBIDDEN

PROHIBIDOS TRABAJOS CON FUEGO EN ESPACIOS COLINDANTES

ALL HOT WORK IN ADJACENT SPACES IS FORBIDDEN

FECHA DE INSPECCIÓN DATE OF INSPECTION		
FECHA DATE	HORA TIME	INSPECTORI NSPECTOR



CERTIFICADO DE DESGASIFICACIÓN Y LIMPIEZA DE ESPACIOS

CERTIFICATE OF GAS FREEING AND CLEANING OF SPACES

- BUQUE (VESSEL):

- TIPO DE CARGA (TYPE OF CARGO):

- ESPACIO (SPACE):

Como resultado de la inspección realizada en el día y hora expresados al margen:SE CERTIFICA que la situación del espacio arriba indicado es:

As a result of the inspection carried out on the date and time indicated on the right, it is hereby certified tha the condition of the above space is:

ESPACIO CON RESIDUOS COMBUSTIBLES

SPACE WITH COMBUSTIBLE RESIDUES

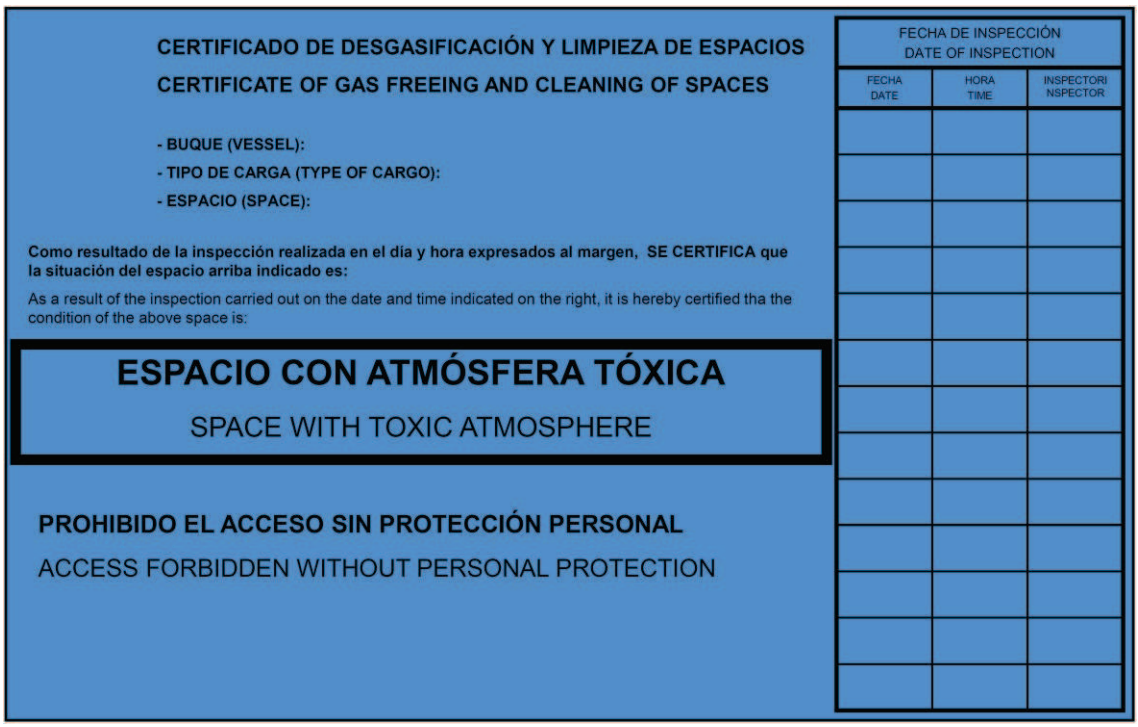
SEGURO PARA PERSONAS. NO SEGURO PARA FUEGO

SAFE FOR PEOPLE. NOT SAFE FOR FIRE

SE PERMITIRÁN TRABAJOS CON FUEGO ABIERTO EN ZONAS LIBRES DE RESIDUOS, CON LAS MEDIDAS QUE ESTABLEZCAN LOS SERVICIOS DE SEGURIDAD

WORK WITH BE OPEN FIRE WILL BE AUTHORIZED IN AREAS FREE OF RESIDUES, TAKING THE MEASURES ESTABLISHED BY THE SAFETY AND HEALTH SERVICE

FECHA DE INSPECCIÓN DATE OF INSPECTION		
FECHA DATE	HORA TIME	INSPECTORI NSPECTOR



CERTIFICADO DE DESGASIFICACIÓN Y LIMPIEZA DE ESPACIOS

CERTIFICATE OF GAS FREEING AND CLEANING OF SPACES

- **BUQUE (VESSEL):**
- **TIPO DE CARGA (TYPE OF CARGO):**
- **ESPACIO (SPACE):**

Como resultado de la inspección realizada en el día y hora expresados al margen, SE CERTIFICA que la situación del espacio arriba indicado es:

As a result of the inspection carried out on the date and time indicated on the right, it is hereby certified tha the condition of the above space is:

ESPACIO CON ATMÓSFERA TÓXICA

SPACE WITH TOXIC ATMOSPHERE

PROHIBIDO EL ACCESO SIN PROTECCIÓN PERSONAL

ACCESS FORBIDDEN WITHOUT PERSONAL PROTECTION

FECHA DE INSPECCIÓN DATE OF INSPECTION		
FECHA DATE	HORA TIME	INSPECTORI NSPECTOR



CERTIFICADO DE DESGASIFICACIÓN Y LIMPIEZA DE ESPACIOS

CERTIFICATE OF GAS FREEING AND CLEANING OF SPACES

- **BUQUE (VESSEL):**
- **TIPO DE CARGA (TYPE OF CARGO):**
- **ESPACIO (SPACE):**

Como resultado de la inspección realizada en el día y hora expresados al margen, SE CERTIFICA que la situación del espacio arriba indicado es:

As a result of the inspection carried out on the date and time indicated on the right, it is hereby certified tha the condition of the above space is:

ESPACIO INERTIZADO

INERTED SPACE

PROHIBIDO EL ACCESO

ACCESS FORBIDDEN

PROHIBIDOS TRABAJOS QUE ALTEREN SU AISLAMIENTO

WORK WHICH MIGHT AFFECT ITS ISOLATION IS FORBIDDEN

FECHA DE INSPECCIÓN DATE OF INSPECTION		
FECHA DATE	HORA TIME	INSPECTORI NSPECTOR

CERTIFICADO DE DESGASIFICACIÓN Y LIMPIEZA DE ESPACIOS

CERTIFICATE OF GAS FREEING AND CLEANING OF SPACES

- BUQUE (VESSEL):

- TIPO DE CARGA (TYPE OF CARGO):

- ESPACIO (SPACE):

Como resultado de la inspección realizada en el día y hora expresados al margen, SE CERTIFICA que la situación del espacio arriba indicado es:

As a result of the inspection carried out on the date and time indicated on the right, it is hereby certified tha the condition of the above space is:

ESPACIO DESGASIFICADO Y LIMPIO

GAS FREE AND CLEAN SPACE

SEGURO PARA PERSONAS. PEDIR PERMISO DE TRABAJO (POR ESCRITO) PARA ENTRAR

SAFE POR PEOPLE. REQUEST WORKING PERMISION (INWRITING) FOR ENTRY

FECHA DE INSPECCIÓN DATE OF INSPECTION		
FECHA DATE	HORA TIME	INSPECTORI NSPECTOR

Influência dos parâmetros de soldagem GMAW e GMAW-CW sobre a diluição e relação reforço/largura na recuperação de zonas erodidas aplicadas na indústria naval[1]

Pedro Paulo Guimarães Ribeiro[2]
Paulo Dangelo Costa Assunção[3]
Emanuel Bruno Ferreira dos Santos[4]
Eduardo de Magalhães Braga[5]

[1] Contribuição técnica ao XXIII Congresso Panamericano de Engenharia, Transporte Marítimo e Engenharia Portuária Naval, 30 de setembro a 04 de outubro de 2013, Isla Margarita, Venezuela.

[2] Engenheiro Mecânico, Mestre, Universidade Federal do Pará (UFPA), Campus de Tucuruí, Pará, Brasil; pedroribeiro@ufpa.br.

[3] Tecnólogo em Manutenção Industrial, Mestre, Universidade Federal do Pará (UFPA), Belém, Pará, Brasil; dangeloassuncao@bol.com.br.

[4] Graduando, Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Pará (UFPA), Belpem, Pará, Brasil; emanuel.santos@itec.ufpa.br.

[5] Engenheiro Mecânico, Doutor, Universidade Federal do Pará, (UFPA), Belém, Pará, Brasil; edbraga@ufpa.br.

RESUMO

A recuperação das regiões erodidas por cavitação é realizada pela deposição de material por soldagem. Na soldagem de manutenção para recuperação de áreas cavitadas é importante o controle da diluição, por se tratar de materiais dissimilares, para manter a integridade físico-química do metal depositado. A proposta deste trabalho é uma análise comparativa dos níveis de diluição e relação R/L (reforço/ largura) depositados pelos processos GMAW e GMAW-CW (*Gas Metal Arc Welding – Cold Wire*), com variação dos valores de corrente, velocidade de soldagem e velocidade de alimentação de arame frio. Os resultados mostram que a área diluída para ambos os processos é diretamente proporcional a corrente e inversamente

proporcional à velocidade de soldagem. No entanto o processo GMAW-CW apresentou uma significativa redução da área diluída e da relação R/L, acentuando-se com o aumento da velocidade de alimentação de arame frio.

Palavras Chave: Diluição; Parâmetros de soldagem; Reforço/largura; GMAW-CW.

INFLUENCE OF PARAMETERS WELDING GMAW AND GMAD-CW ON DILUTION RATIO AND SUPPORT/RECOVERY ZONES IN WIDTH ERODED APPLIED IN SHIPBUILDING INDRUSTRY

ABSTRACT

The recoveries of eroded areas have performed through the material deposition by welding. In the maintenance weld of eroded areas, it was important the observation of the dilution, because the used materials were dissimilar, must be keep physics-chemical integrity of the metal deposited. The purpose of this work is perform comparative analysis of dilution level and the relationship reinforcement/width (R/W) of coating performed using the GMAW and GMAW-CW welding process, where the values of welding current, speed of welding and wire feeding of non-energized were changed. The results have showed that the area diluted to both process is proportional to welding current and inversely proportional to the welding speed. However, the GMAW-CW has presented significant reduction of these values, which rise proportionally to wire feeding of non-energized.

Key words: *Dilution; Welding parameters; Reinforcement/width; GMAW-CW.*

1 INTRODUÇÃO

O interesse em pesquisas relacionadas a revestimentos é recente e de maneira geral são focadas em dois campos distintos, contudo intimamente interligados. O primeiro, processual, preocupa-se com aspecto macro do problema, onde é enfocada a questão fundamental de operacionalidade e fatores consequentes. Disto resulta a seleção do processo e de procedimentos que viabilizem revestimentos

isentos de defeitos macroscópicos e que sejam economicamente aceitáveis. O segundo enfoque, metalúrgico, dedica-se em estudar a relação entre a microestrutura apresentada pelo revestimento e sua resistência ao processo erosivo e, a partir daí, propor alterações na composição química do consumível utilizado e/ou controle dos ciclos térmicos impostos pelo processo de soldagem empregado.(1) Segundo Wainer, Brandi e Mello,(2) desgaste é um fenômeno tipicamente superficial, a solda de revestimento tem sido utilizada com sucesso na diminuição do custo de fabricação de peças, na prevenção e na manutenção de peças desgastadas. Este trabalho terá como foco o campo processual onde a proposta é uma análise comparativa dos níveis de diluição e da relação R/L (reforço/largura) de revestimentos depositados pelos processos GMAW e GMAW-CW (*Gas Metal Arc Welding – Cold Wire*), com variação dos valores da velocidade de alimentação do arame energizado, taxa de alimentação do arame não energizado e energia de soldagem, objetivando a recuperação de regiões erodidas em pás de hélices de navios. Neste trabalho foi proposta a soldagem MIG/MAG e/ou GMAW, com a adição de um arame não energizado, (Processo DWOA - *Double Wire Only Arc* ou GMAW-CW) estabelecendo uma alternativa técnica e econômica em relação à soldagem GMAW convencional.

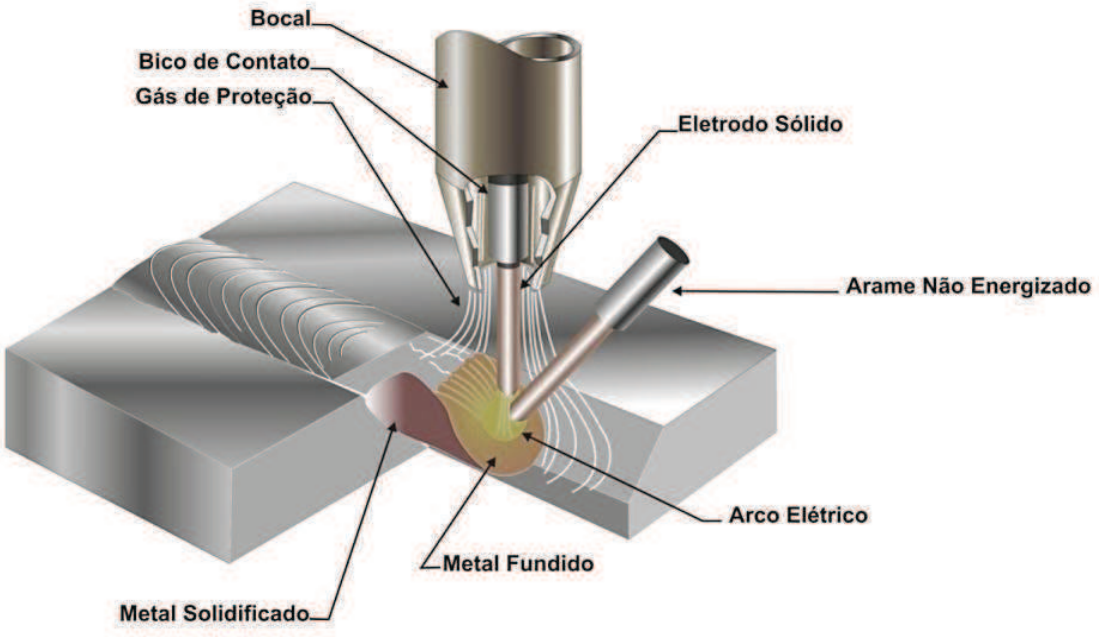


Figura 1. Esquema do processo GMAW-CW.(4)

Este novo processo (Figura 1) utiliza um equipamento GMAW convencional, com um sistema extra de alimentação de arame não energizado conjugado a tocha de soldagem. Para proteção gasosa utiliza somente um sistema, alimentado por um fluxo de gás inerte, ativo ou uma mistura de ambos, que resulta num considerável aumento de produção quando comparado com o processo GMAW convencional.[3]

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização das soldagens foi necessário a montagem de uma bancada de soldagem composta por: uma fonte de soldagem com respectivo cabeçote alimentador, um cabeçote alimentador independente para a alimentação do arame não energizado, tocha de soldagem, mesa de soldagem e sistema de deslocamento da tocha. Para execução do experimento utilizou-se o aço carbono classificação AISI/SAE 1020. O material de base foi empregado na forma de barra chata com dimensões de 7,94 mm x 76,20 mm x 150 mm (espessura x largura x comprimento) (Figura 2), com revestimentos depositados sobre o metal de base paralelo ao sentido de laminação do material.[5]

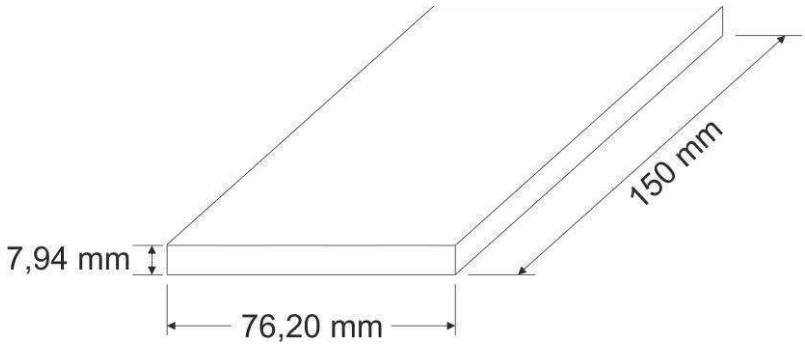


Figura 2. Dimensões da chapa sobre a qual os cordões foram depositados.

Para o desenvolvimento deste trabalho foi utilizado, como metal de adição, dois arames classe AWS ER70S-6, sendo o arame eletrodo de diâmetro 1,2 mm e o arame não energizado de 1,0 mm de diâmetro, conforme classificação da norma AWS 5.18. A seleção deste tipo de consumível está relacionada às suas características de elevada produção, facilidade de manutenção da estabilidade do

arco e, em especial, a sua aplicação ao processo de soldagem com alimentação de arame não energizado.(5) Os arames usados são largamente aplicados na indústria metal-mecânica, na soldagem de aços com baixo carbono e são de baixo custo de aquisição. Os parâmetros que se mantiveram constante durante a realização do experimento estão representados na Tabela 1.

Tabela 1. Parâmetros de soldagem utilizados

Parâmetros Utilizados	
Gás	Ar-25% CO_2
Velocidades de Soldagem	$3{,}33\times10^{-3}$ e $3{,}67\times10^{-3}$ m/s
Vazão de gás	15 l/min
Classe dos arames utilizados	AWS ER70S-6
Diâmetro do arame energizado	1,2 mm
Diâmetro do arame não energizado (frio)	1,0 mm
Metal de base utilizado	AISI/SAE 1020

Para realização dos cordões de solda com os processos GMAW e GMAW-CW foram usados como parâmetros de soldagem, uma tensão de 26 V, Stickout de 16 mm e correntes de 200 A, 250 A e 300 A, o que correspondem as velocidades de alimentação do eletrodo de $8{,}33\times10^{-4}$, $1{,}17\times10^{-3}$ e $1{,}67\times10^{-3}$ m/s, respectivamente. Cada cordão equivale a uma corrente de soldagem, sendo que foram executados três cordões em cada corpo de prova conforme mostrado na Figura 3. Na soldagem utilizando o processo GMAW-CW, foram mantidos os parâmetros citados (Tabela 1), e o arame não energizado foi alimentado com uma velocidade equivalente a 60% e 70% da velocidade do eletrodo. Estas, por sua vez, foram determinadas através de experimentos preliminares, onde se buscou utilizar a maior proporção possível tecnicamente viável, avaliados com base na análise visual dos cordões e líquido penetrante.

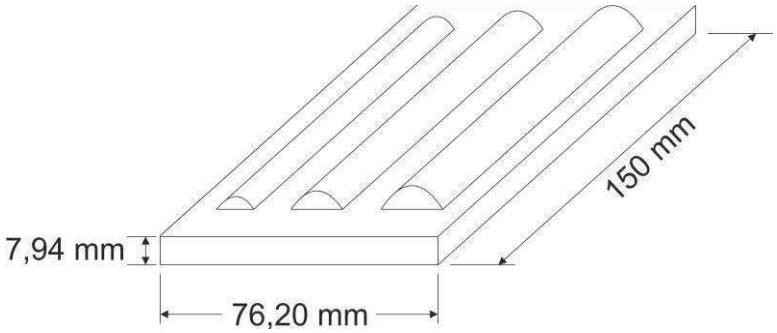


Figura 3. Esquema de deposição dos cordões.

Para a realização das medidas do reforço, largura e diluição os corpos de prova foram seccionado na região central do cordão (Figura 4). As medidas foram realizadas (Figura 5) utilizando o Software AutoCAD®.

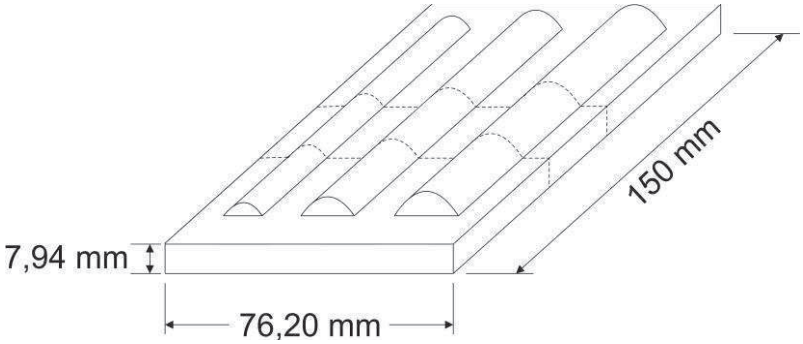


Figura 4. Esquema de seccionamento dos cordões.

A diluição é a quantidade percentual do metal de base que entra na composição do metal de solda, na soldagem por fusão, podendo variar desde valores muito baixos com 5% até 100% na soldagem autógena (sem adição de metal) (Figura 5).

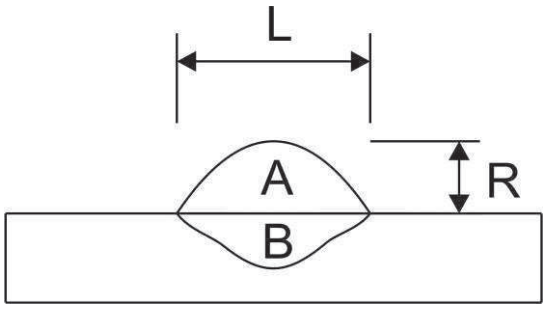


Figura 5. Esquema de realização de medidas.

Geometricamente a diluição é definida pela relação de área do metal depositado e fundido (Equação 1).

$$\delta = \frac{B}{A+B}\ 100\% \qquad (1)$$

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Tabela 2 apresenta os valores de reforço, largura, e diluição, obtidos a partir das medições realizadas para a velocidade de soldagem de $3{,}33\times10^{-3}$ m/s. Os resultados obtidos para ambos os processos revelaram uma tendência de que a diluição aumenta com o aumento da corrente e é inversamente proporcional ao aumento do percentual de adição de arame não energizado, sendo assim, o processo GMAW-CW apresenta menores valores de diluição se comparado ao processo GMAW convencional nos mesmos parâmetros.

Tabela 2. Valores medidos para a velocidade de soldagem de $3{,}33\times10^{-3}$m/s

	I	T_A	A_P	A_R	L	R	δ	R/L
GMAW	200	0	24,36	26,31	14,18	2,52	48	0,18
	250	0	26,47	39,04	15,48	3,43	40	0,22
	300	0	33,39	52,80	15,38	4,44	39	0,29
GMAW-CW	200	60	17,55	40,26	15,31	3,66	30	0,24
	250	60	18,67	57,05	16,65	4,42	25	0,27
	300	60	10,54	75,07	17,75	5,31	12	0,30
	200	70	8,04	40,09	13,37	4,01	17	0,30
	250	70	8,19	51,31	15,05	4,45	14	0,30
	300	70	13,69	79,36	18,10	5,72	15	0,32

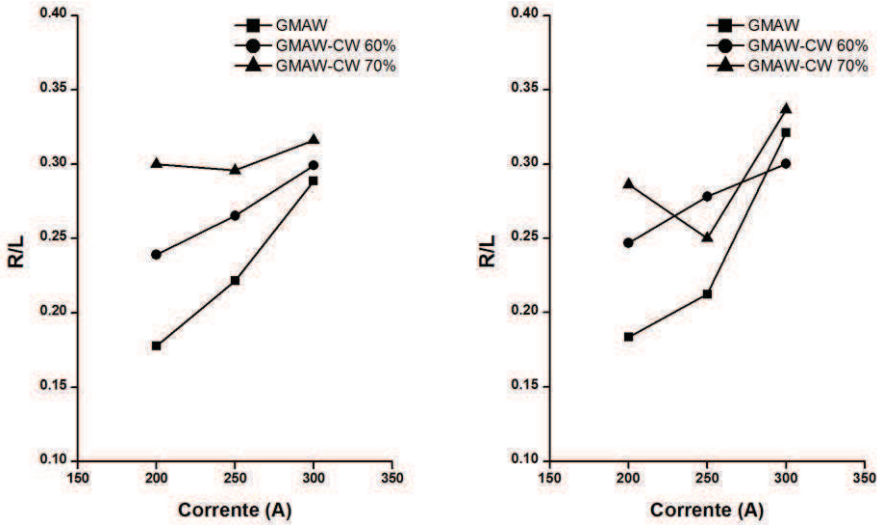
Tabela 3. Valores medidos para a velocidade de soldagem de $3{,}67\times10^{-3}$ m/s

	I	T_A	A_P	A_R	L	R	δ	R/L
GMAW	200	0	18,17	20,01	12,91	2,37	48	0,18
	250	0	22,91	32,23	14,12	3,00	42	0,21
	300	0	19,73	45,37	13,76	4,42	30	0,32
GMAW-CW	200	60	10,61	34,31	13,61	3,36	24	0,25
	250	60	7,98	53,80	16,00	4,45	13	0,28
	300	60	18,98	71,32	18,09	5,43	21	0,30
	200	70	9,09	37,80	13,31	3,81	19	0,29
	250	70	13,52	44,72	15,23	3,81	23	0,25
	300	70	9,97	64,50	15,35	5,17	13	0,34

Onde:

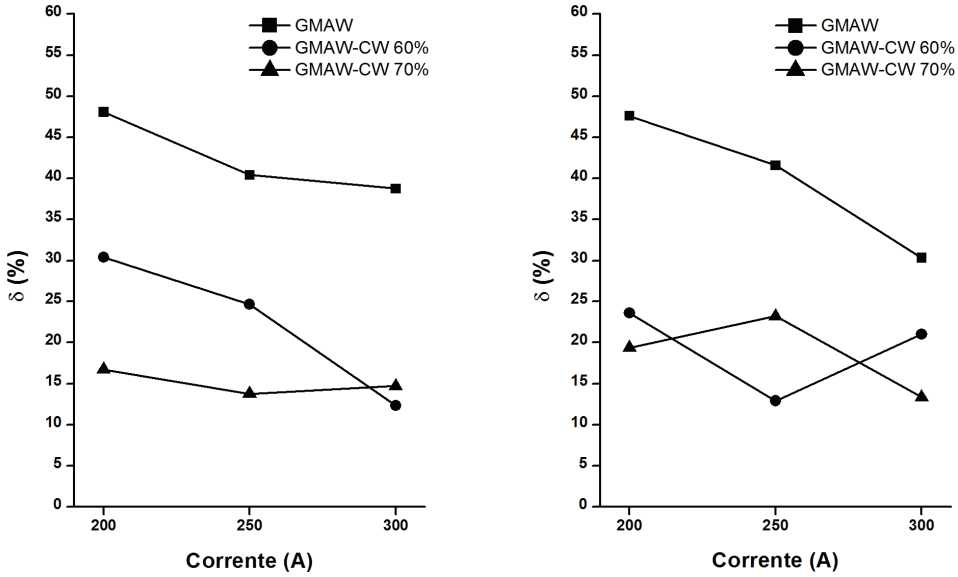
- I – corrente (A);
- T_A – razão de adição do arame não energizado (%);
- A_P – área de penetração (mm²);
- A_R – área de reforço (mm²);
- L – largura do revestimento (mm);
- R – altura do reforço (mm);
- δ – diluição (%); e
- R/L – relação reforço/largura.

A mesma tendência foi observada para a velocidade de soldagem de $3{,}67\times10^{-3}$ m/s (Tabela 3), no entanto verificou-se uma ligeira diminuição na espessura do reforço e largura do cordão, que teve com consequência um aumento no valor da relação R/L. Analisando os valores da relação R/L observou-se que a esta é proporcional a corrente de soldagem. No entanto, esta é maior quanto menor é o nível de diluição obtido pela operação de soldagem (Figura 6). Para o processo GMAW-CW esta relação apresenta maiores valores, podendo ser usada desta forma como um indicador qualitativo do nível de diluição em uma operação de revestimento por soldagem.



(a) (b)

Figura 6. Relação R/L em função do processo, corrente média de soldagem e velocidade de soldagem. (a) 3,33×10^{-3} m/s; e (b) 3,67×10^{-3} m/s.



(a) (b)

Figura 7. Diluição em função do processo, corrente média de soldagem e velocidade de soldagem. (a) 3,33×10^{-3} m/s; e (b) 3,67×10^{-3} m/s.

Os resultados de diluição podem ser mais bem visualizados através da representação gráfica da Figura 7. Na Figura 7a, o ponto equivalente a uma corrente de 300 A para o processo GMAW-CW 60% apresenta uma diluição menor que a

diluição apresentada pelo processo GMAW-CW 70%, fato este devido a uma descontinuidade geométrica conforme mostrado na Figura 8. Também na Figura 8 é mostrada a secção transversal dos cordões de solda para uma velocidade de $3{,}33\times10^{-3}$ m/s realizados utilizando o processo GMAW-CW 60% para as correntes de 200 A, 250 A e 300 A, respectivamente, na qual é possível observar a falta de fusão para o cordão realizado com uma corrente de 300 A.

Conforme observado na Figura 7b, a diluição para o ponto 250 A, velocidade de $3{,}67\times10^{-3}$ m/s para o processo GMAW-CW 70% apresentou uma maior diluição comparada ao processo GMAW-CW 60% nesta mesma corrente, fazendo com que o valor da relação R/L para este mesmo ponto tenha assumido um menor valor, Figura 6.b, uma vez que ela é inversamente proporcional a diluição. Vale ressaltar que apesar deste ponto apresentar certa dispersão na tendência das curvas, estes cordões não apresentaram descontinuidades como, falta de fusão (Figura 9).



Figura 8. Secção transversal dos cordões depositados pelo processo GMAW-CW 60% para uma velocidade de soldagem de $3{,}33\times10^{-3}$ m/s.[5] : as correntes foram (1) 200 A, (2) 250 A e (3) 300 A

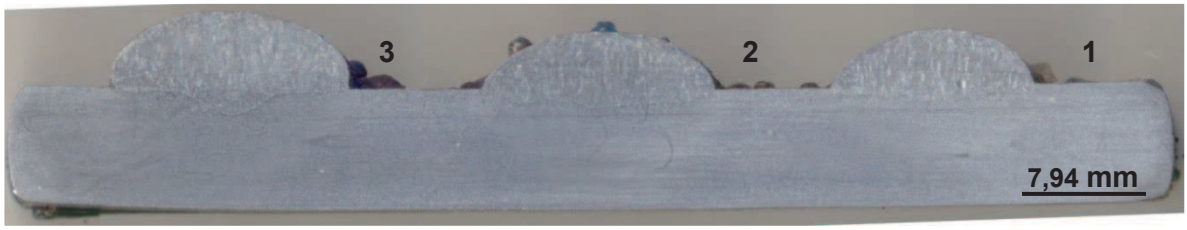


Figura 9. Secção transversal dos cordões depositados pelo processo GMAW-CW 70% para uma velocidade de soldagem de $3{,}67\times10^{-3}$ m/s.[5] : as correntes foram (1) 200 A, (2) 250 A e (3) 300 A

4. CONCLUSÕES

Os resultados mostraram que os níveis de diluição apresentados pelos revestimentos executados através do novo processo, GMAW-CW, são bem menores quando comparados com aqueles realizados com o processo GMAW convencional. Devido o processo GMAW-CW apresentar maior taxa de fusão e deposição, os revestimentos depositados apresentaram maiores valores de reforço e largura, o que pode favorecer na redução no tempo de restauração de uma peça. Assim, a execução de revestimentos nobres como, por exemplo, recuperação de pás de hélices de navios erodidas onde o nível baixo de diluição do processo garantiria suas propriedades físico-químicas aliadas a níveis altos de produtividade. Desta forma o processo GMAW-CW apresenta-se como uma alternativa viável a ser empregada para tais fins.

AGRADECIMENTOS

LCAM (Laboratório de Caracterização de Materiais da UFPA), pelas sugestões e permanente disponibilidade em compartilhar conhecimentos e experiências adquiridas.

REFERÊNCIAS

1 BARRA, S. R. Influência do Processo MIG/MAG Térmico sobre a Microestrutura e a Geometria da Zona Fundida. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, 2003.

2 WAINER, E.; BRANDI, S. D.; MELLO, F. D. H., Soldagem: Processos e Metalurgia. BLUCHER,1992.

3 SCOTTI, A., PONOMAREV, V., 2008; Soldagem MIG/MAG. Uberlândia: Artliber, 2008.

4 CABRAL, T. S.; CRUZ JUNIOR, L. P. S.; SILVA, F. G.; BRAGA, E. M. Desenvolvimento e Estudo da Viabilidade de um Injetor de Arame Adicional para O Processo de Soldagem MIG/MAG e FCAW. In: 6º CONGRESSO

BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE FABRICAÇÃO, 2011, Caxias do Sul. Rio Grande do Sul.

5 RIBEIRO, P. P. G., 2011, Influência dos parâmetros de soldagem gmaw e gmaw-cw sobre a diluição e relação reforço/largura em revestimentos. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará. Instituto de tecnologia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Belém, Pará, 2012.

Development of a Methodology for Correcting Distortions Produced by Welding Processes in Naval Structures

Adan Vega Sáenz
Universidad Tecnológica de Panamá

RESUMEN

Welding distortion is practically an expected feature in shipbuilding, with a few exceptions; when thick plates are used, for example. Nowadays, the trend is to use thinner plates in order to reduce weight, aiming to reduce waste of fuel. However, thin plates are drastically affected by welding distortion, this finally represents a significant - unnecessary spent of money and time on straightening the structure. Here is necessary to realize that even with the most effective welding process, welding distortion in thin plates appears, so it is unrealistic to think about free of distortion lightweight welded structures. Although there have been a gradual movement to optimize the straightening process, still many question to be answered. In this paper, an Elastic Finite Element Model based on Inherent Strain Method is developed in order to study the process of straightening deformed plates. Some techniques, usually used in the practice, are numerically evaluated and its effectiveness compared. Finally, useful recommendations that aim to the optimization of the process are drawn.

KEY WORDS: (Straightening), (welding distortion), (line heating), (inherent strain), (FEM)

1. INTRODUCTION

Avoiding welding distortion has been the main purpose of shipbuilding industry since welding is used to join materials. The main reason of that is because distortions are not approved neither, helps in acquiring high quality products. This is unfortunate

since, in shipbuilding, the control of the distortion presents serious economic issues associated with the construction of large welded structures. For example, the difficulty of fixturing and jigging presented by welding one welded assembly to another. On the other hand, welding distortions are difficult to eradicate since the thermal cycle, generated during the welding process, will appear, at least that, a joining process that does not increase the material temperature, is used [1, 2].

Since it is difficult to avoid welding distortion, they must be corrected in order to achieve the requirement. In order to do that, the straightening process, using gas torch, induction or laser heating, is used. Here is pertinent to mention that straightening a deformed plate is not an easy task neither something people can learn in a couple of hours [3, 4].

In the last decades, many researchers, about straightening warped plates have been presented. Some of them aim to understand the mechanism of straightening a distorted plate. Another group tried to develop methods for reducing distortion and a third group that aims the automation of the process [1, 2, 3, 4, 5, 6 and 7]. The results can be resuming to simples words: the mechanism of straightening by means of heat is not well understood neither an automated system able to accurately straight a distorted plate exists.

The author aims to develop an automatic system for straightening deformed plates without significant human helps. In order to achieve this, prediction of the plate distortion due to heating is needed. Here is important to mention that the finite element method has become the most appropriate tool for performing such task.

Although, the thermo-elastic–plastic FEM can be used to simulate the straightening process, a very long computational time is needed even when faster computers are used. Besides the thermo-elastic–plastic FEM, elastic FEM based on the inherent strain theory [8, 9, 10, 11 and 12], can also be utilized to predict heat-induced deformation. Comparing with the thermo-elastic–plastic FEM, only a very short computational time is needed to complete the simulation even for complex heating patterns. Moreover, only the elastic modulus and the Poisson’s ratio at room

temperature are used in the elastic FEM, and the temperature dependent material properties are not needed [13].

In this paper, elastic FEM based on the inherent strain theory is used to predict the heat-induced deformation due to line heating during the process of straightening warped plates. In addition, a new method for prediction the heat-induced deformation, produced by complex heating patters, is presented. In order to evaluate the effectiveness of the method, a typical example of multiple heating lines is examined and the resulting heat-induced deformation is compared with that obtained using thermal elastic-plastic FEM.

2. Elastic finite element based on inherent strain

An in-house 3-D thermal-elastic-plastic solid finite element code [13] is employed to investigate the relationship between the inherent strain and the final configuration of the plate to be achieved. The procedure of simulation consists of two steps:

First, the components of inherent strain obtained through 3D thermo elasto-plastic analysis [14], are transformed into strain components as follows:

$$\varepsilon^*_x = \delta^i_x / b \qquad (1)$$

$$\varepsilon^*_y = \delta^i_y / b \qquad (2)$$

$$\theta^*_x = \theta^i_x / b \qquad (3)$$

$$\theta^*_y = \theta^i_y / b \qquad (4)$$

Where *b* is the breadth of the elements in which the inherent strains are introduced. For simplicity, it is assumed that all the four inherent strain components are introduced into the same area (the heating area). **Figure 1** shows an example of the FEM model and the area in which the inherent strains are introduced.

Second, these inherent strain components are introduced into the elastic FEM as primary strains, and the heat-induced deformation is estimated through elastic FE analysis. To simplify the analysis, uniform distribution of inherent strains is assumed

at the central region of the plate while at both edges; average values of inherent strains are used. The deflections computed by the thermal-elastic-plastic FEM and the elastic FEM are compared in **Figure 2.** The deflection along the transverse section at the center and that along the heating line are shown in these figures. As it may be observed, the heat-induced deformation computed by the thermal-elastic-plastic analysis is accurately reproduced by the elastic analysis. This suggests that the elastic FEM can be employed to predict the heat-induced deformation due to line heating if the inherent strain is known in advance. However, in straightening deformed plates combination of heating lines are needed. Thus, it is necessary to consider complex heating pattern in order to develop an automated system. In the next section, the case of complex heating scheme is discussed.

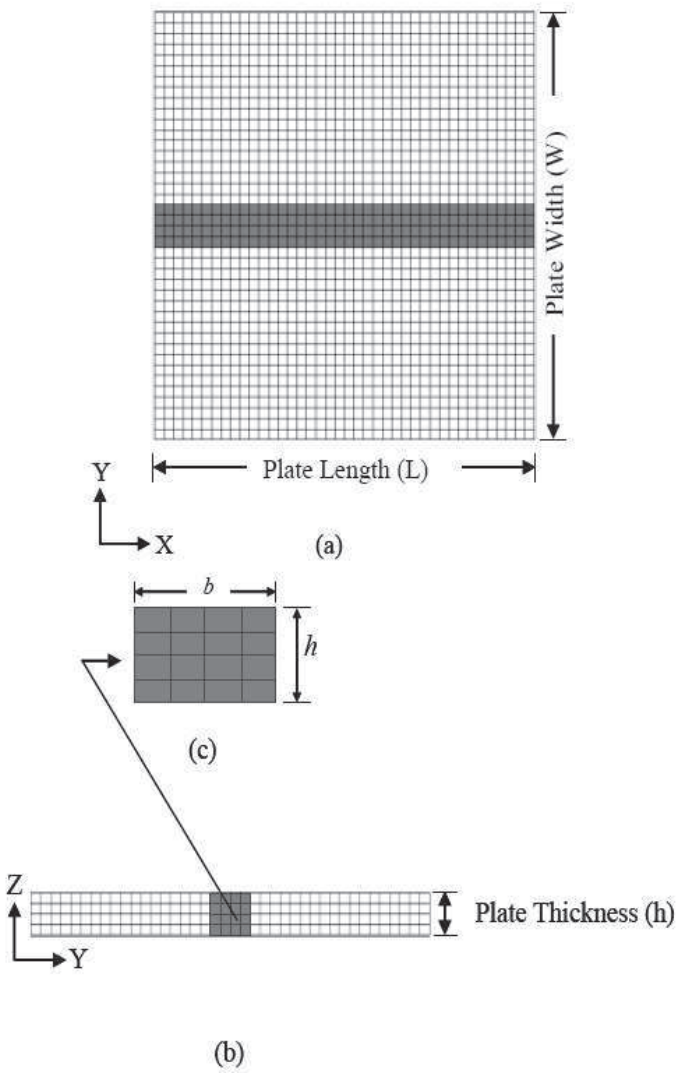
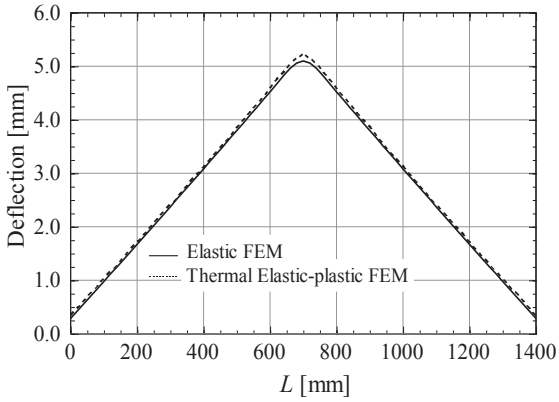
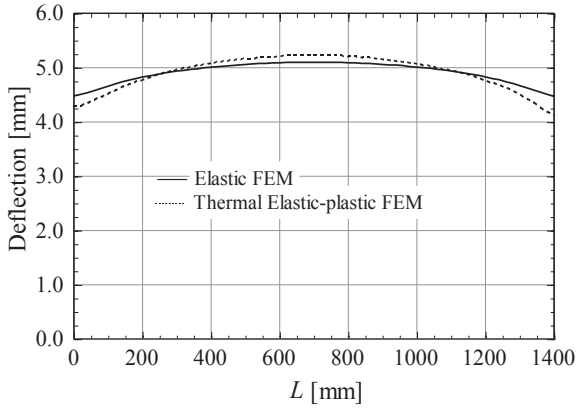


Fig. 1 Schematic of elastic FEM model (a) Top surface, (b) Distribution through the

plate thickness, and (c) Area in which the inherent strains are introduced



(a)



(b)

Fig. 2 Deflection distributions, in the middle section, produced by a single heating line (a) Transverse to the heating line and (b) Along the heating line

3. Prediction of heat-induced deformation of complex heat pattern using elastic FEM

In straightening warped plates, combination of heating lines, in different directions, are applied until the plastic strain required to flat the plate is finally attained. On the other hand, when two heating lines are applied close to each other, inherent strain is not a single addition of that produced by each heating line [14]. With the purpose to explain this difference, the effect of prior heating lines on inherent strain produced by a current heating line is first examined. This influence is mainly because the inherent strain and the residual stress influence each other.

Figure 3 shows a square plate where a combination of six heating lines is applied. In this case, 3D thermal elastic plastic analysis is used to simulate deformation. The first three lines are applied in the X-direction. The remaining three lines are normal to the first three (Y - direction). **Figure 4** shows the distribution of inherent strain (plastic strain) along each heating lines as obtained by FEM. Despite the fact that all the heating lines are applied under the same heating and cooling condition, it is clearly observed that the distribution of inherent strain shows a complex distribution. This proves that simple addition of inherent strain produced by individual heating lines does not produce enough accuracy in the deformation predicted by FEM. Thus, it is necessary to analyze the influence of multiples heating lines on the deformation.

To gain a better comprehension of this, effect of a previous heating line on the inherent strain of an overlapped, that on the case of parallel and crossed heating lines are examined in details [14].

3.1 Basic definitions

In order to clarify the inherent strain produced by various heating lines, the following is considered:
In case of individual heating, the deformation in the transverse direction of the heating line, regardless of the coordinate system, is called inherent transverse shrinkage/bending while that in the longitudinal direction of the heating line is called inherent longitudinal shrinkage/bending as shown in Figure 5(a).

In case of multiple heating lines, the total inherent strain is achieved by integrating the inherent strain normal to the coordinate axis (x) along the plate length. Whether the orientation of a heating line is not the same as that of the coordinate axis x and y, coordinates transformation is carried out.

3.2 Proposed method to predict heat-induced deformation of complex heat pattern

As demonstrated above, heat-induced deformation due to line heating can be

accurately predicted by elastic FEM if the inherent strains are known. However, in real forming by line heating, where complex heating patterns are used, the inherent strain is influenced by many factors [14]. In order to evaluate these influences in the analysis of plate straightening, the following approach is proposed:

Step 1: Predict the four components of inherent strain at the central region of the plate.

Step 2: Predict the four components of inherent strain at plate edges. Figs. 6 and 7 show an example of such relationship. More detail can be found in [14].

Step 3: Make corrections to the values obtained in Step-1 and 2 for location of heating and plate size.

Step 4: Based on the sequence of heating, determine if overlapping, parallel and/or cross effect need to be considered. Then, obtain the correction values from databases. Figs. 8 to 13 show examples of such relationship. More detail can be found in [14].

Step 5: Introduce the correction values obtained in Step-4 into the values of inherent strains predicted in Step-1 to Step-3.

Step 6: Introduce the inherent strain obtained in Step-6 into the elastic FEM model.

Step 7: Repeat Step-1 to 7 for each additional heating line.

Step 8: Perform elastic FE analysis.

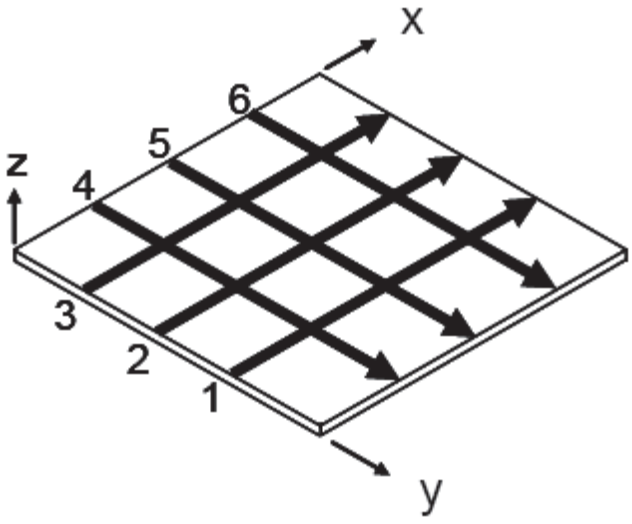


Fig. 3 Schematic of multiple heating lines

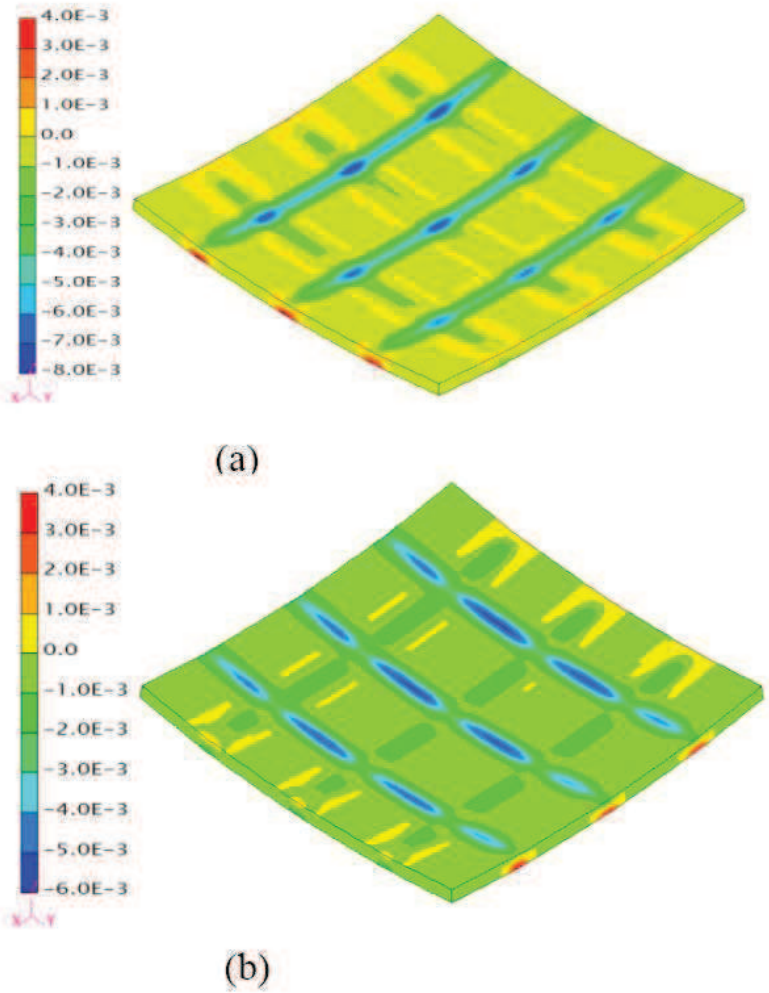


Fig. 4 Distribution of plastic strains caused by several heating lines (a) ε_x and (b) ε_y

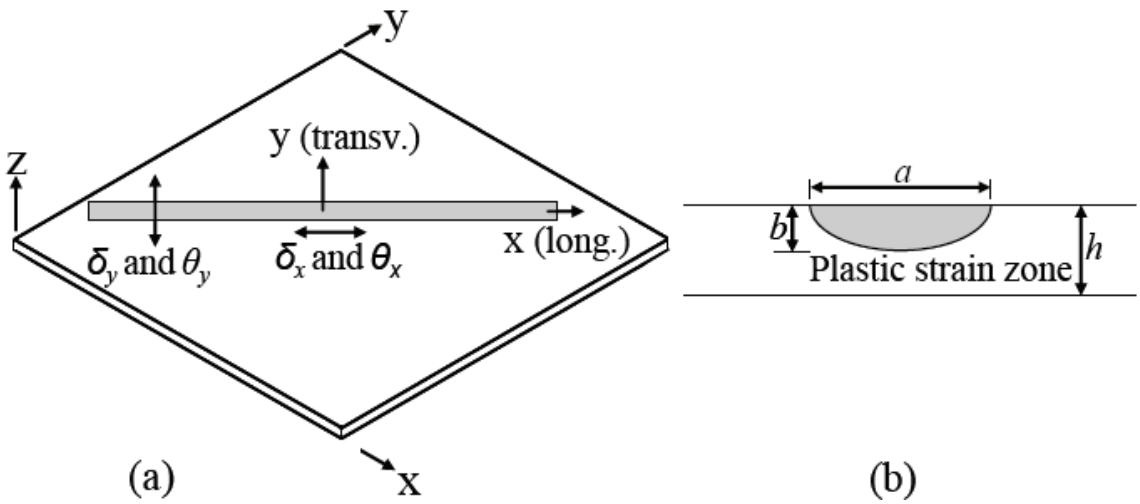


Fig. 5 Definition of inherent strain, (a) For arbitrary direction, (b) Integration area

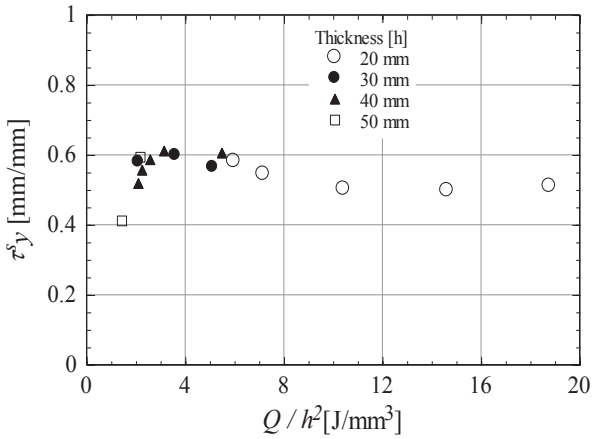


Fig. 6 Relation between edge effect on transverse shrinkage and heat input parameter Q/h^2 at the entrance plate edge

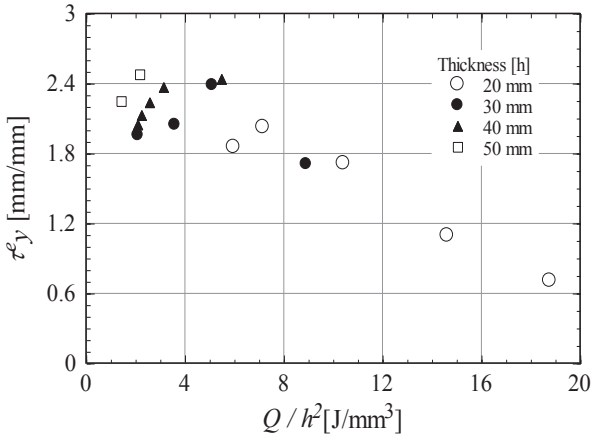


Fig. 7 Relation between edge effect on transverse shrinkage and heat input

parameter Q/h^2 at the exit plate edge

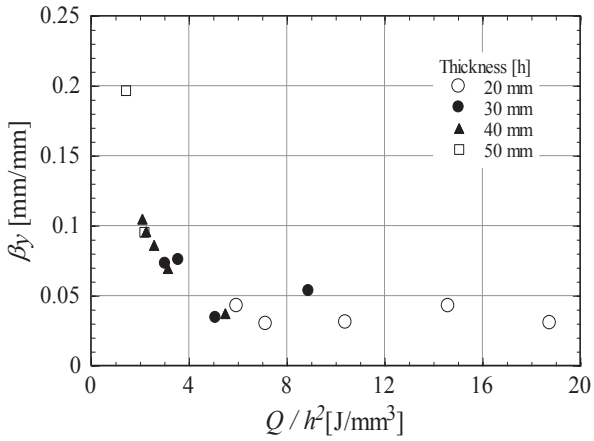


Fig. 8 Relation between overlapping effect on transverse shrinkage and heat input parameter Q/h^2

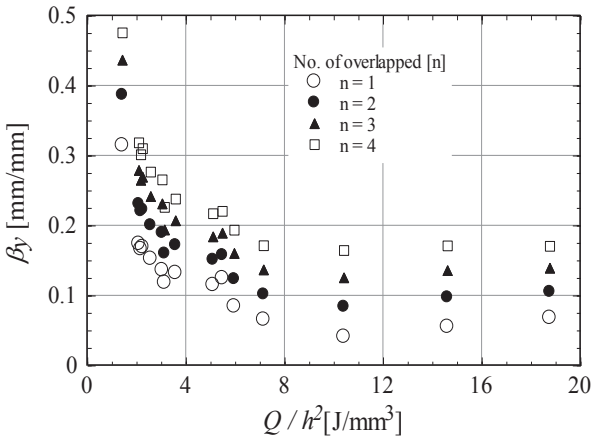


Fig. 9 Relation between overlapping effect on transverse shrinkage and heat input parameter Q/h^2 for multiple overlapped heating lines

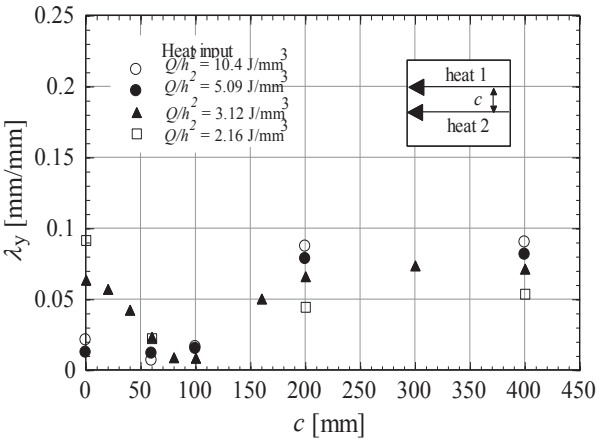


Fig. 10 Relation between parallel effect on transverse shrinkage and separation between parallel heating lines for different values of heat input parameter Q/h^2

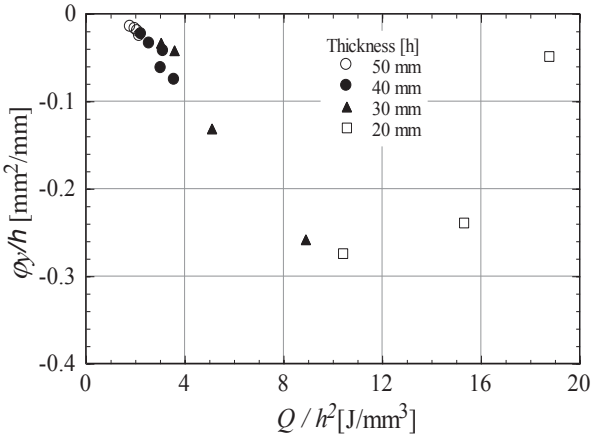


Fig. 11 Relation between cross effect on transverse shrinkage and heat input parameter Q/h^2

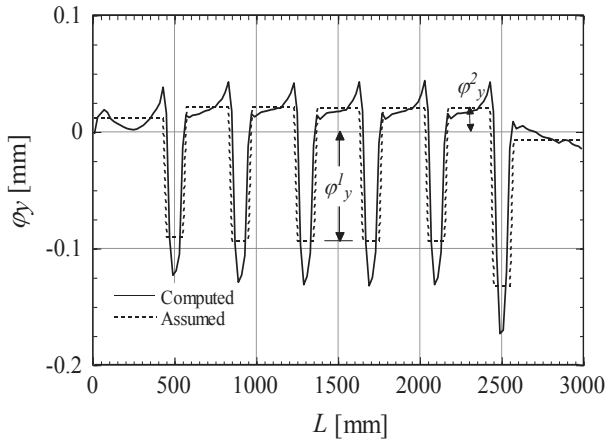


Fig. 12 Comparison between assumed and computed cross effect on transverse shrinkage for multiples heating lines

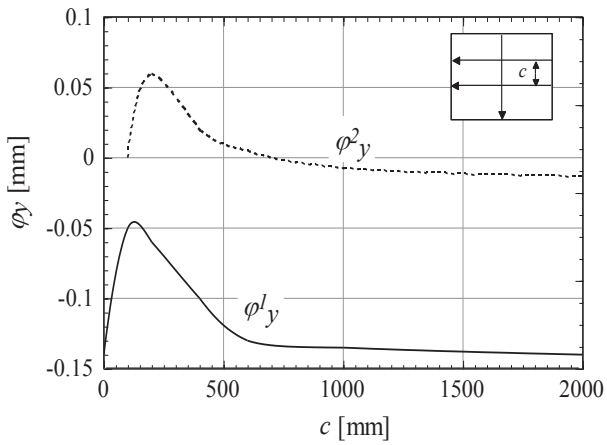
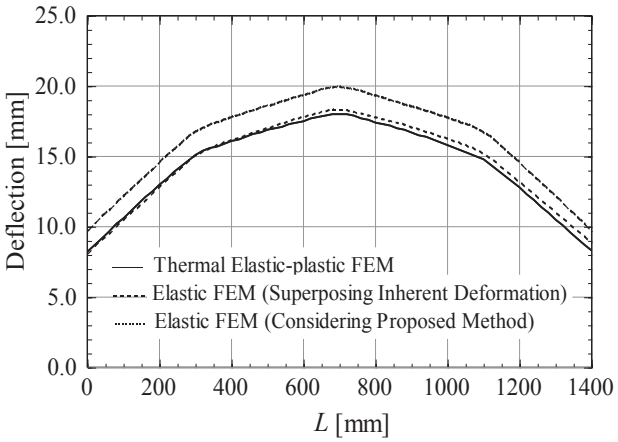


Fig. 13 Relation between cross effect on transverse shrinkage and separation between parallel heating lines

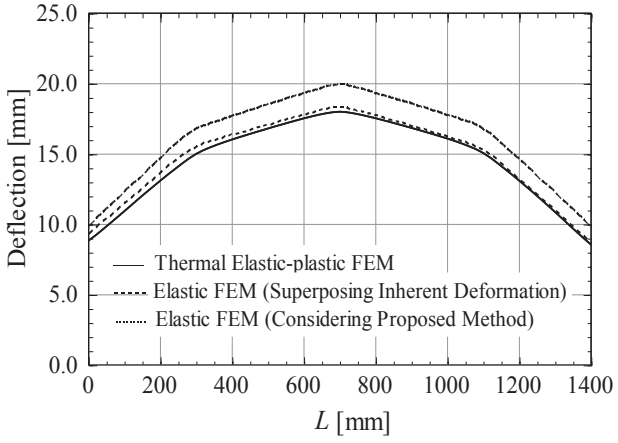
3.3 Application of proposed method to predict heat-induced deformation under complex heat patterns

In order to evaluate the effectiveness of the proposed method, the heating pattern shown in Figure 3 is simulated by using both, 3D thermal elasto-plastic and elastic analysis. For simplicity, the heating sequence is as shown in the figure. At first, the heat-induced deformation is estimated by using the 3D thermal elasto-plastic FEM. Then, two types of elastic FEM are performed: First, superposing inherent strain for individual heating lines without considering any influential factors other than heat input and plate thickness, second, applying the proposed method considering the influential factors (Figs. 6 to 13, for example).

The deflections computed by the three methods are compared in Figure 14. By simple inspection, it can be concluded that the distribution of deflection predicted by the proposed method matches that computed by the thermo-elastic–plastic FEM exceptionally well while that predicted by superposing inherent strain does not.



(a)



(b)

Fig. 14 Comparison of deflection distributions for multiples heating lines predicted by thermal elasto-plastic FEM and elastic FEM (a) Along plate length (W/2) and (b) Along plate width (L/2)

As may be observed, the difference between the deflections produced by the two elastic analyses is only about 2 mm approximately. However, it increases with the number of heating lines due to the influence of residual stresses. This influence plays a key role on the prediction of heat-induced deformation by elastic FEM. Therefore, elastic FEM in which the inherent strains are simply superposed may not be used to predict heat-induced deformation.

In addition, the computational time is much shorter than that used in the thermo-elastic–plastic FEM. In the present study, the total computational time is almost 36 hours for the thermo-elastic–plastic FE model, whereas the computational time of the elastic FE model is shorter than one hour (including pre-processing). In case of a more complex heating pattern, the computation time required for thermal elasto-plastic FEM proportionally increases with the number of heating lines while that required in elastic FEM is roughly the same for all cases.

4. Optimization of the straightening process

As it is explained in previous sections, the straightening process is quite complicated. In performing such procedure, time and energy play a key role. Thus, both of them need to be carefully controlled in order not to spend more than previously estimated. In addition, a wrong straightening procedure may results in unnecessary re-work that produce additional cost.

Aim to optimize the straightening process; influential factors affecting the process, are studied. From that, the indices α_1 and α_2 are drawn. Where α_1 is the relationship between the time needed to complete the straightening process of a specific plate and the amount of plate deformation to be straightened, α_2 represents the relationship between required heat and the amount of deformation to be deformed as given by equation 5 and 6, respectively:

$$\alpha_1 = \text{deformation/total time ((mm or radians) /sec)} \quad (5)$$

$$\alpha_2 = \text{deformation/total energy ((mm or rad)/(J/mm))} \quad (6)$$

In order to evaluate these two parameters, three different combinations of heating lines (see Table 1) were simulated up to straight a warped plate. The plate model is shown in **Figure 15**. Plate size is 300x300x6 mm. The maximum deflection is given in Z direction and is about 4 cm, from the center of the plate to a straight line in the plane XY. The initial deflection is the same in both, the X and Y direction. **Figure 16** shows and example of the Z direction displacement after one line heating applied at the center of the plate.

Table 1 summarized the results of the analysis. As it is shows in the table, combination number 3 provides the best result. This is because in the first and the second case, re-work, in order to repair edge defects, was needed. Despite the fact that results prove that the straightening process can be optimized, this computation was only carried out for three straightening techniques. In straightening deformed plates, however, different techniques are used. Thus, it is necessary to incorporate all of them into the analysis in order to propose final optimization parameters. This will be presented in forthcoming papers.

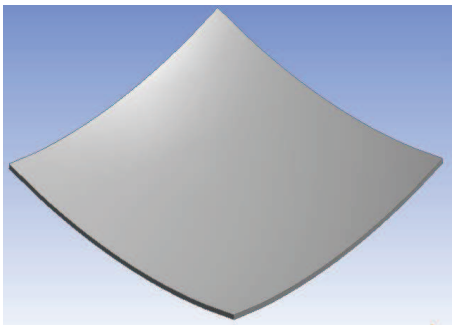


Fig. 15 Plate model used in optimization of the straightening process

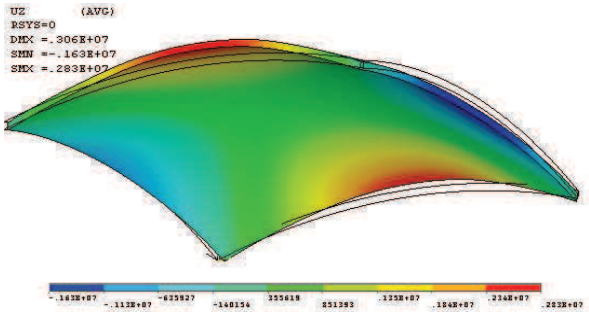


Fig. 16 Example of deformation in Z direction after a single heating line

8. Conclusions

An elastic analysis based on the inherent strain method is performed to examine the straightening process. From the analysis, a method to predict heat-induced deformation produced by complex heating scheme has been proposed. In this method, the inherent strain of individual heating line is predicted based on the given heating condition and plate thickness. Then, using the effect of influential factors, corrections necessary to the inherent strain are made. The same procedure is followed for each heating line according to the heating sequence. Through numerical analysis, it has been demonstrated that this method can easily and accurately predict heat-induced deformation during the straightening process. Finally, the optimization of the straightening process is evaluated from the point of view of two parameters, time and consumed energy. Both of them related to the amount of deformation straightened. It is shown that using these parameters it is possible to obtain the most effective technique to be used in straightening warped plates.

Table 1 Straightening conditions and optimization parameters

Case	Description	α_1	α_1
1	Five parallel lines in X direction followed by five parallel lines in Y direction. In both cases, heating lines are applied over the total length of the plate.	0.13	0.0036
2	Five parallel lines in X direction followed by five parallel lines in Y direction. In both cases, the line heating is applied over the total length of the plate. However, in this case, the sequence was changed, first in X direction, second in Y direction and so on.	0.13	0.0044
3	Five parallel lines in X direction followed by five parallel lines in Y direction. In both cases, the starting and the ending point of each line heating were at 25 mm from the plate edges (considering edge effect)	0.16	0.0047

ACKNOWLEDGEMENT

Authors greatly appreciate the support of the National Secretary of Science and technology of Panama (SENACYT) through their program of grants for research and development. Also author would like to thanks to Isthmus Bureau of Shipping (CLASS IBS) for all their support in this research.

REFERENCES

1 Masubuchi, K., 1980, “Analysis of Welded Structure: Residual Stresses, Distortion, and Their Consequence,” Pergamon Press.

2 Michaleris, P. and DeBiccari, A., 1997, “Prediction of Welding Distortion” Welding Journal, Welding Research Supplement, 76 (4), p 172s-181s

3 Deo, M. V. and Michaleris, P., 2003, “Mitigation of Welding Induced Buckling

Distortion Using Transient Thermal Tensioning," Science and Technology of Welding * Joining, 8(1), pp.49-54.

4 Xu, J., and Li, W., 2005, "Welding Induced Distortion Control Using Dynamic Thermal Tensioning," Trans. NAMRI of SME, 33, pp. 273-280.

5 Cheng, P., Mika, D., Graham, M., Yao, Y. L., and Jones, M., 2005, "Laser Forming of Complex Structures," The 1st International Workshop on Thermal Forming (IWOTF' 05), April 13-14, 2005, Bremen, Germany

6 Geiger, M., Vollertsen, F., and Deinzer, G., 1993, "Flexible Straightening of Car Body Shells by Laser Forming," Sheet Metal and Stamping Symposium, Detroid, Michigan.

7 Cullity, B. D., 1978, "Elements of X-ray Diffraction," 2nd Edition, Addison-Wesley Pub. Co., New York.

8 H. Murakawa, Y. Luo and Y. Ueda: Prediction of Welding Deformation and Residual Stress by Elastic FEM Based on Inherent Strain. Trans. *Journal of the Society of Naval Architects of Japan,* 180, 739-751, 1997.

9 W. Liang, . D. Deng,. S. Sone., H. Murakawa., Prediction of Welding Distortion by Elastic Finite Element Analysis Using Inherent Deformation Estimated Through Inverse Analysis. *Trans. IIW-1706-05. Welding in the world.* Vol. 49, No. 11/12, 2005.

10 H. Nishikawa, I. Oda, M. Shibahara, H. Serizawa and H. Murakawa. Three-dimensional Thermal-elastic-plastic FEM Analyis for Predicting Residual Stress and Deformation Under Multi-pass Welding, *Proceeding of ISOPE'04,* Toulon, France, 2004, CD-ROM.

11 Yu LUO, Hidekazu MURAKAWA and Yukio UEDA, Prediction of Welding Deformation and Residual Stress by Elastic FEM Based on Inherent Strain (Report I) -Mechanism of Inherent Strain Formation-, *Trans. of JWRI*, 26-2 (1997), 49-58.

12 M. G. Yuan and Y. Ueda, Prediction of residual Stresses in Welded T- and I-Joints Using Inherent Strains, *Transactions of the ASME, Journal of Engineering Materials and Technology*, Vol. 118 April 1996, pp. 229-234.

13Nishikawa, H, Serizawa, H, and Murakawa, H (2005). "Development of a Large-scale FEM for Analysis Mechanical Problems in Welding," *Journal of the Japan Society of Naval Architects*, Vol.2, pp.379.

14 Vega, A. (2009). Development of Inherent Deformation Database for Automatic

Forming of Thick Steel Plates by Line Heating Considering Complex Heating Patterns. Doctoral thesis. Osaka University, 2009.

CT-03 CONSTRUCCIÓN NAVAL

Estruturas preenchidas com fluido em pressão positiva e suas possíveis aplicações na área naval
Structures filled with fluid on positive pressure and their possible marine applications

Sdepan Bogosian Neto
Capitão-de-Fragata(EN). DSc Centro de Projetos de Navios (CPN)
e-mail: sbogosian@gmail.com

Alexandre Wierner *Pesquisador*
REITZ Ferramentas Pneumáticas
e-mail: projeto@reitz.com.br

Rubens Carlos Oliveira Silva
Capitão-de-Corveta(EN. MSc. Centro de Apoio a Sistemas Operativos.
e-mail: rubcarso@ibest.com.br

Jocyr Sanchez de Almeida.
Primeiro-Tenente (RM2-EN). Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo (CTMSP) e-mail: Jocyr@uol.com.br

RESUMO

O objeto do artigo é apresentar as vantagens advindas do preenchimento de estruturas com fluido. Estruturas assim são análogas a materiais compósitos, com a diferença de que um dos componentes é fluido. Com o uso do método hipotético-dedutivo, comparam-se estruturas vazias e preenchidas com fluido em pressão positiva. Estas estruturas apresentam maior carga crítica de flambagem. Não se estuda o problema de vazamentos.

PALAVRAS-CHAVE: Estruturas preenchidas com fluido em pressão positiva, cascos de pressão, plataformas de produção.

ABSTRACT

The object of this article is to present the advantages of filling structures with fluid on positive pressure. This kind of structures are analogous to composite materials with the difference that one of their components is fluid. Using the hypothetical-deductive method, void and positive pressure fluid filled structures are compared. The latter present greater Euler critical buckling load and a greater bending strength. The problem of leakage is not discussed.

Keywords*: Structures Filled with Fluid on Positive Pressure, Pressure Hull, Platforms.*

LISTA DE SÍMBOLOS

Latinos

A_x– Área da seção transversal.

A_{xf}– Área da seção transversal ocupada pelo fluido.

E – Módulo de Elasticidade.

F_x – Força aplicada na direção x.

F_{xs} – Força aplicada na direção x para a estrutura vazia.

g – gravidade.

h – altura da coluna de água.

I_{xx} – Momento de área no eixo x.

I_{xy} – Produto de inércia dos eixos x e y.

I_{xz} – Produto de inércia dos eixos x e z.

L – comprimento da viga.

Mf – Momento fletor.

Mfs – Momento fletor da viga sem fluido.

Msz – Momento estático com respeito ao eixo z.

p – pressão positiva do fluido.

PEu – Carga Normal Crítica de Euler.

R – raio de curvatura da viga deformada.

r – raio da circunferência do perfil transversal da viga.

t – espessura da parede.

v – flecha.

V_C – Esforço cortante.

x – coordenada no eixo longitudinal da barra, Ox.

y – coordenada no eixo transversal da barra, Oy.

z – coordenada no eixo vertical da barra, Oz.

z_{LN} – coordenada do ponto mais carregado com respeito à linha neutra.

Gregos

α– ângulo formado pelas projeções da força axial do fluido.

ρ– massa específica da água.

σ_{xx} – tensão normal no eixo x.

σ_{xxs} – tensão normal no eixo x na viga sem fluido.

σ_{VMs} – tensão equivalente de Von Mises na viga sem fluido.

σ_{VM} – tensão equivalente de Von Mises na viga com fluido.

1 INTRODUÇÃO

Os automóveis movem-se sobre rodas que são parte fluidas. Este artigo pretende responder quais seriam as vantagens de se empregarem estruturas que sejam parte fluidas, em pressão positiva, para algumas aplicações.

Para tanto, utiliza-se a teoria de vigas, partindo-se de hipóteses consagradas e equacionamentos simplificados fazendo os cálculos na situação com e sem preenchimento. A viga é uma pequena unidade estrutural e por isso foi escolhida como elemento de demonstração.

A maior vantagem, sem dúvida, seria a construção de estruturas mais leves com a mesma resistência, pois os fluidos, mais especificamente os gases, resistem a elevadas pressões (neste caso, compressões) com baixíssimo peso. Estruturas assim tentam aproveitar-se da conjugação das propriedades de interesse de dois estados diferentes da matéria.

Hipóteses:

h.1) linearidade da composição dos deslocamentos. Isto significa que não ocorre diferença de tensão em razão da ordem de aplicação das cargas;
h.2) teoria simples de viga;
h.3) desprezam-se os pesos próprios das vigas e dos fluidos;
h.4) as vigas em questão têm seções circulares. Não se estuda outro tipo de seção;
h.5) as vigas têm paredes finas;
h.6) flambagem de Euler;
h.7) as situações são mostradas para vigas biarticuladas porque é a situação em que se atingem as maiores tensões;
h.7) o fluido não contribui para o momento de inércia da seção.

2 METODOLOGIA DA PESQUISA

Com o uso do método hipotético-dedutivo, comparam-se estruturas vazias e preenchidas com fluido em pressão positiva.

3 TIPOS DE CARREGAMENTOS E TENSÕES

As estruturas costumam ser submetidas a forças e momentos que produzem esforços solicitantes, classificados de forças normais, forças cortantes, momentos de torção, momentos de flexão, (SCHIEL, 1984, p. 29).

As tensões geradas por estes esforços solicitantes são, por sua vez, de duas naturezas: normais e de cisalhamento. A definição de matéria no estado fluido é dada como aquela que se deforma continuamente se submetida a cisalhamento (LUPORINI; GOES, 2006)

Em face da própria definição de fluido, por hipótese, considera-se que não haja nenhum ganho de resistência associado a estruturas preenchidas com fluido em pressão positiva. Assim não se estudará o efeito da torção nestas estruturas.
As equações (1), (2) e (3) relacionam os esforços solicitantes às tensões, para

materiais isotrópicos:

$$\sigma_{xx} = \frac{F_x}{A_x} \quad (1)$$

$$\sigma_{xx} = \frac{M_f z}{I_{zz}} \quad (2)$$

$$\sigma_{xz} = \sigma_{zx} = \frac{V_c M_{sz}}{I_{zz} t} \quad (3)$$

A flambagem é uma instabilidade estrutural, ou seja, uma pequena perturbação causa uma grande deformação. Em estruturas, as deformações relacionam-se aos carregamentos pela lei de Hooke, no regime linear. Com base neste fato, está associada ao fenômeno de flambagem uma carga crítica, a carga de crítica de Euler.

A carga crítica de flambagem, extraída de Schiel (1984, p. 305), é dada na equação (4) pela solução da equação (5), de Euler, no caso biarticulado, que será o único a ser estudado por ser o mais conservativo.

$$F_x = -\frac{\pi^2 E I_{zz}}{L^2} \quad (4)$$

$$E I_{zz} \frac{d^2 V}{dx^2} - F_x V = 0 \quad (5)$$

4 RESULTADOS

O item 3 resume, para cada caso proposto, apresenta os resultados.

4.1 Caso de uma carga axial aplicada na direção longitudinal da viga

No caso de uma carga axial aplicada na direção longitudinal da viga, estudam-se duas possibilidades: preenchida ou não preenchida.

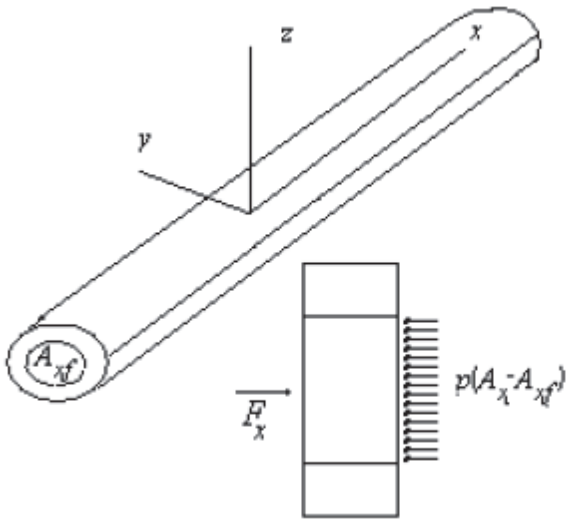


Figura 1- Viga e eixos de uma viga preenchida com fluido em pressão positiva

Na primeira situação, tem-se a equação (6) para o equilíbrio da viga na situação vazia:

$$F_{xs} = \sigma_{xx}(A_x - A_{xf}) \qquad (6)$$

Considerando-se que a parede da viga é fina (hipótese h.5) e que tem seção circular (hipótese h.4), há uma tensão de membrana que aparece em razão da pressão positiva, *p*, e é dada pela equação (7), (SCHIEL, 1984, p. 179):

$$\sigma_{xx} = \frac{pr}{2t} \qquad (7)$$

Compondo-se assim as tensões na parede e devidas ao próprio fluido, tem-se a equação (8):

$$F_x = \left(\sigma_{xx} + \frac{pr}{2t}\right)(A_x - A_{xf}) + pA_{xf} \qquad (8)$$

Como F_X e F_{XS} são ambas negativas, excluindo-se outros efeitos, a carga compressiva suportada axialmente na viga submetida a F_X é (menor em valor absoluto) na situação em que há fluido com pressão positiva. Assim a viga suporta carga maior carga axial.

Supondo-se linearidade nas tensões, hipótese h.1, pode-se fazer a subtração ente (6) (8) tem-se (9):

$$F_x - F_{xs} = \frac{pr}{2t}(A_x - A_{xf}) + pA_{xf} > 0 \qquad (9)$$

Como *Fx* e *Fxs* são ambas negativas, excluindo-se outros efeitos, a carga compressiva suportada axialmente na viga submetida a *Fx* é (menor em valor absoluto) na situação em que há fluido com pressão positiva. Assim a viga suporta carga maior carga axial.

4.1 Caso da viga submetida unicamente a momento fletor

Como no caso anterior, a viga biarticulada submetida unicamente a momento fletor pode ser analisada em duas situações, com e sem fluido.

Os elementos geométricos da viga sem fluido são idênticos aos da viga com fluido. A tensão nas condições com e sem fluido são dadas por:

$$\sigma_{xxs} = \frac{M_{fs} z}{I_{zz}} \qquad (10)$$

$$\sigma_{xx} = \frac{M_f z}{I_{zz}} \qquad (11)$$

O momento fletor da viga com fluido, na seção mais solicitada, é dado por:

$$M_f = M_{fs} + \frac{pr}{2t}(A_x - A_{xf})\left[\frac{L}{2}\sin\alpha + v\cos\alpha\right] \qquad (12)$$

Na equação (12), a é um ângulo pequeno medido na linha deformada e na extremidade da viga, conforme figura 2. A diferença entre os momentos fletores é maior que zero. Multiplicando-se pelo fator *z/Izz*, chega-se a (13).

$$\sigma_f - \sigma_{fs} = \frac{pr}{2t}(A_x - A_{xf})\left[\frac{L}{2}\sin\alpha + v\cos\alpha\right]\frac{z}{I_{zz}} > 0 \qquad (13)$$

Esta equação indica que o momento fletor tem o efeito de aumentar a tensão de tração e reduzir a de compressão.

Note-se também que a existência de fluido também altera o estado de tensão que passa a ser triaxial e deve ser considerada a tensão de Von Mises.



Figura 2- Ângulo α.

4.2 Estudo do efeito da flambagem na viga

A equação (5) representa a relação entre flecha (primeiro termo do lado esquerdo) e momento fletor (segundo termo do lado esquerdo). Na situação em que a viga está vazia, tem-se a equação (14), o momento fletor na equação (5) torna-se:

$$M_{fs} = EI_{zz}\frac{d^2v}{dx^2} = F_{xs}v \qquad (14)$$

Na situação da viga preenchida com fluido, num trecho qualquer, o equilíbrio de forças leva ao novo momento fletor, vide figura 3:

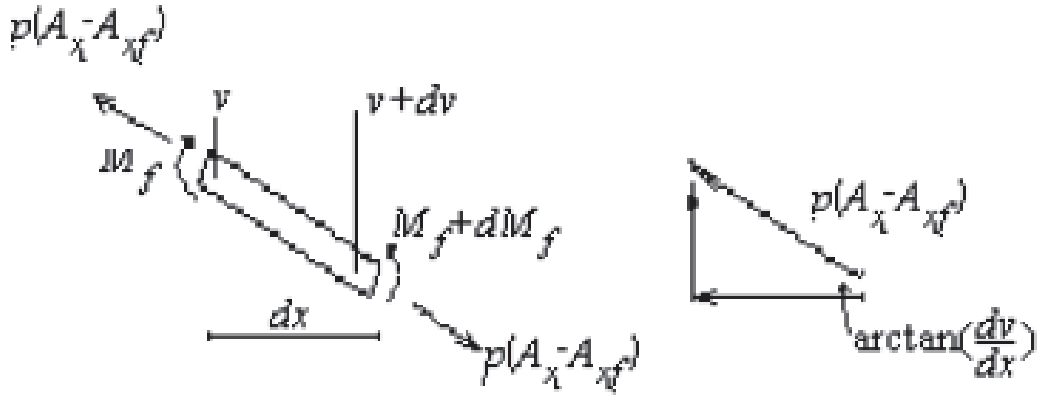


Figura 3- Momento fletor e flechas

$$dM_f = \left(F_{xs} + \frac{pr}{2t}(A_x - A_{xf}) + pA_{xf} \right)\frac{dv}{dx} + \frac{pr}{2t}(A_x - A_{xf})\left(\frac{dv}{dx}\cos(\arctan(\frac{dv}{dx})) + dx\sin(\arctan(\frac{dv}{dx})) \right) \quad (15)$$

Substituindo na equação (15) as identidades (15a), (15b) e (15c) chega-se a (16):

$$\tan\left(\arctan\left(\frac{dv}{dx} \right) \right) = \frac{dv}{dx} \quad (15a)$$

$$\cos = \frac{1}{\sqrt{1+\tan^2}} \quad (15b)$$

$$sen = \frac{\tan}{\sqrt{1+\tan^2}} \quad (15b)$$

$$dM_f = \left(F_{xs} + \frac{pr}{2t}(A_x - A_{xf}) + pA_{xf} \right)\frac{dv}{dx} + \frac{pr}{2t}(A_x - A_{xf})\left(\frac{dv}{dx}\frac{1}{\sqrt{1+\left(\frac{dv}{dx}\right)^2}} - dx\frac{\frac{dv}{dx}}{\sqrt{1+\left(\frac{dv}{dx}\right)^2}} \right) \quad (16)$$

$$dM_f = \frac{dv}{dx}\left[\left(F_{xs} + \frac{pr}{2t}(A_x - A_{xf}) + pA_{xf} \right) + \frac{pr}{2t}(A_x - A_{xf})(1 - dx)\frac{1}{\sqrt{1+\left(\frac{dv}{dx}\right)^2}} \right] \quad (17)$$

Desprezando os infinitésimos de ordem superior:

$$dM_f = \frac{dv}{dx}\left[\left(F_{xs} + \frac{pr}{2t}(A_x - A_{xf}) + pA_{xf} \right) + \frac{pr}{2t}(A_x - A_{xf}) \right] \quad (18)$$

E com isso, tem-se:

$$dM_f = \frac{dv}{dx}\left[\left(F_{xs} + pA_{xf} \right) \right] \quad (19)$$

$$M_f = v\left[\left(F_{xs} + pA_{xf} \right) \right] \quad (20)$$

Portanto, o momento de flambagem é menor na situação com fluido, isto porque, a parcela F_{XS} é instabilizadora, enquanto pA_{Xf} é estabilizadora.

4.3 Caso da viga submetida unicamente a cortante

Como no caso anterior, a viga submetida unicamente a momento fletor pode ser analisada em duas situações, com e sem fluido.

Isolando-se o trecho da estrutura em que aparece o momento fletor, novamente, tem-se que os cortantes causam as tensões dadas por (3) e diferem apenas pelo cortante da seção.

5 DISCUSSÃO: TENSÕES EQUIVALENTES DE VON MISES

De modo a poder comparar os muitos casos estudados no item 4, Resultados, utiliza-se a diferença entre as tensão equivalente de Von Mises para o caso preenchido e não-preenchido com fluido.

No caso de viga submetida unicamente à força normal, a tensão Equivalente de Von Mises, pode ser dada por:

$$\sigma_{VMs}^2 = \sigma_{xx}^2 \tag{21}$$

$$\sigma_{VM}^2 = \left(\sigma_{xx} + \frac{pr}{2t}\right)^2 + \left(\frac{pr}{t}\right)^2 \tag{22}$$

$$\sigma_{VM}^2 - \sigma_{VMs}^2 = \left(\sigma_{xx} + \frac{pr}{2t}\right)^2 + \left(\frac{pr}{t}\right)^2 - \sigma_{xx}^2 \tag{23}$$

$$\sigma_{VM}^2 - \sigma_{VMs}^2 = \left(\frac{pr}{t}\right)^2 \left(1 + \frac{1}{4} + \sigma_{xx}\right) \tag{24}$$

Como se pode ver a tensão equivalente de Von Mises é maior no caso sem fluido, desde que o módulo de σ_{xx} (que é negativa) seja maior que 5/4, a situação mais encontrada.

No caso de viga submetida unicamente a momento fletor, como a tensão de Von

Mises será muito maior no caso de tração e menor no caso de compressão, pelas mesmas razões do caso submetido a compressão unicamente por força axial, a tensão equivalente de Von Mises é maior no caso sem fluido.

No caso submetido unicamente a ação de cortante, tem-se também uma tensão maior de Von Mises para o caso em que há fluido, pois a cortante em si não é afetada, mas existe uma tração no material que prejudica a estrutura como um todo.

5.1 Possíveis Aplicações

Qualquer estrutura que necessite de resistir à pressão como:

(1) cascos de pressão de veículos submersíveis;

(2) pilares, genericamente;

Pode-se imaginar um tipo especial de plataforma oceânica que se sustente sobre este tipo de pilar, monocolunada e com apoio provido por meio de bombas.

Outra possível aplicação seria a construção de dutos de escape para submarinos sinistrados, estacionados em baixa profundidade. Feitos de tecidos, em seções cilíndricas com reforços toroidais preenchidas com fluidos, a resistência do tecido à pressão seria o limite da resistência do duto de escape. Para exemplificar este entendimento, segue-se a figura 4. Note-se que não se tem notícia ainda da existência deste tipo de duto.

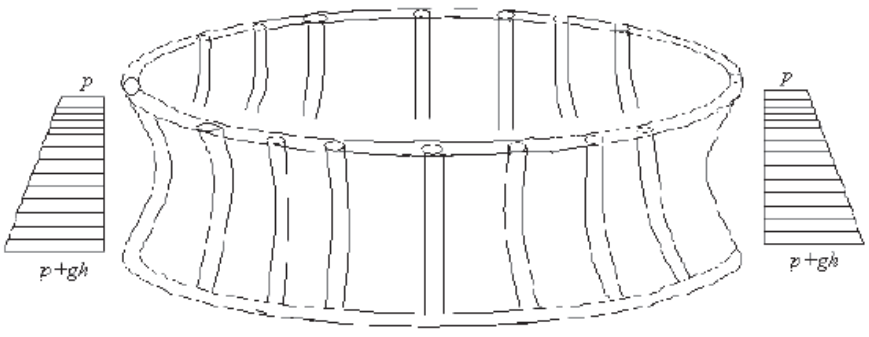


Figura 4 – Duto de Salvamento para Submarino Sinistrado em Tecido.

6 CONCLUSÕES

Qualquer estrutura que necessite de resistir à compressão unicamente ou que, como no caso de cascos de pressão, seja submetida a grandes pressões de compressão quando comparadas a outros esforços solicitantes, se beneficia deste tipo de estrutura preenchida com fluido.

Muito há de se estudar para o melhor entendimento do tema e muita pesquisa ainda será necessária para prover solução para o problema de vazamentos, que mesmo não sendo tocado aqui, certamente é de importância capital, pois significa o colapso de uma estrutura que se sustenta na pressão do fluido em seu interior.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao CF (EN) Eduardo Henrique Rangel Honaiser, ao CC (EN) André da Silva Serra e, em especial ao Eng. Rafael Fenili.

REFERÊNCIAS

SCHIEL, F. “Introdução à Resistência dos Materiais”. São Paulo: Harbra, Harper & Row do Brasil, 1984.

LUPORINI, S.; GOES, L. “Mecânica dos Fluidos”. Universidade Federal da Bahia, 2006.

Disponível em: http://www.maeq.ufba.br/scripts/docs/pdf/CAP1_FT1_62.pdf Acesso: 18 mar. 2011.

COMENTÁRIOS DE SDEPAN BOGOSIAN NETO

Desde a redação deste artigo, que ocorreu no final de 2010, embora sua submissão à Revista Pesquisa Naval (do Brasil) e posterior rejeição tenham ocorrido apenas em 2012, muito se passou.

Por outro lado, houve um acréscimo na pesquisa e na percepção dos autores de que a indústria, de longa data, utiliza estruturas preenchidas com fluido, principalmente, na forma de pneus, passando por balões dirigíveis e chegando até a estações espaciais. São exemplos o *DYNASTAT* que foi uma proposta da Goodyear ao governo americano para aproveitar aos balões dirigíveis o *lift* (sustentação) devido à forma, também, a criação de uma estação espacial ainda em 1961, da mesma firma, figura A.2, referência [A.2], embora só preveja sua construção para o futuro.

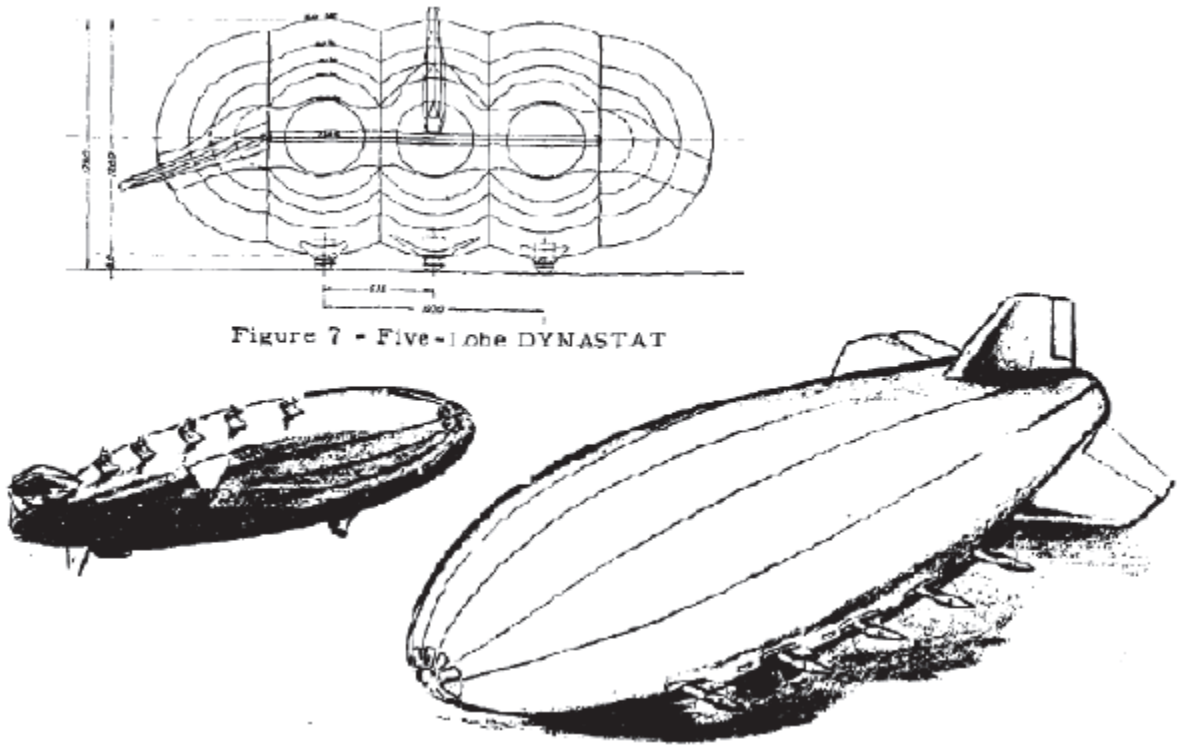


Figura A1 – DYNASTAT. Adaptado de [A.1]



Figura A.2 – Estação Inflável. Fonte: referência [A.2].

Neste sentido, a aplicação a estações espaciais, recentemente propostas, referência A.3, figura A.3, não são novidades.



Figura A.3 – Módulos Infláveis da Bigelow Aerospace.
Fonte:http://winncad.blogspot.com.br/2011/02/nlv-company-wants-to-build-inflatable.html.

A figura A.4, adaptação da referência [A.4], apresenta uma outra aplicação de estrutura inflável. Neste caso a um submersível que voa (protótipo). Na esquerda, o arranjo geral, na direita da figura ,a estrutura do flutuador, inflável.

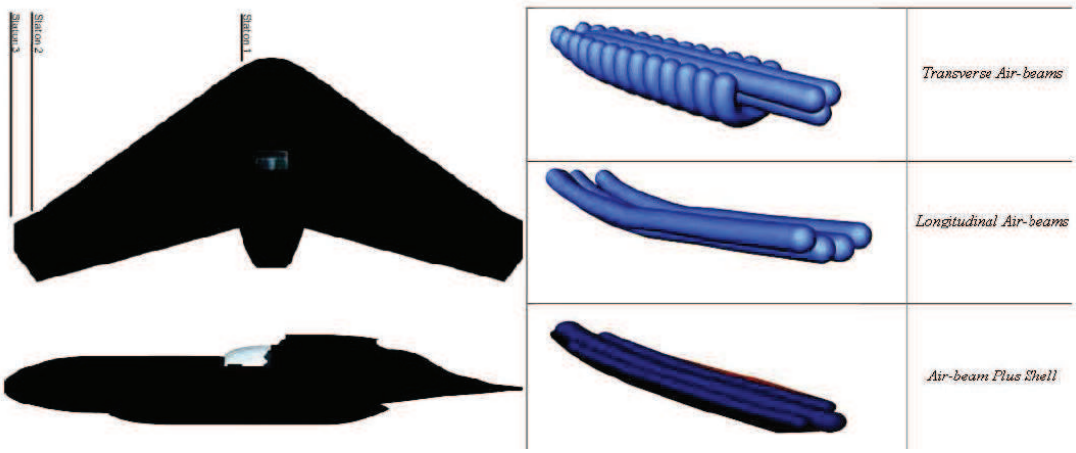


Figura A.4 – Aeronave submersível. Fonte: adaptação da referência [A.4].

Também, a idéia apresentada no texto do artigo evoluiu para um duto de escape para submarinos sinistrados, estacionados em baixa profundidade, referência [A.6]. Feitos de tecidos, em seções cilíndricas cujas paredes são preenchidas com fluidos. A resistência do tecido à pressão é o limite da resistência do duto de escape. Para exemplificar este entendimento, segue-se a figura A.5, esquerda. Note-se que não se tem notícia ainda da existência deste tipo de duto. A figura A.5, direita, apresenta um submarino sinistrado sendo conectado à superfície pelo referido duto. A figura A.6 apresenta um possível e alternativo arranjo estrutural deste duto.

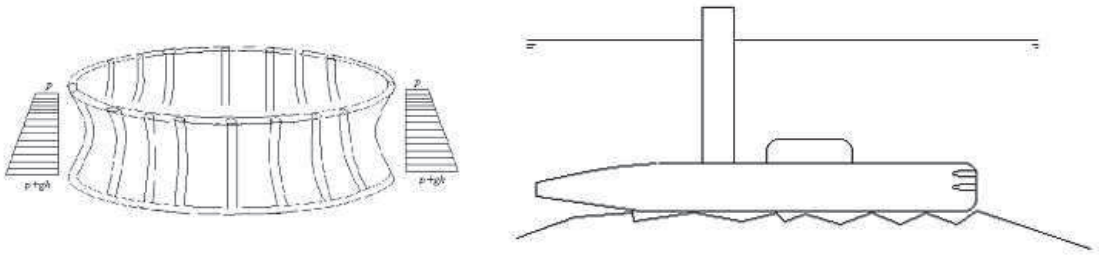


Figura A.5 – Duto de Salvamento para Submarino Sinistrado em Tecido.

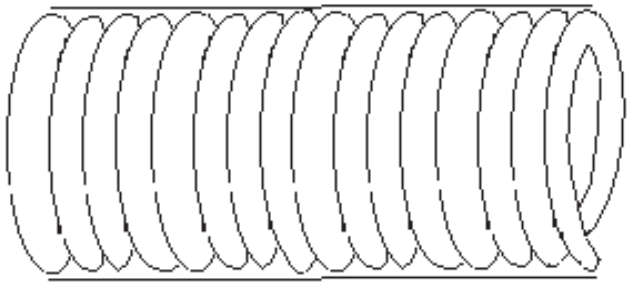


Figura A.6 – Uma possibilidade para arranjo em espiral da estrutura preenchida com fluido.

Muito semelhante ao duto de salvamento de submarinos, figura A.5, é o dispositivo inflável para apoiar a saída de submarinos em mau tempo, que aparece na figura A.7.

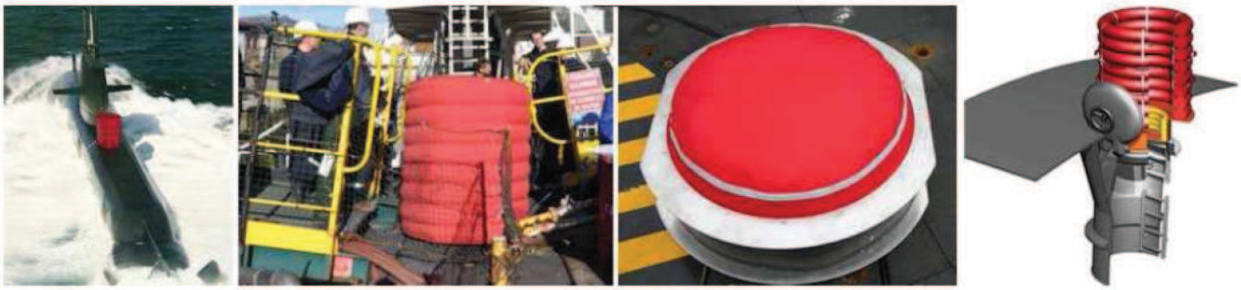


Figura A.7 – Módulos Infláveis da Bigelow Aerospace. Fonte: http://www.jfdefence.com/images/products/ife/990px_ife

Encerro o comentário, citando a minuta de um dos autores de uma estrutura inflável para o casco dos submarinos propriamente dito. A referência [A.7] propôs um casco duplo alveolar para submarinos, conforme a figura A.8.

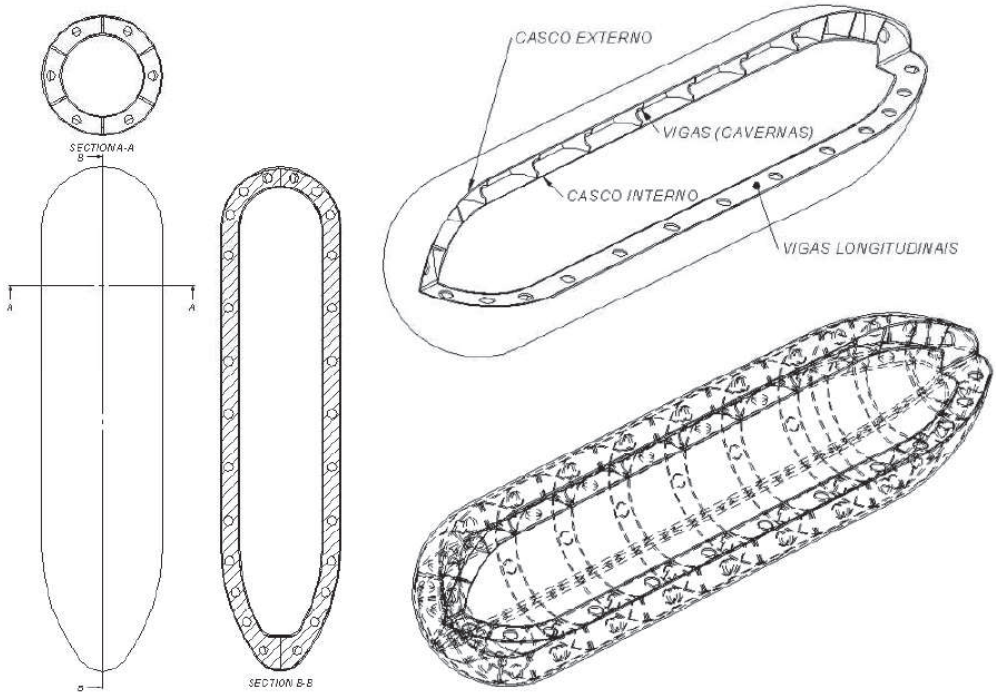


Figura A.8 – Casco Alveolar Pressurizado. Fonte. Referência [5].

REFERÊNCIAS DOS COMENTÁRIOS DE SDEPAN BOGOSIAN NETO

[A.1] GOODYEAR AEROSPACE CORPORATION J. “Parametric Study of Dynamic Lift Aerostats for Future Naval Missions”. Akron, [s.n.],1968. Disponível em: *www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/833958.pdf*

[A.2] MARKS, P. “NASA turned on by blow-up space stations”. [s.l.],, [s.n.],2010. Disponível em: *http://www.newscientist.com/article/dn18607-nasa-turned-on-by-blowup- space-stations.html*

[A.3] GODDARD, R.; EASTGATE, J. “NLV company wants to build inflatable space station for NASA”. [s. l.], [s.n.], 20?. Disponível em http://winncad.blogspot.com.br/2011/02/nlv-company-wants-to-build-inflatable.html.

[A.4] GODDARD, R.; EASTGATE, J. “Submersible Aircraft Concept Design Study”. Carderock Division - Naval Surface Warfare Center, 2010.

[A.5] GODDARD, R.; EASTGATE, J. “Submersible Aircraft Concept Design Study”. Carderock Division - Naval Surface Warfare Center, 2010.

[A.6] BOGOSIAN NETO, S. “Plano de Trabalho de Pós-doutoramento: Projeto De Túnel De Salvamento Para Submarinos”. Plano de Trabalho apresentado ao Instituto Superior Técnico (Lisboa-Portugal), Centro de Projetos de Navios, Anexo B do Ofício 97 do Centro de Projetos de Navios, Rio de Janeiro, 2012.

[A.7] WIENER, A. “Casco Alveolar Pressurizado”. 2008, não publicado.

Winche con caracteristicas de control avanzadas para labores de maniobra en superyates

Luis Carral Couce, Dr. Ingeniero Naval (Ph.D.)
Juan Carlos Carral Couce, Ingeniero Industrial
Jose Ángel Fraguela Formoso, Dr. Ingeniero Naval (Ph. D.)
Gerardo González Filgueira, Dr. Ingeniero de Telecomunicaciones (Ph. D.)
Miguel Lamas Pardo, Dr. Ingeniero Naval (Ph. D.)
e-mail primer autor: lcarral@udc.es. Universidad Da Coruña. C/Mendizábal s/n. 15403. Ferrol (A Coruña). España

RESUMEN

La operativa de los grandes yates alrededor de las maniobras de amarre y navegación a vela, condiciona la acción de los cabrestantes necesarios para el manejo de los cabos. La elevada eslora de los buques, unido a la esbeltez de los aparejos que enarbolan - en algunos casos aparejos sloop con varias decenas de metros de altura en sus mástiles -, determinan el manejo grandes longitudes de cabo y elevadas cargas asociadas a estos, además las maniobras deberán realizarse con la rapidez debida para adaptarse a las elevadas prestaciones que el yate deberá presentar en navegación.

El "winche cautivo" consiste en un cabrestante vertical adaptado para la ejecución de diversas maniobras en el laboreo de cabos: maniobra de cobrado de estachas y amarre, izar y arriar velas mediante el trabajo sobre las drizas, cazar y largar velas mediante el trabajo sobre las escotas de las velas. Todas ellas constituyen maniobras habituales en yates de gran tamaño (megayates y superyates) a vela.

El trabajo tarta de describir el contenido del proyecto de investigación que ha permitido desarrollar, tanto el diseño conceptual y de detalle, como la posterior evaluación de un equipo para ejecutar diversas maniobras de laboreo de cabos en

un yate de gran tamaño. El winche cuenta con un accionamiento eléctrico compacto dotado de un control avanzado para actuar sobre sus prestaciones de velocidad y tracción. Con ello se consigue un mejor aprovechamiento energético de la potencia disponible, así como una mejor ejecución de la maniobra a realizar al existir una variación continua de la velocidad en función de la tracción demandada

La adopción del binomio velocidad – tracción más adecuado a cada circunstancia de la maniobra se consigue mediante el empleo de elementos electrónicos, para ello el sistema de control analiza en cada momento el régimen de carga del motor, tratando de reducir al máximo el tiempo de la maniobra. Todo esto permite optimizar la maniobra de cobrado y largado significativamente, con lo que se estima un reducción en los tiempos las maniobras de hasta un 50%.

1. INTRODUCCIÓN

La bonanza económica de la que ha gozado el mundo en la primera década de este siglo, ha propiciado la construcción de grandes yates en los astilleros europeos especializados. El proyecto de megayates de motor y de vela ha impulsado a las empresas complementarias de la Construcción Naval al desarrollo de equipos adecuados al programa de navegación de estos buques.

La operativa de los grandes yates alrededor de las maniobras de amarre y navegación a vela, condiciona la acción de los cabrestantes necesarios para el manejo de los cabos. La elevada eslora de los buques, unido a la esbeltez de los aparejos que enarbolan - en algunos casos aparejos sloop con varias decenas de metros de altura en sus mástiles -, significa el manejo de grandes longitudes de cabo y elevadas cargas asociadas a estos, además las maniobras deberán realizarse con la debida rapidez para adaptarse a las elevadas prestaciones que el yate deberá presentar en navegación.

Constituyen maniobras habituales en yates de gran tamaño (megayates y superyates) a vela el trabajo de los cabos en: maniobras de cobrado de estachas y

amarre, el izado y arriado de las velas mediante el trabajo sobre las drizas, el cazado o largado de la velas mediante el trabajo sobre las escotas.

En todas estas maniobras se utilizan cabrestantes verticales accionados mediante motores eléctricos e hidráulicos que reciben los cabos a laborear mediante la correspondiente "maniobra" constituida mediante la disposición de poleas y reenvíos (Fig. 1.1).



Fig. 1.1 – Maniobra de escotas (primer término) y drizas en la base del mástil

La necesaria rapidez y precisión en las maniobras aconseja que los cabrestantes operen sobre los cabos manteniendo el binomio tracción-velocidad constante, de forma que al principio la operación se realice con elevada velocidad y baja demanda de tracción, mientras que al final de la maniobra, la demanda sea la contraria: baja

velocidad y alta tracción. Tradicionalmente esto se ha conseguido mediante la interposición de reductoras mecánicas dotadas de varias relaciones de transmisión entre el eje que acciona el cabirón y el accionamiento. Sin duda esta solución incrementa notablemente el empacho, precio y peso de los equipos y resulta poco eficiente. Otra alternativa a estudiar consiste en utilizar una transmisión hidráulica con una bomba de caudal variable, pero esta solución eleva considerablemente el coste del equipo, presentando además el problema que los posibles derrames de aceite hidráulico en la cubierta de madera del yate.

Dentro de los accionamientos eléctricos, la posibilidad de actuación sobre el motor mediante el control adecuado a la maniobra abre nuevas posibilidades que se estudian a continuación.

2. EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN *WINCHE CAUTIVO*

El proyecto "*Winche Cautivo*" ha consistido en el diseño, construcción y evaluación de un equipo (cabrestante) para ejecutar diversas maniobras (cobrar cabos, cazar velas etc.) en un yate de gran tamaño (superyate). Para el desarrollo del Proyecto, que ha sido financiado con fondos del Plan Gallego de I+D+i, se ha acudido a un esquema ya probado [1] en el que se cuenta con una empresa promotora que se asocia con otras empresas y entidades interesadas. Bajo este principio el Proyecto ha sido promovido por una empresa fabricante de equipos auxiliares de buques y ha contado con la colaboración de un astillero local especializado en la construcción de yates y de la Universidad de La Coruña.

Los requisitos generales del Proyecto serán el diseñar, construir y probar un cabrestante vertical con su accionamiento y control automatizado, y además en su diseño exterior se emplearán materiales resistentes a la corrosión con un impecable acabado final adecuado al entorno de los megayates. Sobre la cubierta del buque sobresaldrán únicamente los elementos imprescindibles para su utilización en la maniobra, quedando oculto el resto. El equipo deberá contar con un accionamiento eficiente que facilite las maniobras.

En cumplimiento de las exigencias, se ha diseñado un cabrestante cuidando su aspecto exterior para que sea armónico con el entorno en el que se sitúa. La construcción se ha realizado en materiales de alta calidad y resistentes a la corrosión. El resultado final ha sido satisfactorio al escogerse una ejecución del conjunto reductor que permite la disposición del accionamiento en el interior del pedestal del equipo, de modo que resulta un conjunto compacto. Se ha investigado hasta elegir la mejor alternativa a emplear en relación a los accionamientos (eléctrico e hidráulico), decidiéndose por el accionamiento eléctrico por su limpieza y alta eficiencia energética. Se han dispuesto dispositivos electrónicos de control que permiten, en todo momento la adopción del binomio velocidad - tracción más adecuada a cada circunstancia de la maniobra. De igual modo se ha estandarizado y reducido el número de piezas y elementos que lo componen para facilitar su conservación y mantenimiento

Resaltando el interés del Proyecto y los objetivos logrados, ambos aspectos se podrían resumir en los siguientes puntos:

- Diseñar un cabrestante vertical de elevada eficiencia energética, del tipo modular y compacto, con accionamiento eléctrico y fácilmente instalable a bordo.
- Alcanzar un producto con diseño industrial agradable y adecuado al entorno de la embarcación de recreo
- Diseñar una solución de control con el hardware y software específico que permita, de forman automática, que el sistema se adapte a las necesidades de la maniobra. Al iniciar la maniobra, el sistema actúa bajo el principio de velocidad máxima- tracción mínima, variando ambos durante el proceso de forma continua hacia valores de velocidad mínima y máxima tracción.
- Probar, ajustar y validar el sistema, mediante las pruebas en y con modelos reducidos para analizar los puntos de mejora.
- Optimizar el consumo eléctrico, aproximando la energía absorbida a la instalada. Esto significa reducción en el consumo de combustible y por tanto una mejora en el respeto al medio ambiente.

- Y, como fin último, poseer el conocimiento para ofertar y fabricar otros cabrestantes, constituyendo una gama completa que incorpore este sistema de control de última generación, cuyo concepto se puede ampliar a otros sectores.

3. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO A CONTROLAR

3.1 Proceso

Las maniobras sobre las que deberá actuar el cabrestante corresponderán al trabajo sobre los cabos en las operaciones de:

-**cobrado de estachas y amarre** de la embarcación

-**izado y arriado de las velas mediante el trabajo sobre las drizas**

-**cazado o largado de las velas mediante el trabajo sobre las escotas.**

Las tres maniobras contarán con demandas de velocidad y tracción variables en el tiempo. La necesaria rapidez y precisión en las maniobras aconseja que los cabrestantes operen sobre los cabos manteniendo el binomio tracción-velocidad constante, esto es al principio la operación se realice con elevada velocidad y baja demanda de tracción, mientras que al final de la maniobra, la demanda sea la contraria: baja velocidad y alta tracción.

En cada maniobra las cargas actuantes vendrán dadas mediante los cálculos de proyecto, mientras que las velocidades en la operación las conocerá el fabricante de los equipos por el conocimiento de la operativa.

3.2. Sistema de Control.

El sistema de control del winche se desarrolla como una solución genérica y flexible para aplicaciones de tracción/elevación. El sistema empleado puede también adaptarse para el manejo de módulos más complejos en los que no es necesaria la intervención de un operador.

El diseño general para el sistema de control está construido alrededor de un sistema flexible y modular basado en un PLC con varios interfaces de operador seleccionables para ajustarse al entorno real. El sistema permite la integración de diferentes cabrestantes. El sistema está diseñado basándose completamente en componentes estándar certificados. El software de la aplicación, de diseño para los cabrestantes, se basa en las funciones que se pueden adaptar fácilmente a diversas aplicaciones [2] [1] [4].



Fig. 3.1 Cabrestante yate

El sistema de control se basa en un controlador Simatic S7, que es un estándar reconocido para el control de la máquina, y una tecnología donde el personal del proyecto tiene una amplia experiencia en el diseño, implementación y mantenimiento.

3.3 Elemento de Control.

Un controlador lógico programable (PLC) se utiliza como controlador maestro del sistema. Los dispositivos de entrada / salida analógicas y digitales locales o remotos se conectan directamente al PLC para el control de la estación de operador y el seguimiento del estado del sistema.

El empleo de este autómata modular facilita, entre otras la programación [5] que responde a los estándares de certificación industriales y permite flexibilidad y adaptabilidad a nuevos procesos o mejoras en el sistema, reducir los tiempos de desarrollo e implementación del proyecto y permite la localización de averías de forma sistemática.

Todos los dispositivos involucrados en el proceso se comunican con el PLC a través de una red de alta velocidad Profibus industrial (Fig. 3.2).

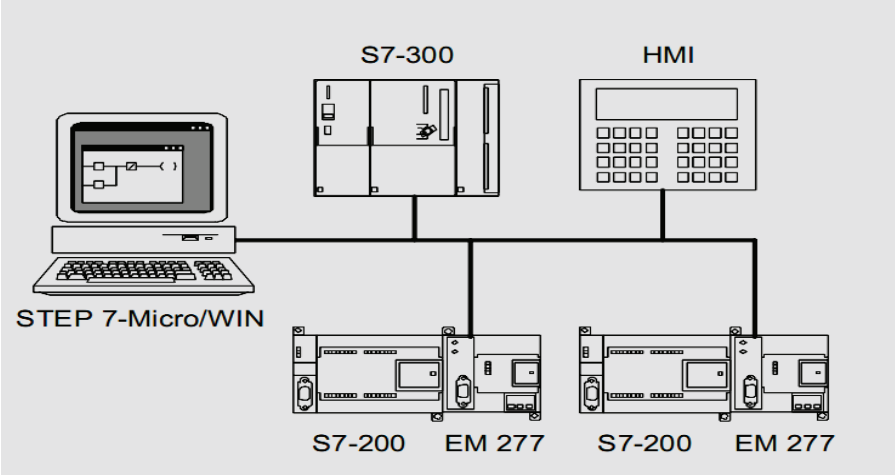


Fig. 3.2. Ejemplo de Red Profibus.

La conexión de red permite que el PLC pueda acceder a la capacidad de los diferentes dispositivos para realizar funciones de control y diagnóstico. Varios dispositivos se agregan simplemente a la misma red según sea necesario. El software se desarrolla mediante la utilización de la herramienta de programación Simatic [6], y está diseñado para que sea fácil de operar y mantener el sistema en funcionamiento. El programa de usuario diseñado para el control del sistema se almacena en la memoria flash EPROM del PLC. Las actualizaciones de software y reemplazo de hardware son posibles con una simple inserción de un módulo de reemplazo.

El sistema de izado/cazado de velas o maniobra de estachas requiere la operación individual de cada chigre, pero también deberá permitir el ajuste simultáneo (la maniobra de cazado de las velas requiere cierta sincronía entre la operación de los cabrestantes, del mismo modo la maniobra de amarre requerirá la operación

simultánea de varias amaras) desde el puesto de mando de control, de modo que se puedan ajustar aquellos en la parte final del recorrido del cabo. Con el fin de realizar el procedimiento de pre-tensión, que requiere la operación simultánea con varios cabrestantes, el equipo de medición existente toma los datos con los sensores y transductores apropiados para asegurar la adquisición de los mismos para cada cabrestante:

- estado del freno del cabrestante.
- sentido de giro del motor.
- corriente de carga motor.
- recuento de la longitud de la línea de maniobra.
- tensión de cada línea de maniobra.

Desde los sensores distribuidos alrededor de la operación se recogen las señales de entrada de los equipos de campo [7], y un sistema de supervisión se encarga de analizar los datos recibidos. Un PLC local transfiere datos (medidas y señales de estado) a la unidad PLC maestro en la sala de control mediante una red de área local de alta velocidad. La unidad PLC maestro se comunica con la estación de trabajo de PC que se utiliza como interfaz hombre-máquina (HMI) con el operador para el intercambio de datos con fines de visualización. El HMI se realiza usando monitor de color plano de 12" con pantalla sensible al tacto, sustituyendo los dispositivos de entrada estándar como el teclado y el ratón. El HMI puede estar montado por encima de mesa de control del puente del buque, de modo análogo a la figura 3.3 que lo muestra, en otra aplicación, en la cámara de control de máquinas.

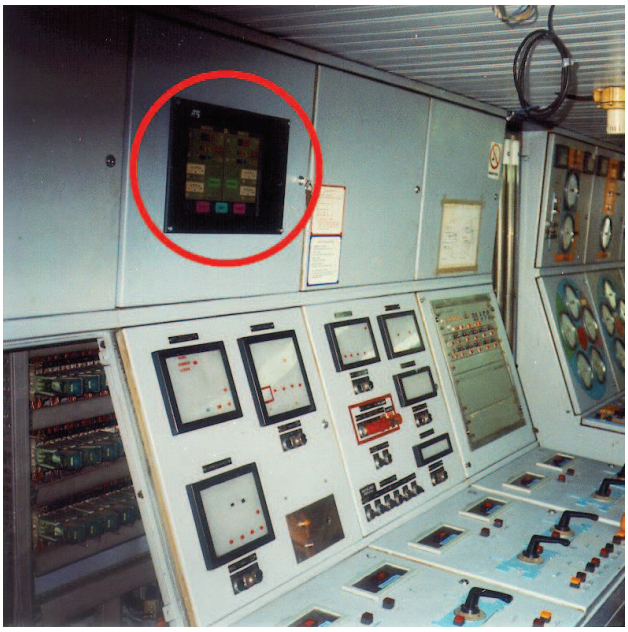


Fig. 3.3. Pantalla táctil HMI.

Se dispone de una impresora láser con fines de registro de la operatividad del sistema y se coloca dentro de la consola de control.

La configuración del sistema de monitorización del winche completo para cinco cabrestantes (Fig. 3.4).

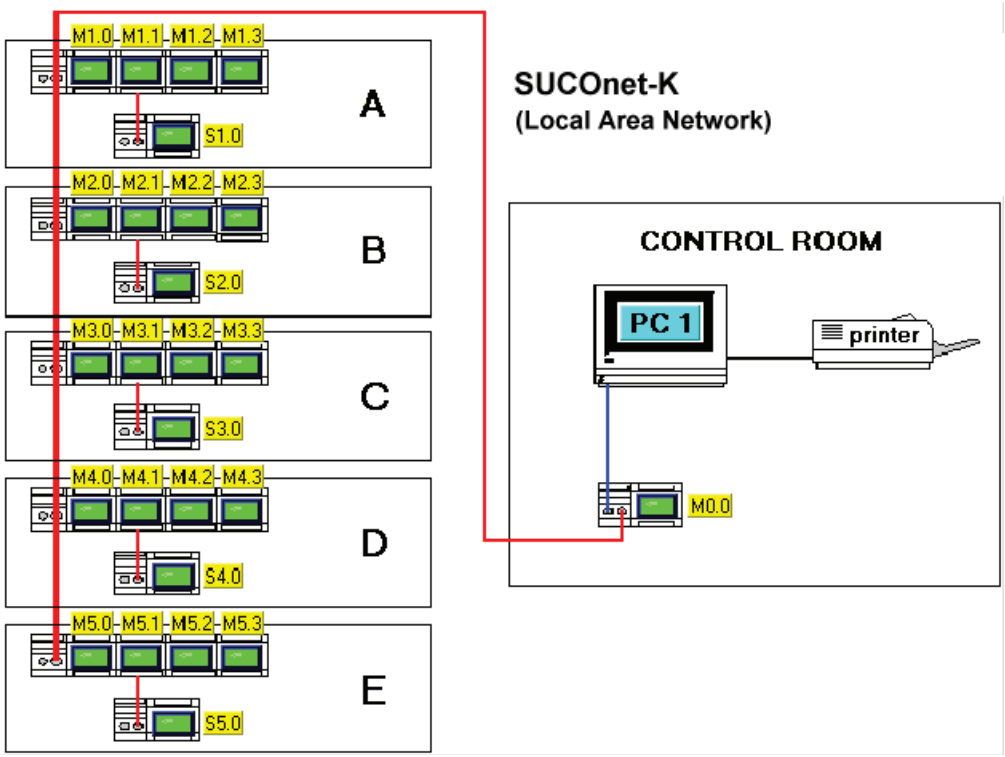


Fig. 3.4. Configuración del sistema de monitorización.

3.4 Software SCADA interactivo

El sistema de supervisión se basa en un PC que se comunica con una pantalla táctil HMI. Para la visualización y almacenamiento de los datos se emplea un software SCADA que utiliza la plataforma de sistema de Windows XP, con la que se obtiene:

- Monitorización on-line de cada tensión de la línea de maniobra.
- Monitorización en línea de cada línea de maniobra y la velocidad bi-direccional.
- Monitorización on-line de cada motor del cabrestante.
- Registro permanente de todos los datos relevantes para el propósito de tendencias.
- Visualización de las alarmas de exceso de tensión en la línea, pérdida de tensión de la línea, exceso de velocidad de cabrestante, sobrecarga motor de cabrestante.
- Ajuste de de alarma para cada uno de los valores medidos.
- Reproducción/Revisión de todos los datos guardados en la pantalla (lista de eventos/alarmas, diagramas, etc)
- Informes y copias impresas de todos los informes.

La visualización de datos se realiza como un conjunto de menús organizados en páginas pop-up situadas jerárquicamente y con una alta resolución de gráficos en color. El operador o usuario introduce los comandos en dichos menús por simples toques de un dedo. Durante una operación de ajuste normal, la página principal se presenta en la pantalla conteniendo los datos básicos para cada cabrestante (Fig. 3.5).

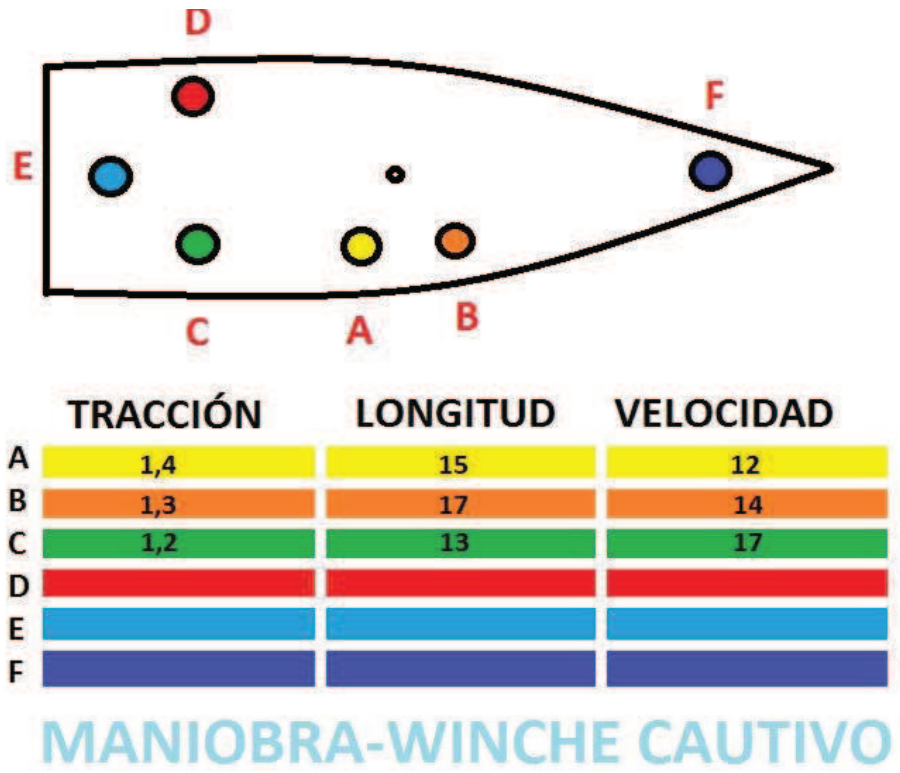


Fig. 3.5. Esquema del menú principal de la pantalla HMI.

Cuando resulte de interés reflejar los datos particulares para un cabrestante específico, se utiliza el botón de selección del equipo adecuado para que aparezca la página del mismo en la pantalla. Cada página del cabrestante contiene todos los datos relevantes para el correspondiente equipo (Fig. 3.6).

Dicha presentación es muy útil durante la maniobra y el funcionamiento normal. El contador se presenta escalado en metros y se utiliza para el procedimiento normal de cazado de las escotas, mientras que la tensión y el indicador de velocidad, así como medidores de corriente de motor ayudan a evitar una sobrecarga del cabrestante.

Dado que todos los datos medidos para cada cabrestante se almacenan permanentemente en un disco, la presentación gráfica de los datos históricos está disponible a solicitud de operador tocando el botón correspondiente HISTORIAL en la parte inferior de la pantalla.



Fig. 3.6. Esquema del menú del winche.

4. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

4.1 Cabrestante

Son requisitos de partida del winche cautivo el incorporar un cabrestante vertical con capacidad para ejecutar diversas maniobras, ya mencionadas, así como el que sobre la cubierta del buque sobresalen únicamente los elementos imprescindibles para su utilización. Para ello el reductor se sitúa bajo cubierta y permite una amplia gama de regímenes de giro, ser silencioso y de bajo o nulo mantenimiento, dispone de los sensores adecuados (nivel y temperatura de aceite, sobrecarga, régimen de giro, etc.) para poder visualizar su estado de trabajo.

En el proceso de diseño del cabrestante deberemos considerar como datos de partida: el diámetro del cabo a emplear, la tracción y velocidad del equipo, de modo que obtengamos los parámetros iniciales de diseño: dimensiones del cabirón, las

características del reductor (etapas y relación de reducción) y la potencia en el accionamiento [8].

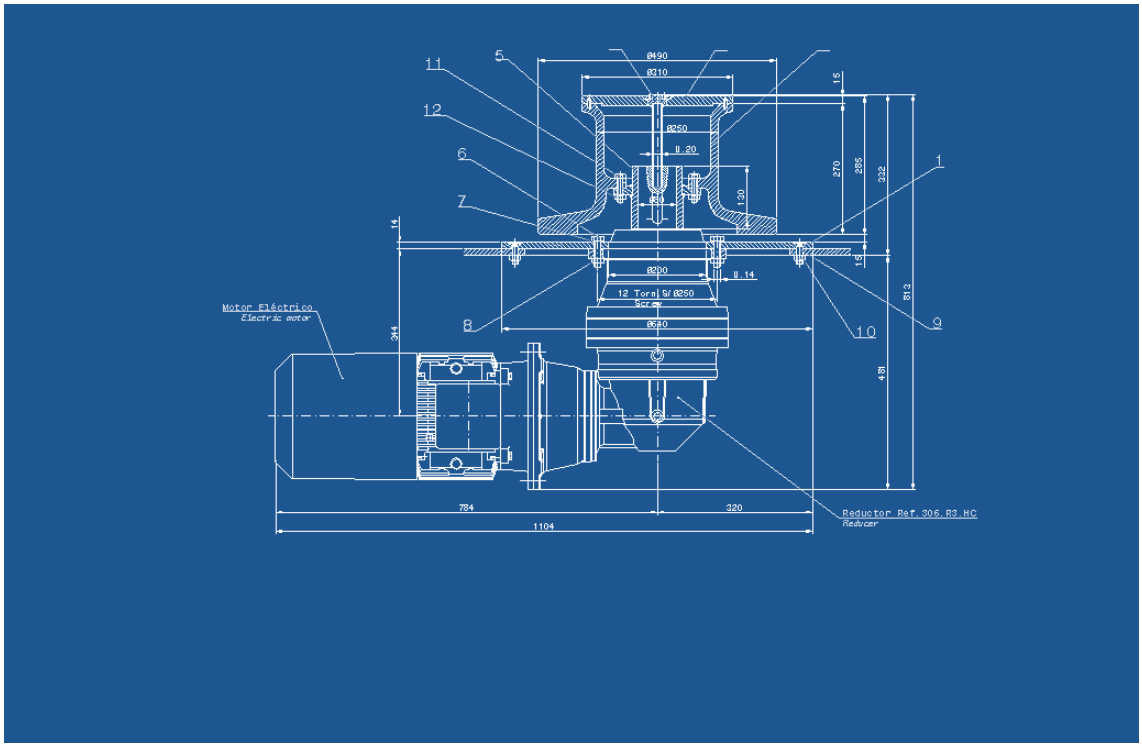


Fig. 4.1 Plano disposición cabrestante

-Dimensiones y forma del cabirón

El diámetro del cabirón debe ser tal que el cabo no sufra al ser arrollado. En general se acepta que el diámetro de la garganta deba ser superior al valor dado por la expresión:

di (mm) = k x dc

Siendo*: dc = el diámetro del cabo en mm; k= coeficiente que varía de acuerdo con el trenzado del cabo (valores 10 – 15).*

Por otra parte para que el esfuerzo que tenemos que realizar sobre la parte libre del cabo ($T_{entrada}$) se mantenga dentro de unos niveles razonables, el diámetro del cabirón debe aumentar a medida que lo hace el tiro del cabrestante. En la práctica se acepta como buena la siguiente expresión que relaciona ambos valores:

$$D = 100 * T^{0.75} + 100$$

Siendo: *D = Diámetro de cabirón (mm)*; *T = Tiro nominal del cabrestante (ton)*

Al ser arrollado el cabo sobre el cabirón, se establece entre ambos una fuerza de rozamiento debida a la tensión aplicada sobre el cabo. La fuerza de retención que aparece debida a este rozamiento es muy alta ya que responde a una función del tipo exponencial:

$$T_{salida} = T_{entrada} * e^{Cr*\alpha}$$

Donde el coeficiente de rozamiento 'Cr' para los cabos varía entre 0,1 para un cabo gastado y mojado hasta un valor de 0,3 para un cabo nuevo y seco.

α será el ángulo total que abraza el cabo en el tambor (el perímetro de cada vuelta multiplicado por el número de ellas). Debido a la función exponencial que existe en la ecuación, los resultados serán muy diferentes dependiendo del número de vueltas que demos al tambor y sobre todo de cómo sea el cabo utilizado.

El número de vueltas en las que el cabo abrace al cabirón será el que defina su altura. Siendo un valor habitual el disponer 4 vueltas de cabo, tendremos una zona de trabajo cuya altura será 4 veces el diámetro del cabo a emplear.

La forma de los cabirones depende mucho del fabricante del equipo, y en algunos casos de los deseos del cliente.

-Relación de transmisión

Ha quedado indicado que el cabrestante llevará un accionamiento eléctrico unido a un reductor mecánico. Tendremos, por tanto que definir también las características del citado elemento.

La relación de transmisión se establece como el cociente entre la velocidad del motor y la velocidad del cabirón, es decir [8]:

$$i = \frac{Nm}{Nc} = \frac{\pi * D * Nm}{1000 * Vs}$$

Siendo: D = diámetro del cabirón (mm); Nm = revoluciones del motor; Vs = velocidad de izada (m / min)

La velocidad dependerá del número de polos del motor. En general podremos elegir entre valores de 750, 1000, 1500 ó 3000 r.p.m.

- Potencia requerida por cabrestante.

Será la potencia nominal en el eje que debe tener el motor de accionamiento del cabrestante. Su valor dependerá de la velocidad de izada, de la tracción correspondiente a dicha velocidad y del rendimiento del conjunto. Deberemos pues determinar si el accionamiento va a ser directo o mediante reductora, y en consecuencia el rendimiento de esta transmisión. Aplicaremos la fórmula [8]:

$$Pc(Cv) = \frac{0.23 * T * Vs}{\eta t}$$

Siendo: Vs = Velocidad de izada (m/min.); T = Tracción (ton.); ηt= Rendimiento de la transmisión

Si la velocidad de izada no está ya fijada por el cliente, puede tomarse un valor de 20 m/min para tracciones inferiores a 3 ton, siendo el valor de 15 m/min. para tracciones superiores

El rendimiento de la transmisión será el producto del rendimiento de la caja reductora por el rendimiento del cabirón.

El rendimiento de la caja reductora depende del número, geometría y tipo de engranajes que en cada etapa de reducción. Si el accionamiento es directo, evidentemente, el rendimiento será uno. A falta de datos experimentales y como aproximación pueden tomarse como valores típicos de rendimiento los siguientes:

- Pareja de engranajes cilíndricos con relación de transmisión $i \leq 8$: η = 0,95 - 0,90

- Pareja de engranajes cónicos con relación de transmisión $i \leq 10$: η = 0,90 - 0,85

-Pareja de engranajes corona-tornillo sin fin con relación de transmisión $i \leq 60$ η = 0,5 - 0,7

- El rendimiento del cabirón dependerá de su geometría. Oscilando entre 0,85 - 0,90

De acuerdo con lo expresado anteriormente el rendimiento aproximado de la transmisión se obtendrá como:

$$\eta t = 0.92^{n1} * 0.87^{n2} * 0.55^{n3} * 0.90$$

Siendo :

n1 : nª de parejas de engranajes cilíndricos.

n2 : nº de parejas de engranajes cónicos.

n3 : nº de parejas de engranajes sin fin.

De la consideración del contenido de [8], de lo anteriormente indicado y de las exigencias del proyecto del yate al que se destina el equipo, determinamos el cabrestante a utilizar en nuestro Proyecto:

- Topología de máquina: Cabrestante vertical
- Tracción: 2500 Kg
- Velocidad de izada: 0 – 20 m/min
- Rpm del cabirón: 0 – 25
- Diámetro del cabirón: 250 mm
- Accionamiento: Moto reductor
- Tipo de control: Frecuencia
- Nº de controles: Dos, uno principal en el puente y otro auxiliar a pie de máquina.

El cabrestante vertical está ejecutado en acero inoxidable en calidad AISI 316 y con acabado “pulido espejo” en las partes exteriores y en acero inoxidable sin pulir las

partes interiores. El conjunto va montado sobre una placa base atornillable a la cubierta del yate. El cabirón dispone de ranuras verticales para favorecer el agarre de los cabos y facilitar la maniobra. [9] [10]

-Acccionamiento

El accionamiento será mediante un motor eléctrico con electro-freno y reductor de engranajes bañado en aceite. La reductora de engranajes dispone de mirilla para poder realizar un control visual del nivel de aceite, así como tapones de llenado y vaciado para que puedan ser llevadas a cabo las operaciones de mantenimiento necesarias.

El motor eléctrico es de tipo asíncrono trifásico a 50 Hz a una tensión de 380-690 V, dependiendo de la red eléctrica disponible. Va situado bajo cubierta, tiene grado de protección IP-55, y un aislamiento térmico clase F. Dispone de termistores PNP para evitar posibles sobrecalentamientos tras periodos de trabajo prolongados.

Conforme se le demanda más carga al motor, el variador a través de los sensores instalados, va reduciendo la inyección de frecuencia al motor, aumentando el par de la máquina hasta llegar a la velocidad mínima. En el caso contrario, cuanto menor sea la carga mayor es la velocidad del motor, siendo máxima (3000 rpm aproximadamente, lo que supondría inyectar 100hz a un motor de 4p) cuando este gira en vacío.

El funcionamiento del sistema se basa en el control detallado de los regímenes de carga del motor en cada instante, Midiendo la intensidad de la corriente en la línea de alimentación podemos obtener el consumo por fase del motor en cada instante y compararlo con los valores pre-establecidos en el autómata de forma que se ajuste a este valor lo máximo posible. Esto permite optimizar la maniobra de cobrado y largado significativamente. El control motor se hace a través de un convertidor de frecuencia permitiendo un régimen variable de la velocidad en el cabirón entre el 0 y el 150 % de la velocidad nominal. Esto debería permitirá optimizar la maniobra de cobrado y largado significativamente, en un entorno del 50%.

El sistema dispone de tres modos o rampas de funcionamiento pre-programados en el variador.

- Un primer modo, carga mínima- velocidad máxima, pensado para agilizar la maniobra de largado, reduciendo los tiempos considerablemente.
- Un segundo modo velocidad nominal, carga nominal que gracias al empleo de componentes de alto rendimiento, mejora la eficiencia del sistema energético de la embarcación
- Y una tercera opción sobrecarga-velocidad mínima, en el caso de condiciones de carga excepcionales, pero bajo periodos de maniobra de una duración limitada.

Estos tres modos de funcionamiento se obtienen a través de una variación gradual de la frecuencia, con valores teóricos aproximados de 30Hz para sobrecarga, 50Hz para condiciones normales, y 100 Hz en condiciones de velocidad máxima. (partiendo de unos valores nominales de 50Hz de frecuencia y una tensión 400 V).
Para atenuar la distorsión en la red eléctrica provocada por los armónicos generados se incluyen filtros de armónicos y los sistemas de protección correspondientes.

Aunque toda la maniobra está pensada para que solo sea necesaria la utilización del convertidor, por motivos de utilidad y seguridad, se ha integrado un autómata programable que supervisa la maniobra de modo paralela al variador, y además se hace cargo de la lectura de los sensores inductivos externos y su tratamiento de la información.

Para mayor comodidad a la hora de realizar la maniobra de mantenimiento eléctrico, el autómata, el convertidor, y todos los demás elementos de maniobra y fuerza, van incluidos en un armario de protección, dotado de los elementos de señalización, medición y alarma necesarios. En el caso de que, por incompatibilidades electromagnéticas, el convertidor de frecuencia, no pudiera alojarse en el mismo en el interior del armario, este se situaría en las proximidades, siempre que sea un lugar cerrado y ventilado. (fig. 4.2)

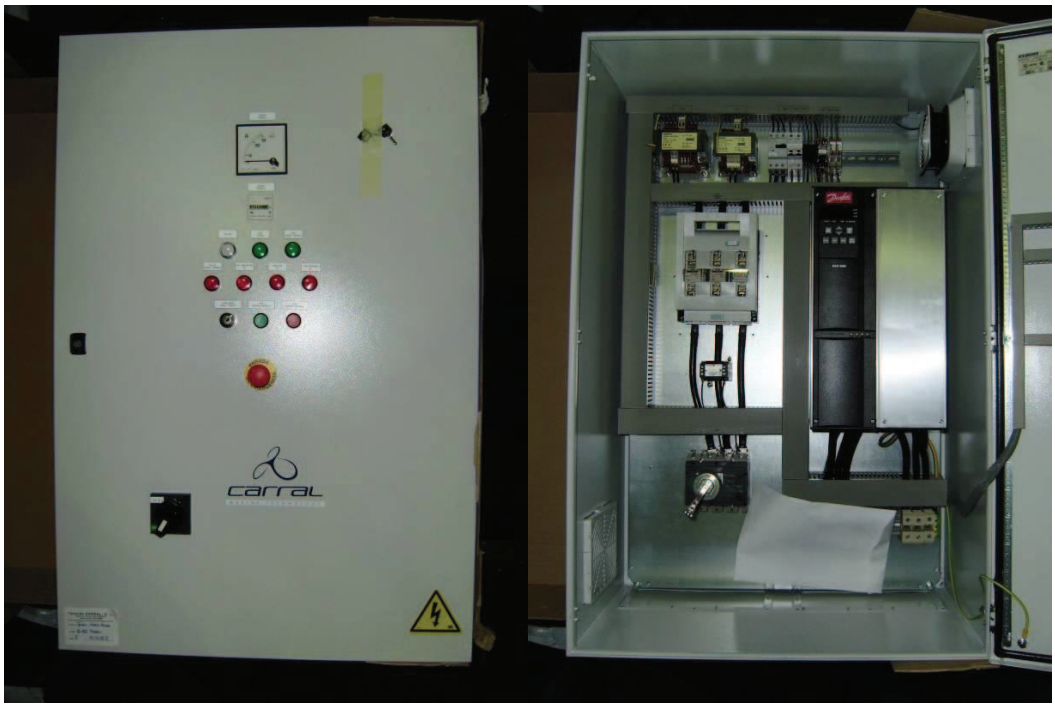


Fig. 4.2 Armario de control

4.2 Sensores y autómata programable

- Interfaces

Para hacer funcionar el sistema, hay diferentes opciones disponibles como las presentadas en la Fig. 4.3.



Fig. 4.3. a) Pantalla alfanumérica. b) Control de radio c) Operador local

La interfaz del operador presenta las siguientes características:

- Interfaz de control simple con Joysticks y Botones pulsadores.

- Capacidad de control de estación múltiple.
- Visualización de condiciones de alarma y Estado.
- Registro de alarmas y eventos.
- Visualización de la tensión de línea, y velocidad.
- Pantalla gráfica.
- Interfaz con otros sistemas de Ethernet IP.

- Estaciones de operadores múltiples

El sistema está diseñado para soportar estaciones de múltiples operadores, llegado el caso (Fig. 4.4) Dado que la seguridad es lo más importante en cualquier estrategia de control hay una restricción: solo a una estación se le permitirá emitir mandatos para controlar el cabrestante. En cualquier momento el operador puede tomar el control desde cualquier estación conectada.

Indicadores luminosos constantes o intermitentes muestran el estado activo o en espera de cada estación o puesto de control. Pulsadores de parada de emergencia e indicadores de estado están activos en todas las estaciones en todo momento. Se ha añadido una seta de emergencia en el caso de detección de peligro por parte del operador o usuario.

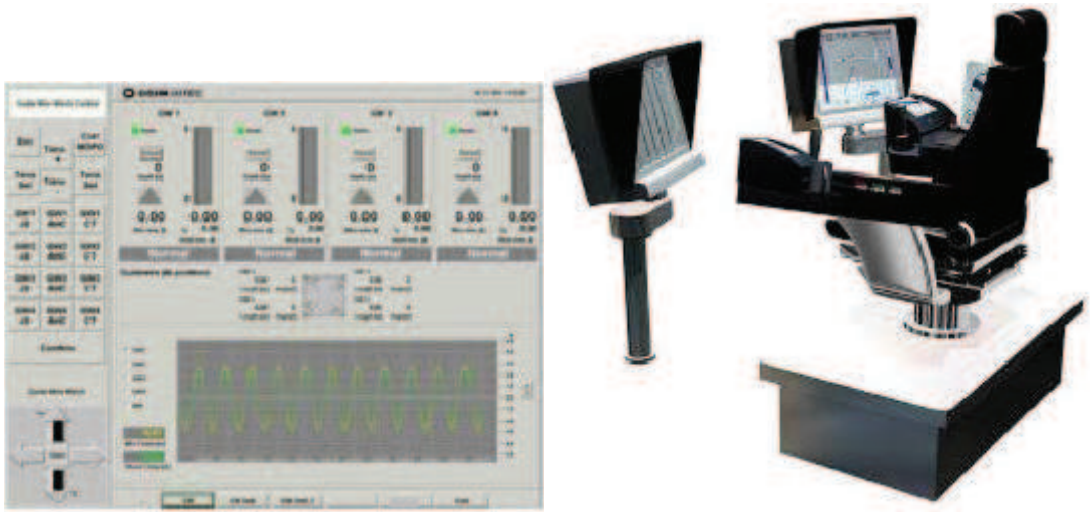


Fig. 4.4 Ejemplo de estación de control multipropósito con solución de pantalla dual

- Interfaz de Control

El movimiento de entrada/salida del cabrestante se ordena a través de una palanca de mando (joystick) resistente con posición mecánica neutra y enclavamiento eléctrico.

El sistema de control se ha diseñado para ser conectado para ejecutar diversas maniobras (cobrar cabos, cazar velas etc.). Se utilizan sensores finales de carrera para indicar las posiciones límites de las maniobras y para iniciar bloqueos y secuencias de recuperación de posiciones de enclavamiento.

Una seta de emergencia interrumpe el proceso de control en el caso de peligro. Además un interruptor de llave proporciona la seguridad de que el sistema sólo lo podrá arrancar el operador autorizado.

En el caso de violación de secuencia enclavamientos en las maniobras, existen en el panel de control indicadores tipo LED y alarmas visuales y audibles orientarán al operador en caso de aviso.

-**Transferencia de Datos & acceso remoto**

El desarrollo del sistema también ofrece la posibilidad de establecer un enlace al sistema desde una ubicación remota. Esto permite diagnósticos, mantenimiento de software y descargas para ser llevadas a cabo sin que se requiera un técnico especializado en el lugar. Las transferencias de datos a la sala de control en tierra se pueden configurar fácilmente y se dirige a través de Ethernet.

- Hardware y armarios

Todo el equipo de control se encuentra sito en un armario en cubierta. (Fig. 4.2) Dicho armario es de una construcción robusta para su uso del control del equipo cabrestante. Se dispone del conexionado eléctrico oportuno para el funcionamiento del sistema de control y alimentar a los diversos dispositivos actuadores.

La selección del hardware viene impuesta por el requisito de disponer de una solución completa utilizando equipos de alta calidad que pueda integrarse, mantenerse y operar en cualquier lugar en el mundo.

Cabe destacar en el diseño de este sistema, que aunque ha sido pensado para su aplicación a megayates, su aplicación es fácilmente extensible a todo tipo de buques de gran envergadura. A las ventajas de disponer de un sistema fiable y de alta seguridad, se une el hecho de poder controlar todo el sistema desde una pantalla de control (Fig. 3.3) situada en el puente de la embarcación, lo que facilita la maniobrabilidad de la misma.

- Actuadores Eléctricos e Hidraulicos.

El sistema de control del cabrestante está diseñado como un sistema genérico, que puede ser utilizado en conjunción con un sistema hidráulico, así como con cabrestantes de accionamiento eléctrico. Aunque esta última ha sido la solución adoptada en la presente aplicación de megayates, se ha añadido la posibilidad de ser utilizado conjuntamente con un sistema hidráulico para de este modo ganar en versatilidad y poder ajustarse de mejor modo a los requisitos de los clientes.

El software de aplicación se estructura de una manera flexible que permite ajustes de parámetros para configurar diferentes tipos de motores de fabricantes diversos.

-Sistema automatizado. Sensores y actuadores.

Todos los cabrestantes están equipados para condiciones de operación normales, compensación de carga activa, y tensión constante con baja histéresis.

El operador puede preseleccionar diversas funciones automáticas, como el de carga mínima- velocidad máxima, pensado para agilizar la maniobra de largado, reduciendo los tiempos considerablemente. Un segundo modo velocidad nominal, carga nominal que gracias al empleo de componentes de alto rendimiento, mejora la eficiencia del sistema energético de la embarcación, y una tercera opción

sobrecarga-velocidad mínima, en el caso de condiciones de carga excepcionales, pero bajo periodos de maniobra de una duración limitada.

Completan el sistema sensores como unidad de referencia de movimiento (MRU), célula de carga, la posición de codificador que proporcionan información al PLC y permiten una retroalimentación para dar las órdenes oportunas a los diversos dispositivos actuadores (Fig. 3.10). Completa el sistema un algoritmo [8] que controla el cabestrante con la información proporcionada por los sensores a través del PLC que es donde se procesa la información recibida por los sensores y donde reside el programa almacenado por el usuario. Toda la información recibida se procesa y de este modo el PLC controla el cabrestante con la correspondiente reducción al mínimo del tiempo de cobrado y largado del cabo.

El control del operador será realizada desde una o dos estaciones de control multipropósito.



Fig. 4.5. Sistema de Control basado en PLC mediante red Profibus de alta velocidad

La comunicación entre el PLC y el panel operador se realiza mediante el Sofware SCADA Wincc flexible de Siemens [6]. En WinCC se ajustan las características de la conexión como la velocidad de comunicación, que debe coincidir con la velocidad del puerto del PLC, la dirección del autómata, el perfil de la red, la interface, y el punto de acceso. La configuración del módulo solo consiste en asignar una dirección de la red PROFIBUS. Desde el maestro se configuran las posiciones de memoria que se desean leer y escribir, para poder controlar el esclavo. Para que la red pueda funcionar correctamente, todos los maestros de la red se deben configurar de manera que utilicen un mismo perfil PROFIBUS ("DP", "Estándar" o "Universal"). Con ello se pretende mejorar sus prestaciones y su flexibilidad. Este SCADA se ha implementado introduciendo ir las características del sistema. Esta interface HMI permite comunicación con total facilidad, y de forma transparente al usuario, con el sistema. No tiene grandes exigencias de hardware y dispone de un interfaz amigable de programación. Y además, posibilita la programación numérica para la realización de cálculos aritméticos de elevada resolución.

5. CONCLUSIONES

El sistema de supervisión y control descrito permite una operación más eficiente de los cabrestantes durante la navegación de los yates a vela. La adquisición de datos on-line y la presentación gráfica en una pantalla permite al usuario una interacción con el sistema. Un sistema como el descrito se puede integrar dentro de la consola que recoje el control de la plataforma del buque.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Carral Couce Luis, Carral Couce Juan Carlos., Alvarez Feal Carlos y Fernández Soto José Luis "Sistema automático de maniobra para remolcadores del tipo escolta-Actas del XXII Congreso Internacional Copinaval", Buenos Aires, Instituto Panamericano de Ingeniería Naval, 2011, ISBN 978-987-27394-0-9

[2] Tomiša T., Krovinović D., ZAGREB-1 Anchoring winches monitoring system, *users manual*, Trecom, Italy, 1998.

[2]. 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.

[3]. 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.

[5] 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.

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

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

[8] Carral Couce Luis, Carral Couce Juan Carlos, Normas prácticas para el diseño de cabrestantes Revista de Ingeniería Naval – marzo 1999, pag. 104 – 108

[9] Carral Couce Luis, Carral Couce Juan Carlos. “Normas prácticas para el diseño de chigres de carga y maniobra”, Revista de Ingeniería Naval, nº 761, 698- 702, 1999

[10] Carral Couce , Particularidades en el diseño de molinetes de anclas destinados a embarcaciones de recreo - XLII Sesiones técnicas de Ingeniería Naval – Valencia 22 y 23 de mayo 2003

Sistema automatizado para control en embarcaciones con fines optimizados en materia de medioambiente y consumo energético.

Juan Pablo Echaniz

Universidad Tecnológica Nacional. Unidad Académica Mar del Plata

Calle Buque Pesquero Dorrego Nº281 – CP 7600 – Bs.As. – ARG.
juanpabloechaniz@gmail.com. Teléfono / Fax : +54 (0223) – 480-5049 interno Nº 138

ABSTRACT.

Concebido como un sistema de control, este sistema brinda a todo tipo de embarcación, una solución que se caracteriza por optimizar la seguridad, el consumo energético y la comodidad a bordo. Este desarrollo, aplicable a embarcaciones de cualquier tipo, se conecta a los dispositivos en línea de tensión de la nave (independientemente de su tensión normal de trabajo), tomando control paralelamente al accionar humano de las mismas. Éste, también posee un sistema de simulación de presencia, que se encarga de controlar luminarias y/o artefactos utilizando distintos intervalos de tiempo en el encendido y/o apagado simultáneo o no de los mismos. El diseño de su interfase se ajusta a la simplicidad e intuitividad, interactuando con el usuario en su configuración y operación. También está provisto por un sistema de control de cámaras a bordo, acceso a información meteorológica y puede ser operado desde una PC, la embarcación misma, una tableta o un teléfono móvil.

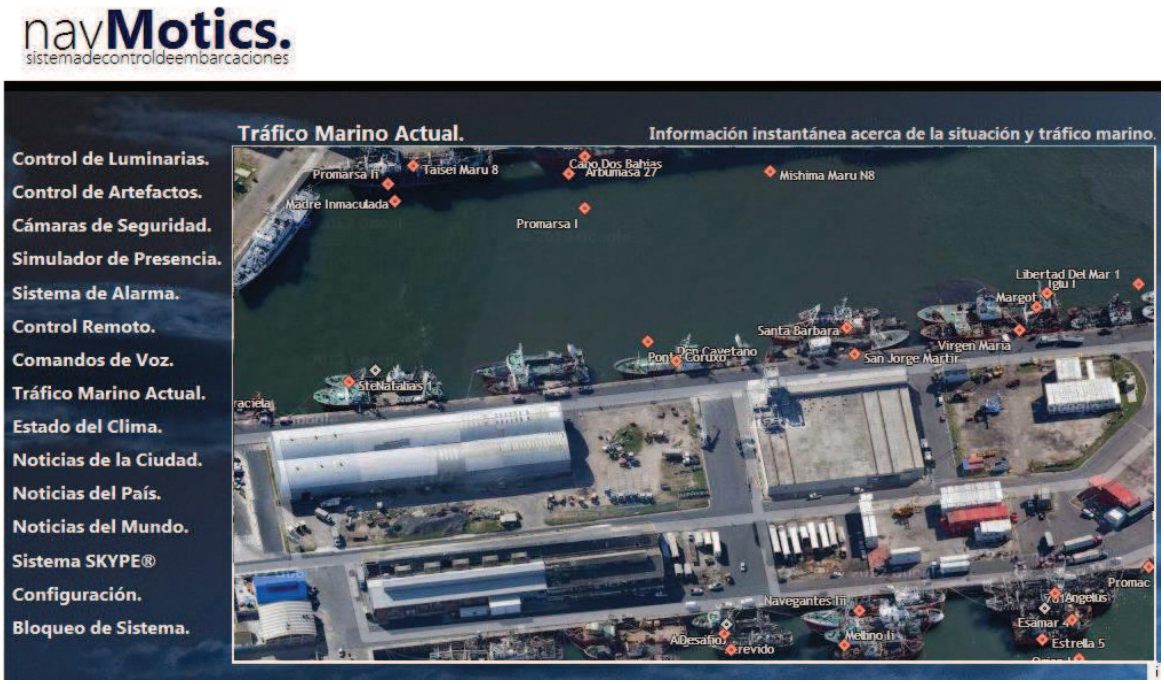
Dentro de las múltiples ventajas, se destaca su utilización en instancias donde la embarcación se encuentra amarrada. El sistema puede simular una tripulación utilizando distintos dispositivos; el capitán puede accesar a imágenes en vivo dentro del mismo y conocer el estado de funcionamiento de, por ejemplo, generadores, alimentación desde tierra, bombas, etc. El desarrollo del mismo, está pensado para

ser ecológica y económicamente eficiente. El buen manejo energético y la re-utilización de ciertos materiales para su construcción, afirman el compromiso con nuestro medioambiente.

En pocas palabras, un sistema similar a un PLC, de bajo costo, con funciones eficientes y específicas de la industria en cuestión y con un alto grado de compromiso con el medioambiente y la seguridad.

PRESTACIONES DEL SISTEMA.

- Características de Funcionamiento. En este caso, la instalación corresponderá para las 5 luminarias principales y 3 artefactos auxiliares. Se colocarán 2 cámaras de seguridad, una dentro del puente de mando y otra en cubierta. Se adicionará un mando inalámbrico para poder operar a distancia la instalación y se colocarán 2 micrófonos para el accionar de los comandos por voz.



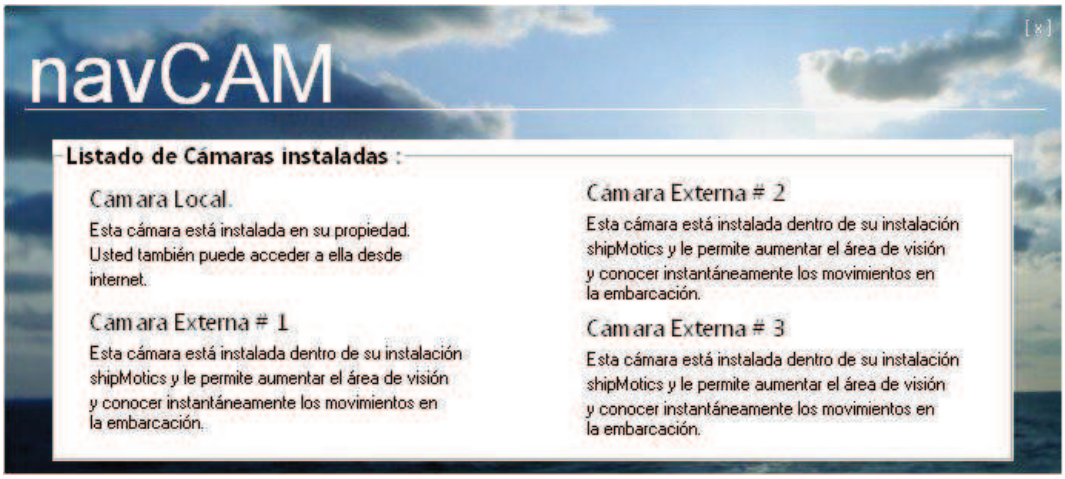
- **Inicio de Sesión y Seguridad:** se dispondrá de un nombre de usuario y clave de acceso para la operación del sistema.



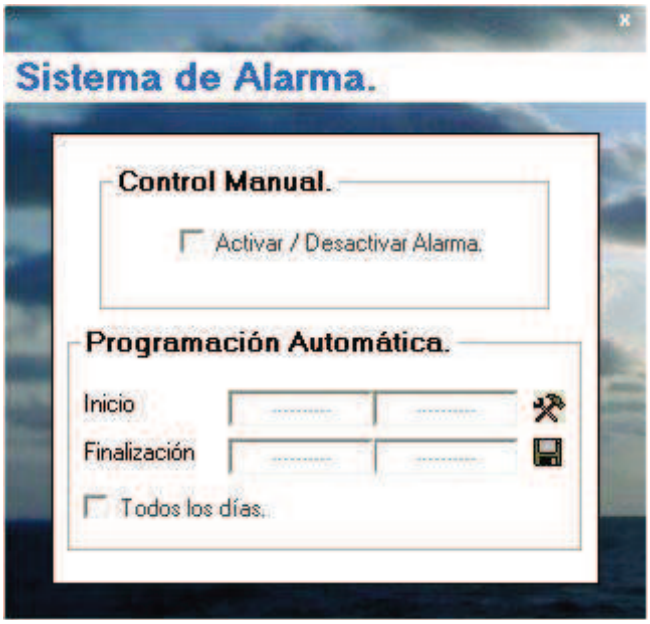
- **Operación de luminarias y artefactos:** de manera manual (presionando los pulsadores en la instalación física), haciendo clicks sobre el casillero, bajo la acción del control remoto o de los temporizadores, se realiza el encendido/apagado de las mismas.



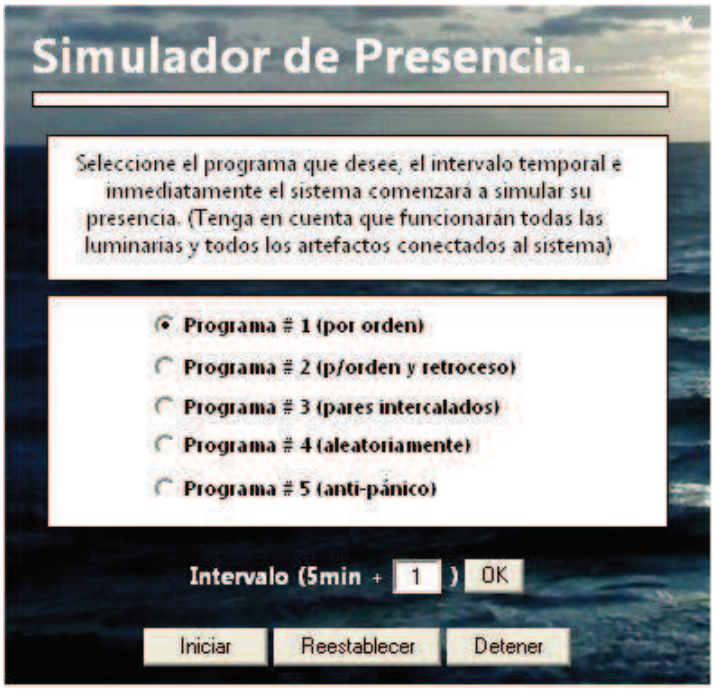
- **Gestión de Cámaras de Seguridad:** el sistema brinda soporte para cámaras de seguridad de tipo IP alámbricas e inalámbricas. Es posible la grabación y comando remoto de las tareas que se realicen.



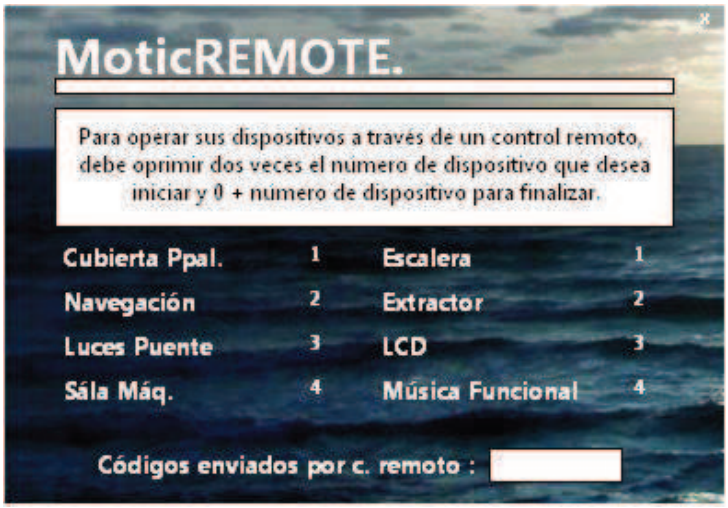
- **Sistema de Alarma:** se incluye una versión de una pequeña alarma de seguridad, para las condiciones en las que la embarcación se encuentra amarrada. Ésta se comunica directamente con los administradores vía telefónica y puede ser temporizada para activarse en diversos marcos temporales y armarse/desarmarse remotamente.



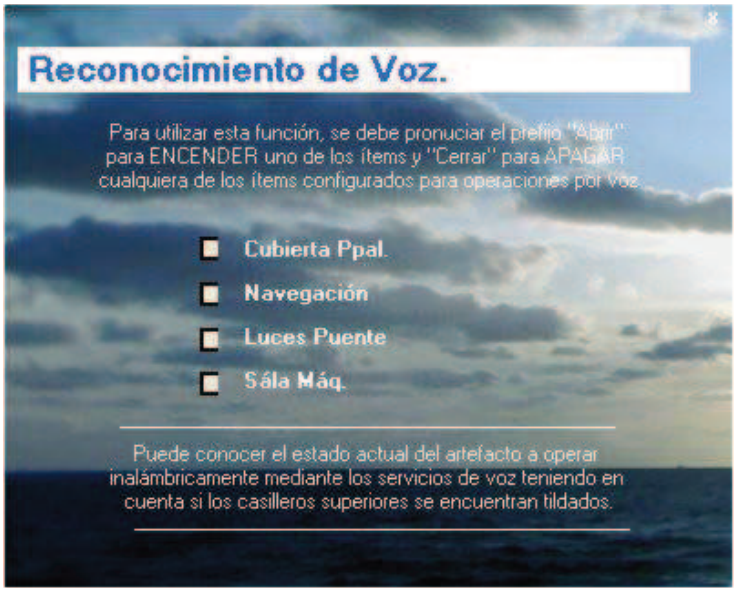
- **Simulador de Presencia:** esta utilidad permite simular la utilización de los diversos dispositivos conectados en distintos intervalos de tiempo y en diferentes combinaciones de encendido/apagado.



- **Sistema de Control Remoto:** esta aplicación le permite al usuario operar los distintos dispositivos desde la palma de su mano.



- **Comandos de Voz:** es posible operar algunos de los dispositivos vía voz. La existencia de un micrófono le permitirá con sólo la pronunciación de dos palabras enviar la señal de encendido o apagado a cualquiera de los cuatro ítems pre-configurados en el sistema.



- **Información Web:** el estado del tráfico marino actual, las noticias de la ciudad, el país y el mundo cómo así también meteorológica completa.



- **Sistema Skype:** permite comunicarse desde el puente de mando con el mundo a través de este sistema de comunicaciones.



- **Accesible remotamente:** gracias al sistema Team Viewer, es posible utilizar el sistema desde una PC, tablet y/o teléfono celular conectado a Internet.



- **BENEFICIOS AMBIENTALES.**

Este sistema fue desarrollado teniendo en cuenta la optimización del consumo energético. Sus temporizadores, proveen la facultad de encender y apagar los distintos dispositivos en un marco temporal definido. Evitando así el encendido innecesario y sus beneficios en cuanto a horas de vida útil propia de cada dispositivo en sí.

Por otra parte, todo el sistema de programación fue pensado para funcionar en terminales de Windows de bajos recursos. De esta manera, el Hardware compatible considera como requisitos mínimos de funcionamiento, a muchos equipos que al día de la fecha se consideran obsoletos, o se encuentran formando parte de grandes depósitos de material informático en desuso, descomposición o cual fuere su estado.

Se encuentra en desarrollo, un módulo acoplable al sistema y totalmente funcional incluyendo sensores conectados a la red de servicio que permitirán evaluar el consumo de agua potable y combustible. Esto permitirá optimizar los valores diarios para una mejor administración de estos recursos.

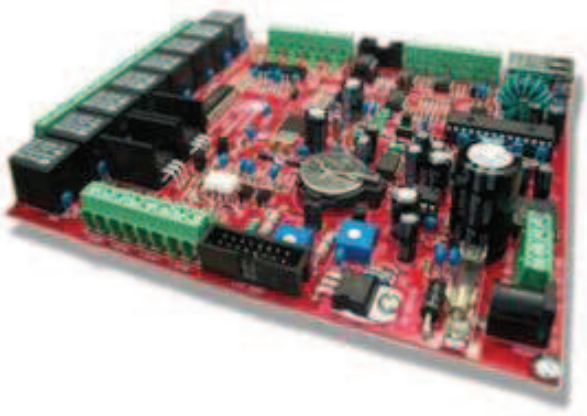
Así, el impacto ambiental del mismo será prácticamente nulo y permitirá a los administradores mejorar la calidad vida a bordo de la embarcación en cuestión.



- **ESQUEMA ELÉCTRICO.**

La instalación eléctrica normal de la embarcación no deberá sufrir grandes modificaciones en sí. Tan sólo el reemplazo de algunos artefactos de comando y el trazado de pequeños filamentos de cable de alimentación permitirán obtener el control por parte de la central. Cabe destacar, que más allá de la operación mediante el sistema, se podrá operar manualmente todos y cada uno de los periféricos sin necesidad del funcionamiento total del sistema. Así, ambos tipos de control funcionan independientemente y en caso de una avería en el mismo se continuará con la normal utilización. Los elementos electrónicos a utilizar se reducen a sólo cuatro. Es decir, que el costo de modificación de la instalación es muy bajo.





De esta manera, el circuito diseñado para funcionar como “puente” entre los dispositivos y periféricos y la central permite un tiempo de respuesta de relays de hasta 1 milisegundo. Como también así, la utilización de la diferencia de potencial existente en los dispositivos en estado encendido permitirá la operación de relays de control, los cuales han sido preparados para cumplir funciones de sensores analógicos, enviando señales binarias de encendido o apagado al sistema donde el operador podrá conocer el estado.

- **PROYECTO BARCO DE ESTUDIO "UTN BAU".**

Se instalará el primer prototipo en el Barco utilizado como material de estudio en la Universidad Tecnológica Nacional, Unidad Académica Mar del Plata.



Este proyecto, consistirá en la instalación eléctrica completa del buque, brindando servicios primarios a toda área comprendida tal como: puente de mando, bodegas, sala de máquinas, escantillonado y cubierta.

La instalación de la central y control principal se instalará en el puente. Se contará con 2 cámaras de seguridad ubicadas estratégicamente en la cabina del puente de mando y en la cubierta. Existirá conexión directa a Internet, por lo que todo el sistema podrá ser monitorizado y operado remotamente por el administrador. Esto

podrá ser desde una PC, tablet y/o teléfono celular dentro del casco del barco, desde el puerto o desde cualquier parte del mundo.

Una vez finalizada esta instalación, se continuará con el desarrollo de módulos llamados “MÓLUDOS DE SUSTENTABILIDAD MÓTICA” los cuales proveerán de más servicios a esta embarcación.

Mientras tanto, todo el alumnado podrá tener acceso al sistema y se lo capacitará para la óptima operación y administración del mismo. Así, la carrera de Ingeniería Naval no sólo contará con los actuales contenidos, sino que buscará formar profesionales en la materia comprendida por este proyecto de alto alcance.

- **MISIÓN, VISIÓN, VALORES Y OBJETIVOS DEL PROYECTO.**

Misión:

1. Crear un antes y un después en la Industria Naval.
2. Generar concientización acerca de la mala administración de los recursos y el beneficio que un cambio tal como el propuesto en este proyecto puede llegar a lograr tanto en el planeta como en la economía de los propietarios de las embarcaciones.
3. Reemplazar importaciones de altos costes por productos diseñados y construidos en nuestro país. Y más precisamente, en nuestra ciudad, bajo la formación de nuestra casa de estudios.

Visión:

1. Profesional Ambiental: inducir una conducta de sustentabilidad en las actitudes profesionales de quienes actualmente ejercen actividades dentro de la industria y de quienes se encuentran en formación.
2. Maximización de la seguridad: generar estándares mínimos en materia de seguridad, tanto personal como de la embarcación en sí y de las ventajas que este tipo de desarrollos puedenproveer a la hora de situaciones comprometedoras en situaciones de navegación.

Valores:

1. Calidad: se busca obtener un nivel máximo de calidad tanto en el desarrollo del software en cuanto a compatibilidad, velocidad y entorno de interfaz para con el usuario.
2. Eficiencia: se ha determinado qué y cuales tipos de artefactos como así también componentes electrónicos a utilizar garantizarán un menor consumo energético, como así tambiénuna mayor vida útil y bajo costo de inversión.
3. Diversidad: desde el principio, este proyecto busca obtener poder de acción por sobre todos los procesos que se operan dentro de una embarcación tanto sea comercial como de placer.

Objetivos:

Es difícil enunciar aquí todos y cada unos de los objetivos de este proyecto, pero sí más dinámico y correcto definir como “fines sustentables” a cada una de las tareas que realizare este

Sistema y todos sus módulos en cuestión. Basta con nombrar en este apartado la importancia que desde este punto de vista se le confiere; y que prácticamente debería ser considerado así por todos y cada uno de los habitantes de nuestro planeta. Desde lo profesional, ideando nuevas alternativas; como así también desde lo cotidiano, en nuestras conductas y hábitos que

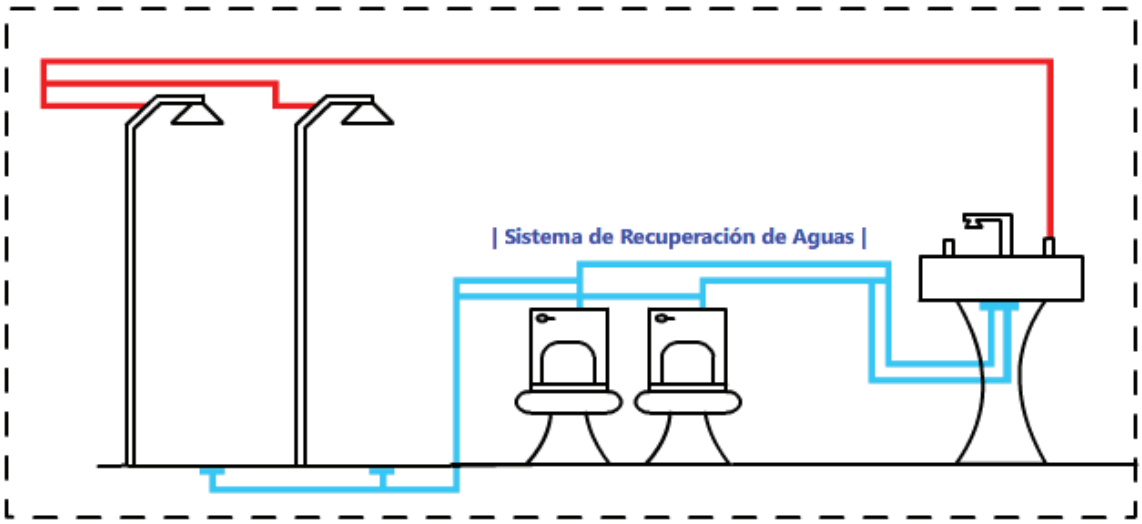
Generalmente proveen de daños a los ecosistemas con los que convivimos y que a través de un pequeño cambio, pueden generar un beneficio colectivo.

Estos principios se reflejan en: El Manifiesto para el Crecimiento (Manifesto for Growth), un programa mundial que recoge la VISIÓN y VALORES de la Compañía articulados en torno a las cinco "P'S": planeta, empleados, socios, productos y beneficio (planet, people, partners, portfolio and profit).

- **MÓDULO SUSTENTABLE "INSTALACIÓN AUXILIAR SUSTAGUAS".**

Este módulo busca proveer una solución sustentable a la utilización de este recurso natural de vital importancia, como así también, de vital cuidado por parte de los habitantes del planeta Tierra.

La finalidad de este sistema será recuperar las aguas "semi-servidas" de las duchas y piletas de higienización de los buques. Una leve modificación en la instalación auxiliar de caños de agua permite lograr este objetivo.

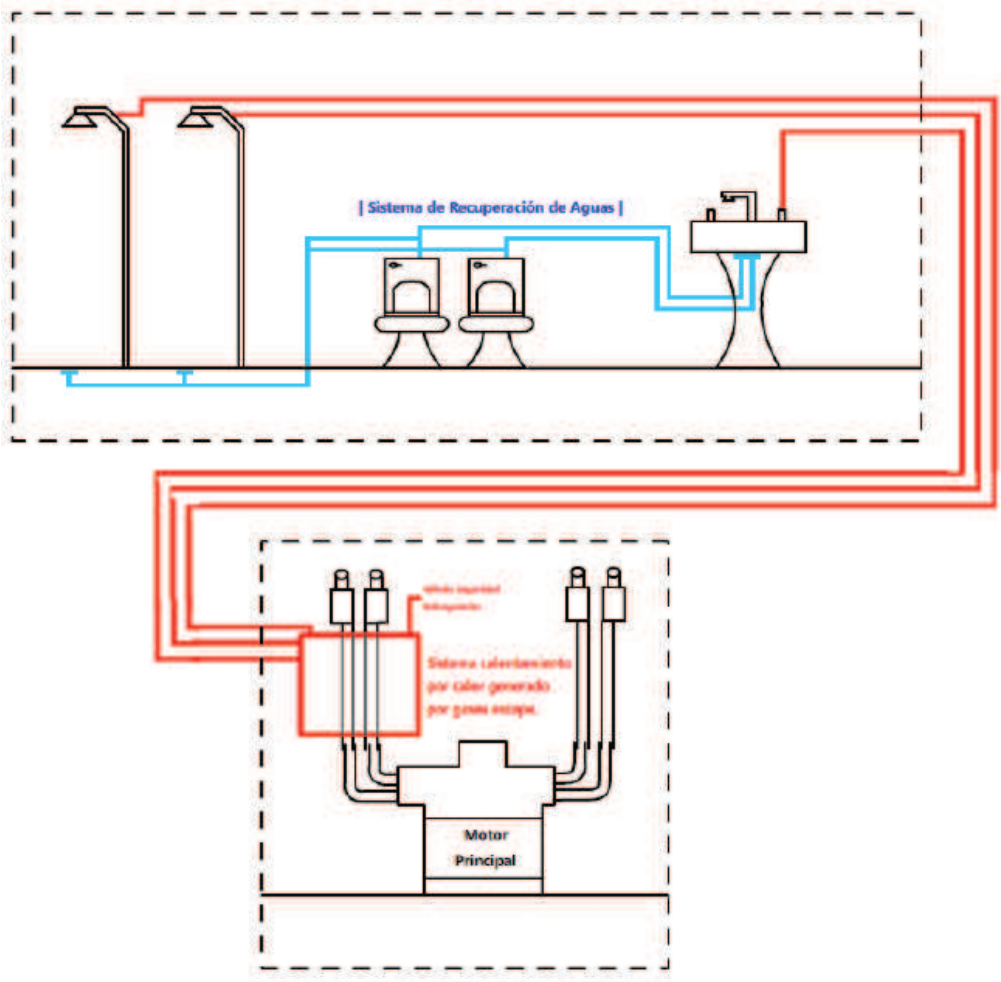


El conexionado reflejado en el esquema anterior, permitirá alimentar las descargas de las mochilas de los toilettes de la embarcación. Se estima que cada una de estas descargas arroja aproximadamente 55 litros de agua potable al sistema de cloacas. Con la implementación de esta simple solución, se puede asegurar una provisión de agua de agua potable para consumo humano de hasta 20 días para un solo tripulante de la nave. Multiplicando esta cantidad de litros por operación diaria de las mochilas y por cantidad de tripulantes se puede realizar un simple y rápido cálculo del recurso vital optimizado.

- **MÓDULO SUSTENTABLE "INSTALACIÓN AUXILIAR TEMPAGUA".**

Anexado al sistema de módulo sustentable "Instalación Auxiliar SUSTaguas", este anexo promete proveer de servicio de agua caliente a la embarcación. Su principio de funcionamiento se basa en la colocación de caños de instalación auxiliar de agua cerca de los guarda calores y/o tubos de escape de los motores principales de la embarcación.

De esta manera, la temperatura conducida por los mismos, provocaría un efecto "radiador" sobre la nueva instalación, confiriéndole temperatura al agua.



Sistema de produção integrado na construção naval

Prof. Dr. Delmo Alves de Moura

Professor do Curso de Engenharia de Gestão da Universidade Federal do ABC (UFABC). Doutor e Mestre em Engenharia Naval pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

E-mail: delmo.moura@ufabc.edu.br

Endereço: Rua Santa Adélia, 166. CEP 09210-170 – Santo André – São Paulo - Brasil

Prof. Dr. Rui Carlos Botter

Professor titular do curso de Engenharia Naval e Oceânica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Livre-Docente em Transportes Marítimo e Fluvial, Planejamento Portuário e Logística.

E-mail: rcbotter@usp.br

Av. Prof. Mello Moraes, 2231 / CEP 05356-000 – São Paulo – SP – Brasil

RESUMO

A produção enxuta é considerada por muitos como um simples aprimoramento de métodos de produção em massa, ao passo que agilidade implica romper com o molde de produção em massa e produzir produtos muito mais personalizados. Em um contexto de linha de produtos, isso equivale a lutar por economias de escopo, em vez de economias de escala ideal para suprir nichos de mercado cada vez menores. A empresa enxuta pode ser pensada como um produtor muito produtivo e eficiente de bens ou serviços.

INTRODUÇÃO

O objetivo deste trabalho é analisar as filosofias gerais de manufatura enxuta, especificamente focando o Sistema Toyota de Produção (TPS), e a manufatura ágil identificando as técnicas que podem ser usadas em um estaleiro.

Manufatura ágil significa que o processo de produção deve ser capaz de responder rapidamente às mudanças do mercado. Isto significa agilidade no fluxo de informações de materiais para dar suporte ao plano de capacidade de produção, a curto e médio prazo, além de propor alterações para uma ampla variedade de produtos. Portanto, é essencial que haja flexibilidade na capacidade produtiva para alterar o mix de produção no processo produtivo.

A base do Sistema Toyota de Produção (STP) é eliminar desperdícios no sistema. Os sete desperdícios preconizados e que devem ser eliminados são:

- A superprodução (produzir além do necessário);
- O transporte, que não acrescenta valor ao produto;
- O processo, operações que não deveriam existir;
- O tempo de espera, estoque intermediários que geram fila no processo;
- O estoque, em todo processo produtivo, na cadeia de suprimentos e produtos acabados;
- A movimentação, que não agrega valor ao produto;
- Os defeitos, que oneram o processo produtivo gerando retrabalhos, desperdício de tempo, mão de obra, horas de equipamentos etc.

Para trabalhar com sistema de produção semelhante a uma montadora de automóvel, um estaleiro deverá adquirir boa parte de peças e componentes em forma de subconjuntos, já prontos no mercado visando redução de custos internos de fabricação.

Como a construção naval está caracterizada dentro do sistema de produção por grandes projetos é essencial o foco no gerenciamento de cada atividade visando à redução de custos operacionais, desperdícios e realização de cada tarefa no período correto, sem geração de estoques.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SOBRE O TEMA

Sistemas integrados de informações são fundamentais para alcançar o estado da arte em diversas funções de um estaleiro. Funções de produção, como o corte de chapas com controle numérico, ou a utilização de processos automatizados em linhas de produção dedicadas, e também funções de planejamento e controle, só atingem seu mais alto grau se estiverem disponíveis sistemas de informações do produto, de processos e de recursos plenamente integrados.

Desta forma, o sistema *Lean Manufacturing* busca reduzir o *lead time* de obtenção dos componentes/peças subconjuntos relacionados com a cadeia de suprimentos, reduzir o tempo de produção/processamento, executar o processo/operação sem defeitos (fazer certo na primeira vez), eliminar ou minimizar os estoques com alto controle sob as operações, entregas nos prazos, maior produtividade com eficiência e eficácia nas operações (SHINGO, 1996; SHINGO, 2000).

Estudos realizados pelo Iaccoca Institute, Lehigh University, resultou em um relatório sobre a manufatura ágil. Os novos critérios são (SHARIFI, ZHANG, 1999):

- Mudanças contínuas;
- Respostas rápidas;
- Melhoria da qualidade;
- Responsabilidade social.

Desta forma, uma empresa considerada de manufatura ágil deve ter uma larga visão das novas necessidades do mundo dos negócios, ter habilidade e capacidade para tratar as turbulências e obter vantagens competitivas em seus negócios.

As quatro principais categorias para uma organização estar num ambiente ágil são:

Na resposta rápida (habilidade de identificar mudanças e promover respostas rápidas de forma reativa e proativa):

- Senso de perceber e antecipar as mudanças do mercado;
- Imediata reação para mudar e inseri-las no sistema;
- Absorver as mudanças.

Na competência (é um conjunto de habilidades que gera alta produtividade, eficiência e eficácia nas operações e processos visando que as tarefas alcancem os objetivos definidos pela empresa):

- Ter visão estratégica;
- Tecnologias adequadas ou habilidades tecnológicas suficientes;
- Qualidade nos produtos e serviços;
- Eficiência nos custos;
- Alta taxa de introdução de novos produtos;
- Pessoas capacitadas, habilitadas e envolvidas com o processo;
- Eficiência e eficácia nas operações enxutas;
- Cooperação interna e externa e
- Integração.

Na Flexibilidade (habilidade de para processar diferentes produtos e alcançar diferentes objetivos com a mesma planta fabril):

- Flexibilidade no volume de produtos;
- Flexibilidade nos modelos dos produtos;
- Flexibilidade organizacional;
- Pessoas flexíveis.

Na rapidez (habilidade para tratar com as tarefas e operações num tempo pequeno/reduzido).

- Tempo pequeno/curto para inserir novos produtos no mercado;
- Entrega de produtos e serviços em menos tempo e
- Rápido tempo de operação.

Segundo YUSUF, SARHADI, GUNASEKARAN (1999) agilidade pode ser sintetizada como o uso desenvolvido e bem conhecido de tecnologias e métodos de manufatura. Dentre elas cita-se o *Lean Manufacturing*, CIM, TQM, MRP II, BPR, *Employee Empowerment* e OPT. Em outras palavras agilidade é a habilidade nos negócios para crescer em mercados competitivos de mudanças contínuas e inesperadas, com respostas rápidas direcionadas ao consumidor/cliente, valorizando o produto e serviço.

Há necessidade de uma integração efetiva da capacidade de resposta e gestão do conhecimento, a fim de rapidamente, com eficiência e precisão, se adaptar a qualquer mudança inesperada (ou imprevisível) em ambos os negócios / necessidades do cliente e oportunidades proativas e reativas, sem comprometer com o custo ou a qualidade do produto / processo (GANGULY, NILCHILIANI, FARR, 2009).

A manufatura ágil basea-se na capacidade de uma organização para detectar mudanças (que podem ser oportunidades ou ameaças, ou uma combinação de ambos) em seu ambiente de negócios e, consequentemente, proporcionar respostas rápidas e focadas para seus clientes e partes interessadas, reconfigurando seus recursos, processos e estratégias (MATHIYAKALAN, et al. 2005).

Outra definição de manufaturta ágil fundamenta-se na capacidade de uma empresa para modificar dinamicamente os processos de negócios individuais, reconfigurar para acomodar as necessidades requeridas e potencial da empresa (RASCHKE, DAVID, 2005).

Outros autores definem a manufatura ágil como a capacidade de uma empresa para redesenhar seus processos existentes rapidamente e criar novos processos em tempo hábil, a fim de ser capaz de aproveitar e prosperar das condições de mercado imprevisíveis, sendo este altamente dinâmico (SAMBAMURTHY, BHARADWAJ, GROVER, 2003).

A manufatura ágil é a capacidade de uma empresa para se sobressair obtendo o melhor *trade-off* entre as variáveris qualidade, entrega, flexibilidade e custo de forma coordenada (MENOR, ROTH, MASON, 2001).

Manufatura ágil engloba tanto os conceitos de *lean* como flexível. A manufatura enxuta também está, principalmente, preocupada com a minimização (se não a eliminação) de resíduos através de um processo de produção eficiente (GANGULY, NILCHILIANI, FARR, 2009).

Manufatura ágil significa que o processo de produção deve ser capaz de responder rapidamente às mudanças na informação do mercado. Isto requer um gerenciamento no fluxo de informação e material, e a possibilidade de, a curto prazo, mudar para uma ampla variedade de produtos. Portanto, a capacidade de reconfigurar rapidamente um processo de produção é essencial (NAYLOR, NAIM, BERRY, 1999).

Manufatura ágil requer uma visão mais abrangente, enquanto que a produção enxuta é tipicamente associada apenas com o chão de fábrica. Agilidade incorpora ainda conceitos como rápida formação de alianças multi-empresa ou empresas virtuais para introduzir novos produtos no mercado. Uma empresa ágil é caracterizada principalmente como uma organização de aprendizagem muito rápida e eficiente (SHARP, IRANI, DESAI, 1999).

O DESAFIO DOS ESTALEIROS NA MANUFATURA E GESTÃO DAS OPERAÇÕES

Para trabalhar com sistema de produção semelhante a uma montadora de automóvel, um estaleiro deverá adquirir boa parte de peças e componentes em forma de subconjuntos.

Um fator essencial no gerenciamento da produção está relacionado com o fluxo de informações nos estaleiros, tendo como foco o planejamento e o controle do processo produtivo. Para isto é relevante fazer analogia com o sistema de produção enxuta com especial atenção ao *Just-in-Time*, ao planejamento de recursos da organização e à gestão de projetos (THOMPSON, 2009).

Como a construção naval está caracterizada dentro do sistema de produção de grandes projetos, é essencial o foco no gerenciamento de cada atividade visando a redução de custos operacionais, desperdícios e realização de cada tarefa no período planejado (SOUZA, 2009).

Funções de produção, como o corte de chapas com controle numérico, ou a utilização de processos automatizados em linhas de produção dedicadas, e também funções de planejamento e controle só atingem o estado da arte se estiverem disponíveis sistemas de informações do produto, de processos e de recursos plenamente integrados (SOUZA, 2009).

Para os estaleiros concentrar processos produtivos semelhantes identificando famílias de produtos que possam ser manufaturas nos mesmos centros de custos, utilizando a capacidade produtiva dos recursos, máquinas, equipamentos, pessoas, de forma a gerar um fluxo contínuo de operações, sem gerar estoques intermediários ao longo do processo de produção é uma condição essencial para inserir-se no sistema *Lean Manufacturing* (SOUZA, 2009).

O foco é não gerar processamento em lote (*batch processing*) e sim de forma uniforme conforme a necessidade de cada centro produtivo, otimizando os recursos e minimizando ou eliminando as etapas de movimentação e estoque intermediário, ao longo do processo produtivo (SOUZA, 2009).

O ganho com a produção de família de produtos é superior quando comparado com a produção por centros de manufatura especializados por funções (LAMB, LIKER, 2001).

Desta forma, no arranjo físico de um estaleiro, às vezes é necessário duplicar um determinado centro produtivo, mas isto não significa que será necessário dobrar a área que existia inicialmente para esta operação em lotes, e sim rearranjar fisicamente para suprir a necessidade de um fluxo contínuo de produção. Muitas vezes tem-se necessidade de áreas e recursos menores com o desmembramento de centros produtivos que eram concentrados.

Eliminar estoques intermediários no processo pode proporcionar um ganho de espaço físico enorme para os estaleiros. Fluxos produtivos enxutos (*lean flow*) permitem redução de custos nas operações e melhoram a eficiência e eficácia da

produção, permitindo balancear as tarefas e aperfeiçoar o uso dos recursos produtivos.

Reduzir/eliminar o estoque tem como consequência a redução dos custos pertinentes a ele, envolvendo a cadeia de suprimentos, materiais em processos e área física, que corroboram para o sistema de produção enxuta.

Outro fator relevante são os custos com movimentações desnecessárias que são eliminados do sistema, com a inserção de um fluxo produtivo enxuto.

Os problemas que surgirem no sistema produtivo serão mais fáceis de serem identificados e mapeados e, logicamente, um plano de ações pode ser estrategicamente inserido para eliminá-los ou minimizá-los visando a não interrupção da produção (LAMB, LIKER, 2001).

Com a eliminação da produção por lotes e a inserção de um fluxo enxuto, com redução de estoque, um fator essencial que será facilmente notado é a qualidade dos produtos fabricados, pois problemas relacionados com a qualidade serão facilmente detectados, demandando soluções rápidas, eficientes e eficazes.

A produção por grandes quantidades de lotes não permitem perceber os problemas de qualidade e quando são detectados já provocaram mais problemas ao longo de toda cadeia de produção, elevando os custos gerados pelos desperdícios de recursos, tempo, máquina, mão de obra etc.

A produtividade de uma empresa é um indicador relevante de competitividade. Quando os problemas de produção são eliminados ou reduzidos ao mínimo possível e aceitável, automaticamente aumentará a produtividade da organização evitando retrabalhos ou perda de produtos semi-processados ou produto acabado.

Na construção que opera sob um sistema de grandes projetos, com elevados custos operacionais, por operações, peças, produtos, subconjuntos etc. é fundamental ter qualidade assegurada da manufatura e também da cadeia de suprimentos do

segmento, pois paradas de produção por defeitos nos produtos oneram demasiadamente o produto final e elevam os custos, reduzindo a produtividade e competitividade de um estaleiro.

Retrabalhos, movimentações desnecessárias e atividades que não agregam valor ao produto são elementos que minimizaram a produtividade de uma empresa e elevam o *lead time* de execução do produto final, deixando-o não competitivo frente aos seus principais concorrentes.

Qualidade assegurada de peças, componentes, conjuntos, subconjuntos etc. é a espinha dorsal de um processo enxuto visando eliminar desperdícios e atividades que não agreguem valor ao produto final. Obter nível de produção com alta produtividade exigirá que esta concepção seja disseminada em toda fase do processo produtivo.

O layout industrial deverá proporcionar eficiência e eficácia operacional, eliminando ao máximo os transportes desnecessários e reduzindo o tempo de operação no estaleiro (LAMB, LIKER, 2001)..

A implantação do sistema 5S's *house keeping* também é essencial em todo sistema de produção. Técnica como esta corrobora para aumentar a produtividade, eliminar movimentação/transporte, reduzir tempo de fabricação, eliminar defeitos, aumentar a produtividade e fortalecer a produção enxuta.

A produção enxuta deve ampliar-se também para a cadeia de suprimentos dos estaleiros. Receber os materiais no momento de serem processados é importante para minimizar ou eliminar os estoques no processo de produção.

Receber os produtos com qualidade assegurada da cadeia de suprimentos exigirá que o controle da qualidade seja realizado no fornecedor para não parar o sistema de fabricação do estaleiro.

O TQM (*Total Quality Management*) é algo mais sólido que envolve uma cadeia mais integrada e compartilhada com os objetivos estratégicos de alto desempenho e qualidade, visando mercados altamente competitivos com processos industriais duradouros e de referência internacional. Um programa de qualidade como ISO 9000 não necessariamente garante as melhores práticas de qualidade e não pode ser considerado um processo integrado por toda cadeia produtiva, mas é um primeiro passo para buscar a qualidade (LAMB, LIKER, 2001).

O TQM possui a ênfase na melhoria contínua dos processos industriais, visando sempre à realimentação do sistema, com o intuito de aperfeiçoar o processo e eliminar possíveis causas de problemas. Dessa forma, o sistema TQM integra, desde a fase de desenvolvimento do projeto, os fornecedores na busca pela melhoria contínua com o foco no processo sem defeito, a redução do tempo de desenvolvimento de projetos, a confiabilidade operacional no processo, produtos sem defeitos e de acordo com as especificações do cliente/mercado, processos livres de retrabalhos e erros, com balanceamento das operações industriais, com alta produtividade e redução de custos operacionais (LAMB, LIKER, 2001).

COMPETÊNCIAS ESSENCIAIS

As competências essenciais são fatores que envolvem o aprendizado coletivo, e de que forma esses valores são disseminados numa organização e como essas competências são gerenciadas, com o intuito de aumentar a integração entre os agentes do processo visando à vantagem competitiva de uma organização perante seus concorrentes. A competência essencial de uma organização pode permitir a abertura de novos mercados para uma empresa, ou ser um fator positivo para tentar manter os clientes/consumidores existentes, sendo um diferencial no momento da decisão de compra do produto ou serviço, frente aos concorrentes, além de ser relevante como diferença entre as marcas existentes na praça, pois a competência essencial de uma organização pode levar a concorrência a ter dificuldades para imitá-la (PRAHALAD; HAMEL, 1990).

A inovação é um fator primordial na vantagem competitiva de uma organização e, para isso, a sintonia fina com as necessidades do mercado externo é fator-chave para promover o diferencial competitivo das empresas. Fatores como sustentabilidade financeira, formas de relacionamento com sua cadeia de suprimentos e clientes, confiabilidade e qualidade reconhecida dos produtos e serviços são pontos essenciais que devem ser levados em consideração na tomada de decisão estratégica para uma empresa se tornar competitiva mundialmente.

A inovação permite que as indústrias possam obter vantagens competitivas em seus segmentos de atuação. Dessa forma, é essencial que as empresas façam investimento como forma de se diferenciarem dos concorrentes e obterem o reconhecimento da organização.

A inovação irá requerer das empresas uma postura pró-ativa para definir estratégias de antecipação das mudanças tecnológicas e de mercado que afetem direta ou indiretamente seus negócios frente a seus principais concorrentes. Dessa forma, esse processo deverá ser inserido também na cadeia de suprimentos de uma empresa cliente, caso contrário, ela terá dificuldades de obter vantagem competitiva frente à concorrência. É de extrema importância a integração da estratégia empresarial inovadora de uma empresa com seus parceiros.

Para Slack (1993), a vantagem competitiva em manufatura demonstra um diferencial que a empresa possui frente aos seus concorrentes para atender às necessidades do mercado. Isso significa que fazer correto está relacionado com o objetivo de desempenho **qualidade**, fazer rápido com o objetivo **velocidade**, fazer pontualmente com o objetivo **confiabilidade**, customizar com o objetivo **flexibilidade** e fazer com o menor custo com o objetivo **custo**.

A estratégia de manufatura, segundo Fine e Hax (1985), não pode ser isolada da estratégia corporativa da empresa e deve afetar e ser afetada pelas demais áreas da empresa, como Marketing, Finanças, Compras, Pesquisa e Desenvolvimento, Recursos Humanos etc. Os autores discorrem que os objetivos de manufatura são expressos em termos de algumas dimensões de desempenho utilizadas para

mensurar a estratégia de manufatura, caracterizadas por: custo, qualidade flexibilidade e entrega, como descreveu Wheelwright (1981).

Segundo Coombs e Bierly (2006), capacitação tecnológica é um dos atributos que podem diferenciar uma empresa de seus concorrentes. Eles descrevem que empresas que possuem capacitação tecnológica reconhecida pelo mercado possuem um ativo difícil de ser imitado pelos concorrentes. Ela contribui para a melhoria dos produtos, aumentando seu valor agregado e criando uma lacuna no mercado entre as empresas que possuem e as que buscam alcançar. O desenvolvimento da capacitação tecnológica deve estar inserido na estratégia corporativa definida pela empresa.

Tanto a Coréia do Sul como o Japão, se especializaram na produção de navios graneleiros e petroleiros focados na produção em série, beneficiando suas linhas de produção, pois os estaleiros reduziram ou eliminaram a flexibilidade ofertada aos clientes/armadores, beneficiando demais o ganho de escala e reduzindo os custos de produção. Baixa ou nenhuma flexibilidade, alta qualidade, baixo custo, redução do tempo ciclo de desenvolvimento e produção com algumas inovações/tecnologia foram algumas das estratégias utilizadas pelos estaleiros coreanos.

Com isso aumentaram-se muito os ganhos com a curva de aprendizagem, obtendo-se vantagem competitiva frente a seus concorrentes mundiais. A estratégia da Coréia do Sul foi produzir navios diferentes dos produzidos no Japão, com produtos mais simples e baratos. Outra particularidade foi o planejamento especial para o financiamento focado à exportação. Houve fortes subsídios no setor da construção naval coreana, para inserção de seus navios nos mais diversos mercados mundiais, além de possuir forte política de exportação visando solidificar toda a estrutura montada para fazer da Coréia do Sul um país entre os mais renomados do mercado mundial da construção naval (MOURA, 2008).

O Japão se consolida na estratégia de liderança em custo, conforme modelo de Porter (1991). Com forte participação de diversas empresas relacionadas com o setor, com dedicação especial aos fatores relacionados ao controle da qualidade,

mão de obra treinada e capacidade para exercer suas tarefas com a máxima qualidade no processo de produção, na ênfase por ter uma sociedade classificadora qualificada e de uma política de normalização que contribuísse para alavancar os negócios da construção naval local (MOURA, 2008).

Segundo Skinner (1969), é de suma importância que uma empresa analise os *trade-offs* existentes na área de manufatura, visando que as definições estratégicas definidas na produção possam atender às estratégias corporativas e permitir que a empresa se torne competitiva em mercados globalizados de concorrência acirrada pelos clientes/consumidores. Analisar as possíveis decisões e suas alternativas é condição essencial para nortear os prováveis rumos a serem percorridos por uma organização, a fim de promover suas vantagens competitivas no mercado.

O Japão inovou na produção de navios e, consequentemente, obteve aumento de produtividade, mas também inovou no projeto das embarcações. Investiu na robotização e em técnicas gerenciais e administrativas para controle do fluxo de materiais e sua respectiva qualidade. Outro fator de suma importância no sistema de construção naval japonesa foi a integração existente na cadeia de suprimentos entre estaleiros e seus respectivos fornecedores de navipeças, assim como houve maior integração entre estaleiros e os armadores, e também entre os próprios estaleiros concorrentes houve maior cooperação para desenvolvimento de produtos e tecnologia que beneficiassem a todos, com incentivos governamentais, auxiliando o crescimento do segmento marítimo local. Houve a implantação de política nacional de fomento das atividades científicas e tecnológicas que envolvia laboratórios, universidades institutos de pesquisa etc. (MOURA, 2008).

Dessa forma, os japoneses tiveram condições de obter preços competitivos mundialmente e até mesmo abaixo da média do mercado na construção de seus navios, além de oferecer condições especiais de financiamento para os armadores internacionais que construíssem seus navios em estaleiros localizados em território japonês. Para isso foram necessários planos, mecanismos de incentivo e instrumentos de política industrial que envolvessem não só a construção naval mas toda a cadeia que, direta ou indiretamente, estava relacionada com o setor da

construção naval japonesa, como indústrias química e pesada, como siderurgia e metalurgia, mecânica, maquinário elétrico, equipamentos de transportes – rodoviário, ferroviário e marítimo – e a indústria química pesada – fertilizantes e petroquímica. Houve a participação essencial do Ministério da Indústria e Comércio Internacional para criar tais políticas industriais que viabilizassem o crescimento sustentado do segmento (MOURA, 2008).

CONCLUSÃO

Para implementar a manufatura ágil, o projeto do produto e o planejamento devem ser integrados de forma muito estreita com a manufatura, e todos os gargalos no fluxo do produto e no fluxo das informações de engenharia devem ser minimizados. A integração estreita entre funções de projeto, planejamento e manufatura requer que informações precisas e suficientemente completas sobre todos os aspectos do produto, processos de produção e operações estejam disponíveis. Assim, espera-se que futuros sistemas de projeto e planejamento estejam estreitamente alinhados com a tecnologia de manufatura. Futuros sistemas de manufatura necessitarão de informações mais completas e mais precisas quando comparadas às informações disponíveis no momento.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

COOMBS, J. E.; BIERLY III, P. E. Measuring technological capabilities and performance. R&D Management. v. 36, n. 4, sep., 2006.

FINE, C.H.; HAX, A. C. Manufacturing strategy: a methodology and a illustration. Interfaces, v. 15, nov./dec., p. 26-48, 1985.

GANGULY, A., NILCHIANI, R., FARR, V. J. Evaluating agility in corporate enterprises. International Journal of Production Economics, 188, p.p. 410-423, 2009.

LAMB, T., LIKER, J. Lean shipbuilng. The Society of Naval Architects and Marine Engineers. Paper presented at the 2001 Ship Production Symposium, Ypsilanti, Michigan, June 13 - 15, 2001.

MATHIYAKALAN, S., ASHRAFI, N., ZHANG, W., WAAGE, F., KUILBOER, J.P., HEIMANN, D., Defining business agility: an exploratory study. In: Proceedings of the 16th Information Resources Management Conference, San Diego, CA, May 15–18, 2005.

MENOR, L.J., ROTH, A.V., MASON, C.H.. Agility in retail banking: a numerical taxonomy of strategic service groups. Manufacturing and Service Operations Management 3 (4), 272–292, 2001.

MOURA, D. A. Análise dos principais segmentos da indústria marítima brasileira: estudo das dimensões e dos fatores críticos de sucesso inerentes à sua competitividade. Tese de doutorado da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Naval e Oceânica, São Paulo, Brasil, 2008.

NAYLOR. J. B., NAIM, M. M., BERRY, D. Leagility: Integrating the lean and agile manufacturing paradigms in the total supply chain. . International Journal of Production Economics, 62, p.p. 107-118, 1999.

PORTER, M. Estratégia competitiva – técnicas para análise de indústrias e da concorrência. 6. ed., Rio de Janeiro: Campus, 1991.

PRAHALAD, C. K., HAMEL, G. The core competence of the corporation. Harvard Business Review, may./jun., p. 79-91, 1990.

RASCHKE, R., DAVID, J.S.,. Business process agility. In: Proceedings of the 11th Americas Conference on Information Systems, Omaha, NE, USA, August, pp. 355–360, 2005.

SAMBAMURTHY, V., BHARADWAJ, A., GROVER, V. Shaping agility through digital options: reconceptualizing the role of information technology in contemporary firms. MIS Quarterly 27 (2), 237–263, 2003.

SHARIFI, H. ZHANG, Z. A methodlogy for achieving agility in manufacturing organizations: an introduction. International Journal of Production Economics, 62, p.p. 7-22, 1999.

SHARP, J. M., IRANI, Z. DESAI, S. Working towards agile manufacturing in the UK industry. International Journal of Production Economics, 62, p.p. 155-169, 1999.

SHINGO, S. Sistema de troca rápida de ferramenta. Uma revolução no sistema produtivo. Porto Alegre: Artes Médicas - Bookman, 2000.

O Sistema toyota de produção do ponto de vista da Engenharia de Produção. 2ª Ed., Porto Alegre: Bookman, 1996.

SKINNER, W. Manufacturing – missing link in corporate strategy. Harvard Business Review, may./jun., p. 136-145, 1969.

SLACK, N. Vantagem competitiva em manufatura: atingindo competitividade nas operações industriais. São Paulo: Atlas, 1993.

SOUZA, C. M. de. Técnicas avançadas em planejamento e controle da construção naval. Tese de doutorado da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Engenharia Oceânica, Rio de Janeiro, Brasil, 2009.

THOMPSON, C. G. Uma avaliação do potencial de aplicação da mentalidade enxuta (Lean thinking) na construção naval: estudo de casos múltiplos. Dissertação da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Naval e Oceânica, São Paulo, Brasil, 2009.

WHEELWRIGHT, S. C. Japan, where operations really are strategic. Harvard Business Review. v. 59, n. 4, jul./aug., p. 67-74, 1981.

YUSUF Y. Y., SARHADI M., GUNASEKARAN A. Agile manufacturing: the drivers, concepts and attributes. International Journal of Production Economics, 62, p.p. 33-43, 1999.

Método para determinação do calado a partir de fotografias com câmeras não calibradas

Sdepan Bogosian Neto Capitão-de-Fragata (EN), DSc Centro de Projetos de Navios (CPN) e-mail: sbogosian@gmail.com

RESUMO

Este artigo tem por objetivo mostrar um método para obtenção do calado de um navio com o uso de câmeras fotográficas não calibradas. Para tanto, parte da modelagem do problema com o uso de coordenadas homogêneas e simples operações algébricas. Com isso, obtém uma formulação válida para navios com costados aproximadamente retos. O uso do método na forma como exposto não é recomendado para provas de inclinação por sua baixa precisão.

PALAVRAS-CHAVE: Geometria Projetiva. Prova de Inclinação. Coordenadas Homogêneas. Coordenadas Afins. Plano Projetivo.

ABSTRACT

This paper has the objective in showing a method to find the draught of a ship, based on non photographic cameras. The problem modelling is made with homogeneous coordinates and some algebraic operations which enables a formulation valid only to almost vertical broadsides. The use of the method is not recommended as exposed to inclining tests in virtue of its low accuracy.

KEYWORDS: Projective Geometry. Inclination Test. Homogeneous Coordinates. Projective Plan.

SÍMBOLOS

LATINOS

D - distância entre a marca de calado no sistema de referência do navio e a linha d'água.

D_1 - distância entre marcas de calado no sistema de referência do navio.

d_1 - distância entre marcas de calado na projeção fotográfica.

R - matriz de rotação – parâmetros extrínsecos da câmera.

r_{ij} – coeficientes da matriz de rotação.

s – fator de amplificação na horizontal – cisalhamento.

K – matriz dos parâmetros intrínsecos da câmera.

t – vetor de translação.

t_x – translação da câmera no sentido de x.

t_y – translação da câmera no sentido de y.

t_z – translação da câmera no sentido de z.

u_0 – posição no eixo u do centro óptico.

v_0 – posição no eixo v do centro óptico.

W – coordenada homogênea.

X – coordenada no sistema fixo ao navio.

x_1 – coordenada no sistema fixo à câmera.

Y – coordenada no sistema fixo ao navio.

y_1 – coordenada no sistema fixo à câmera.

Z – coordenada no sistema fixo ao navio.

z_1 – coordenada no sistema fixo à câmera.

GREGOS

α -- fator de escala na direção horizontal da tela (para pixels).

β- fator de escala na direção na direção vertical da tela (para pixels).

1.0 INTRODUÇÃO

A estabilidade de um navio é um dos requisitos de segurança de maior relevância para as embarcações.

É indispensável para o cálculo da estabilidade dos navios o conhecimento da posição de seu centro de gravidade.

A determinação do centro de gravidade do navio se dá em Provas de Inclinação.

Nestas provas, o calado é comumente medido com o uso de botes, ou a partir da medida da borda livre.

Em situações em que o mar esteja agitado ou em grandes plataformas de petróleo um método alternativo poderia ser usado: a medição do calado do navio a partir de uma imagem projetiva obtida com uma câmera fotográfica não calibrada.

Este método tem a vantagem de aumentar a rastreabilidade da Prova de Inclinação.

Neste artigo, estuda-se a validade do método.

2.0 SISTEMAS DE REFERÊNCIA

Os sistemas de referência utilizados são apresentados na figura 1, em que aparece também o plano projetivo e a posição do observador (fotógrafo).

Nas condições em que se realizam a prova de inclinação, o navio normalmente está atracado e, portanto, utiliza-se um sistema baricêntrico com origem em O, como na figura 1, que está em repouso e pode para os efeitos do problema ser considerado inercial (desprezada a rotação da Terra e o movimento das marés).

3.0 MODELAGEM MATEMÁTICA

Modela-se, matematicamente, o problema com o uso de coordenadas homogêneas, conforme [1].

As coordenadas homogêneas ou afins associam a cada ponto no espaço tridimensional um ponto (X,Y,Z,W). Esta associação faz com que “as operações de cisalhamento, reflexão, rotação e escala possam ser concatenadas numa única matriz pela multiplicação prévia.”[1]. Em coordenadas homogêneas, o ponto (X,Y,Z,W) relaciona-se ao ponto no espaço 3D, simplesmente por (X/W,Y/W, Z/W), com W≠0.

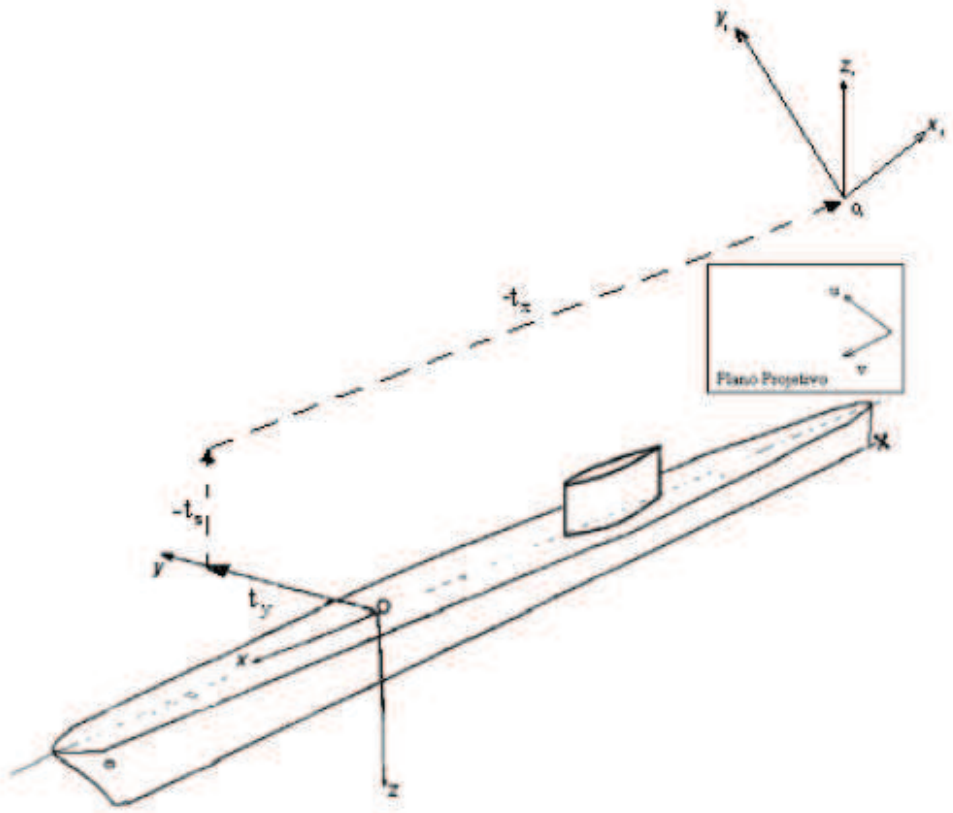


Figura 1 – Sistemas de Referência Utilizados

O problema foi modelado com o uso da equação (1), da referência [2]. Nela, as matrizes K, R e t levam o ponto em coordenadas homogêneas **X**, para sua projeção **x** que é o plano projetivo (da fotografia).

$$x = K[Rt]X \tag{1}$$

Em coordenadas, as matrizes expressam-se por (2):

$$\begin{bmatrix} u \\ v \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \alpha & s & u_0 \\ 0 & \beta & v_0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13}\, t_x \\ r_{21} & r_{22} & r_{23}\, t_y \\ r_{31} & r_{32} & r_{33}\, t_z \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \\ 1 \end{bmatrix} \tag{2}$$

onde

$$K = \begin{bmatrix} \alpha & s & u_0 \\ 0 & \beta & v_0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \tag{2a}$$

$$t = \begin{bmatrix} t_x \\ t_y \\ t_z \end{bmatrix} \tag{2b}$$

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} \end{bmatrix} \tag{2c}$$

Na equação (1), as matrizes K, R e t levam o ponto **X** em coordenadas homogêneas, do referencial do navio, para sua projeção **x** no plano projetivo (da fotografia).

A Matriz K é a matriz que apresenta parâmetros intrínsecos da câmera [3] e é desconhecida do operador, no método proposto. Esta matriz transforma as coordenadas da câmera para o plano projetivo (imagem ou fotografia ou tela). Nela, utilizando-se a mesma nomenclatura de [2], α e β são fatores de escala em pixels, u0 e v0 as coordenadas do ponto não deformado da tela (origem) com respeito ao eixo da tela e s um fator de cisalhamento que representa o quanto a

ordenada u expande o eixo horizontal da tela em pixels (plano projetivo).

A Matriz R é a matriz de rotação com os cossenos diretores que transformam o sistema da câmera ($O_1x_1y_1z_1$) para o sistema do navio (OXYZ). O vetor t é representado pelas coordenadas da câmera no referencial global (fixo ao navio), aparece com duas coordenadas negativas (t_x e t_y) na figura 1, porque o sentido delas está contra a orientação dos eixos globais.

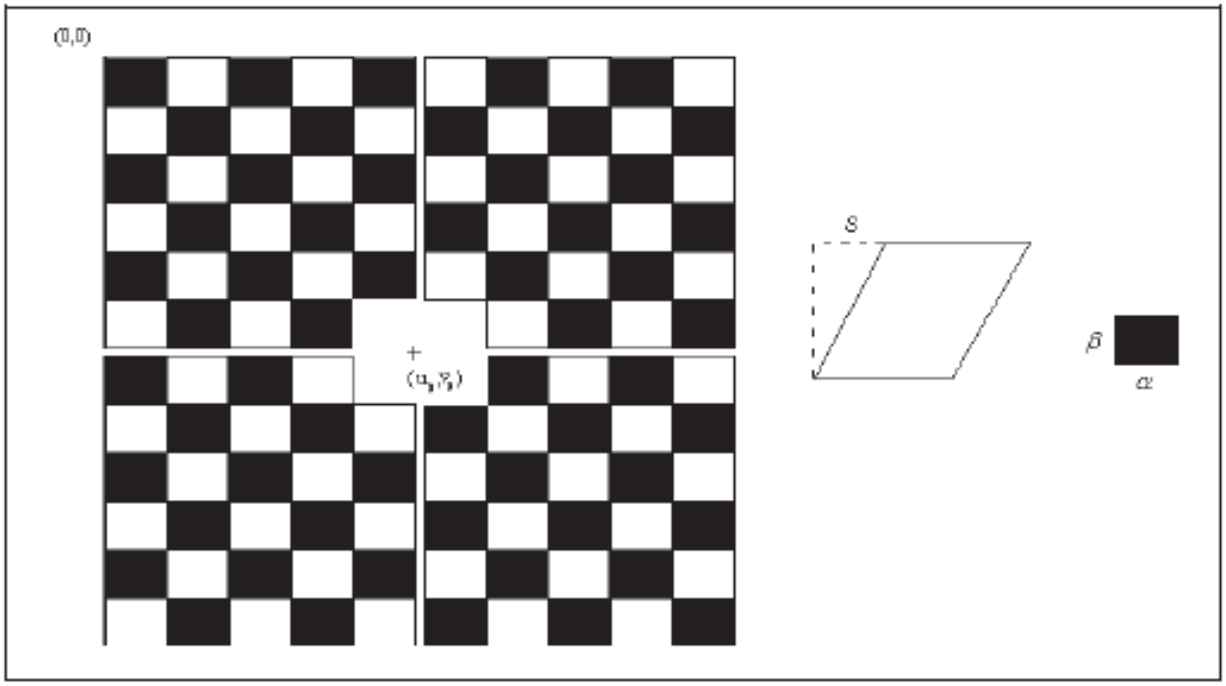


Figura 2 – Elementos da Matriz K – geometria dos pixels

A figura 2 tenta reproduzir de modo esquemático os parâmetros intrínsecos da câmera, dados pela matriz K. A figura 3 apresenta o conceito referente ao ponto (u0, v0)

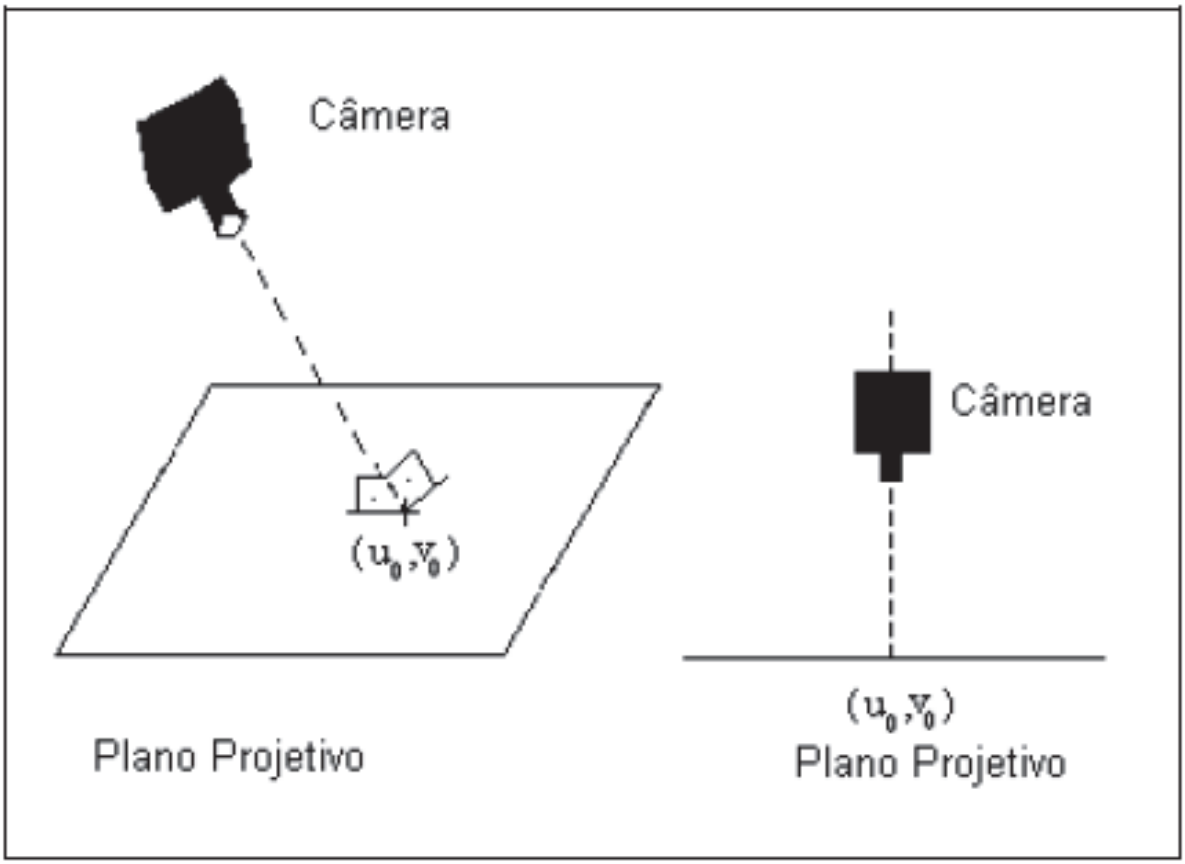


Figura 3 – Elementos da Matriz K – geometria dos pixels.

4.0 MÉTODO PARA OBTENÇÃO DO CALADO

Para se utilizar o método de obtenção de calado a partir de uma imagem projetiva, de modo mais preciso, são requeridas na projeção, ao menos duas marcas de calado emersas e uma linha d'água bem definida.

Deste modo, tem-se 4 pontos: [u0 v0 1]; [u1 v1 1]; [u2 v2 1]; [u3 v3 1], que aparecem representados na figura 3 e se referem à figura 1. (O ângulo reto foi escolhido de modo a simplificar a matriz de rotação, embora não apareça nos cálculos).

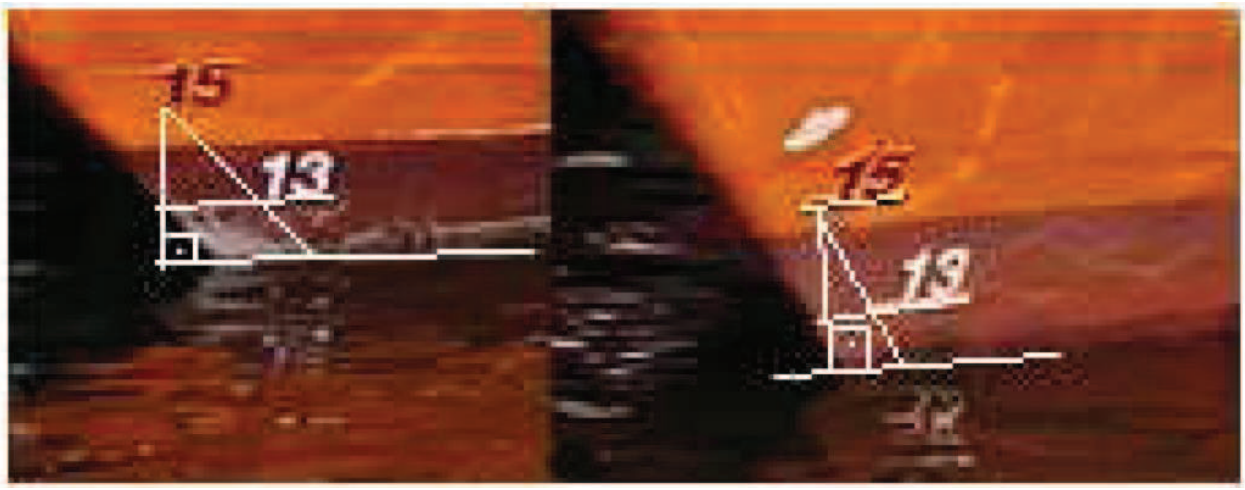


Figura 4 – Medição do Calado. Fonte: Adaptado da referência [4]

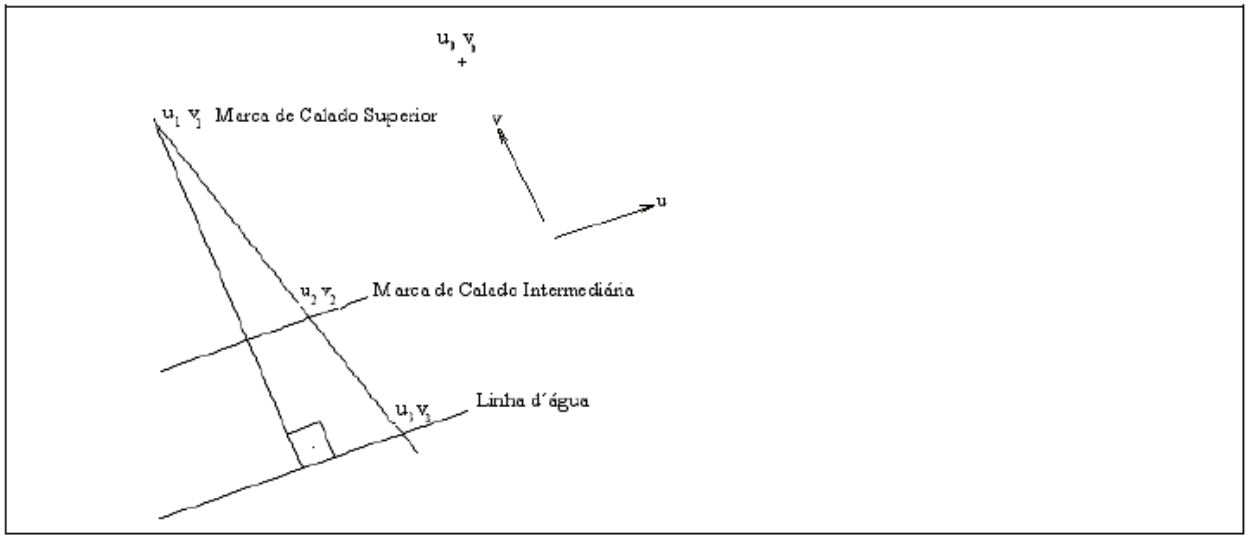


Figura 5 – Esquemático dos triângulos da Figura 2 – Plano Projetivo.

Assim com o uso da equação (2) pode-se escrever, para as projeções das marcas de calado 1 (u1, v1), 2 (u2, v2) e 3 (u3, v3):

$$\begin{bmatrix} u_1 \\ v_1 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \alpha & s & u_0 \\ 0 & \beta & v_0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13}\, t_x \\ r_{21} & r_{22} & r_{23}\, t_y \\ r_{31} & r_{32} & r_{33}\, t_z \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ Z_1 \\ 1 \end{bmatrix} \tag{3}$$

$$\begin{bmatrix} u_1 \\ v_1 + d_1 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \alpha & s & u_0 \\ 0 & \beta & v_0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13}\, t_x \\ r_{21} & r_{22} & r_{23}\, t_y \\ r_{31} & r_{32} & r_{33}\, t_z \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_2 \\ Y_2 \\ Z_1 + D_1 \\ 1 \end{bmatrix} \tag{4}$$

$$\begin{bmatrix} u_1 \\ v_1 + d_1 + d \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \alpha & s & u_0 \\ 0 & \beta & v_0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13}\, t_x \\ r_{21} & r_{22} & r_{23}\, t_y \\ r_{31} & r_{32} & r_{33}\, t_z \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_3 \\ Y_3 \\ Z_1 + D_1 + D \\ 1 \end{bmatrix} \tag{5}$$

A análise do conjunto de equações (3) a (5) permite perceber que a única incógnita é a variável D, uma vez que D_1, d e d_1 são conhecidos, bem como, hipoteticamente, seriam conhecidos todos os demais valores das matrizes do exemplo.

Considerando que no caso particular do navio, as marcas de calado encontram-se na mesma coordenada X, deste modo, subtraindo-se (4) de (3) e (5) de (3) tem-se:

$$\begin{bmatrix} u_2 - u_1 \\ d_1 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \alpha & s & u_0 \\ 0 & \beta & v_0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13}\, t_x \\ r_{21} & r_{22} & r_{23}\, t_y \\ r_{31} & r_{32} & r_{33}\, t_z \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ Y_2 - Y_1 \\ D_1 \\ 0 \end{bmatrix} \tag{6}$$

$$\begin{bmatrix} u_3 - u_1 \\ d_1 + d \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \alpha & s & u_0 \\ 0 & \beta & v_0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13}\, t_x \\ r_{21} & r_{22} & r_{23}\, t_y \\ r_{31} & r_{32} & r_{33}\, t_z \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ Y_3 - Y_1 \\ D_1 + D \\ 0 \end{bmatrix} \tag{7}$$

E finalmente

$$\frac{d_1}{d_1 + d} = \frac{(\beta r_{22} + v_0 r_{32})(Y_2 - Y_1) + (\beta r_{23} + v_0 r_{33}) D_1}{(\beta r_{22} + v_0 r_{32})(Y_3 - Y_1) + (\beta r_{23} + v_0 r_{33})(D_1 + D)} \tag{8}$$

5.0 COSTADOS APROXIMADAMENTE RETOS

No caso em que haja costados aproximadamente retos, pode-se estimar que:

$$\frac{d_1}{d_1 + d} \sim \frac{D_1}{(D_1 + D)} \qquad (9)$$

Com isto, se conclui que a distância medida na projeção será proporcional à relação de calados.

6.0 SIMULAÇÃO A PARTIR DE UMA BALIZA

Para medir as diferenças entre o método e o real, simula-se um observador no plano de uma baliza típica a um metro de distância do ponto mais afastado do Plano Central longitudinal e com suas marcas de calado representadas na figura, conforme figura 6. A baliza típica escolhida é do tipo cujas bocas diminuem com o aumento de calado.

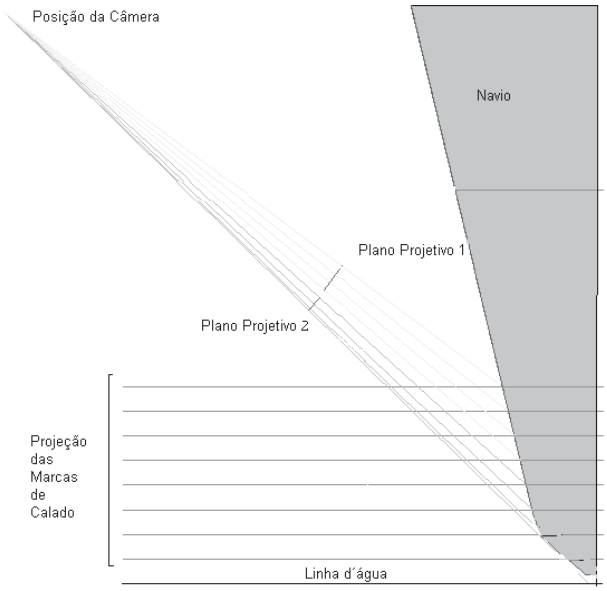


Figura 6 – Simulação de uma fotografia

O Plano Projetivo 1 da figura 6 representa uma situação em que a câmera está numa vertical diferente daquela do Plano Projetivo 2. Os erros obtidos com a simulação da forma representada na figura 6 estão representados na tabela 1 e tabela 2. Ambos os planos projetivos aparecem na forma de seus traços no plano da baliza.

Tabela 1 – Simulação no Plano Projetivo 1

Medições entre marcas no Plano Projetivo 1	Marcas (mm) (de cima para baixo)	Medições de cima para baixo (mm)	Conversão pelo método em valores das marcas	erro	erro em calados (cm)
42,93	100	42,93			
40,97	200	83,9	195	-2%	0

Note-se que na tabela 2 ocorre a coincidência da projeção da marca de calado 100 mm acima com a marca de calado seguinte, donde tanta diferença (43%).

Tabela 2 – Simulação no Plano Projetivo 2

Medições entre marcas no Plano Projetivo 2	Marcas (mm) (de cima para baixo)	Medições (de cima para baixo)(mm)	Conversão pelo método em valores das marcas	erro	erro em calados (cm)
34	100	34			
23,5	200	57,5	169	-15%	3
7,8	300	65,3	114	-43%	9

A tendência do método é prever calados maiores (menores) que os esperados conforme a boca da seção aumente (diminua) com o calado. O calado é a diferença entre a medida dada pela figura obtida com a câmera e a marca de calado acima dela (coluna Conversão...), logo quanto menor a Conversão, maior o calado.

7.0 IMPACTO NA MEDIÇÃO DE CALADO EM UMA PROVA DE INCLINAÇÃO

Para uma medição de calado realizada com base neste método, em razão da máquina fotográfica se posicionar acima da linha d'água, as medições conduziriam à obtenção de calados maiores (menores) que o real, se o navio tivesse uma boca que diminuísse (aumentasse) com o aumento do calado.

Para Provas de Inclinação, uma medição de calado maior (menor) que a verdadeira seria mais (menos) conservativa.

8.0 CONCLUSÃO

No caso em que haja costados aproximadamente retos, pode-se esperar certa proporcionalidade entre a fotografia e a marca de calado.

Embora, como dito, este método tenha a vantagem de aumentar a rastreabilidade da Prova de Inclinação, sua validade é limitada, a princípio, para costados retos. Não se recomenda seu uso para outras formas de costado enquanto não houver trabalhos em que se possa medir com maior clareza a precisão.

Para Provas de Inclinação, navios com formas cuja boca diminua (aumenta) com o aumento do calado resultam calados maiores (menores) que o real, gerando resultados mais (menos) conservativos.

7.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Profa. Valéria, "Transformações 2D e 3D".

[2] HOIEM, D. (2006) "Projective Geometry and Camera Models". Computer Vision – CS 543/ ECE 549, University of Illinois, Estados Unidos da América. Disponível em: %20Projective%20Geometry%20and%20Camera%20Models.pdf. Acesso: 13 de maio 2013.

[3] GONÇALVES, L. M. G. “Visão Computacional: Calibração de Câmeras”. 2005?. Disponível em: www.dca.ufrn.br/~lmarcos/courses/visao/notes/Calibracao.ppt

[4] CAMPOS, M. F. M.; CÂMARA NETO, V. F. “DCC884 - Visão Computacional: Calibração de Câmeras”. Universidade Federal de Minas Gerais , 2007. Disponível em:http://www.verlab.dcc.ufmg.br/_media/cursos/visao/2007-1/calibracaocameras.pdf

[4] Pilot barhoeft.jpg. Disponível: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pilot_barhoeft.jpg

[5] SNAME (1950). “Nomenclature for treating the motion of a submerged body through a fluid”. Technical Report Bulletin1-5. Society of Naval Architects and MarineEngineers, NewYork ,USA.

Uma avaliação comparativa de estratégias de arranjos físicos para a fabricação de lanchas metálicas

Rafael Araújo Sales
rafaelaraujosales@gmail.com
Mestre em Engenharia de Produção pela UFRN
José Ailton da Silva Júnior
jailtonsjr@gmail.com
Mestrando em Engenharia de Produção pela UFRN
Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Campus Universitário, Lagoa Nova. CEP: 59078-970. Natal/RN – Brasil.
Telefone: +55 84 3342-2403
Raniery Carlos de Sousa
raniery@bnn.mar.mil.br
Base Naval de Natal. Marinha do Brasil.
João Maria da Silva Santos
joao.santos@bnn.mar.mil.br
Base Naval de Natal. Marinha do Brasil.
Av. Sílvio Pélico, S/N, Alecrim. CEP: 59040-150. Natal/RN - Brasil.
Telefone: +55 84 3216-3321

O presente estudo tem como objetivo geral analisar, em diferentes níveis de demanda, qual a melhor estratégia de arranjo físico adotar para a construção de lanchas metálicas. Para atingir o objetivo proposto, são desenvolvidos três modelos de simulação para analisar as estratégias de produção sob os arranjos físicos posicional, celular e linear. Por utilizar a ferramenta da simulação para a comparação de cenários, foi utilizada a metodologia de Chwif e Medina (2010) que contempla três fases: concepção, implementação e análise. Na concepção os sistemas reais foram representados através do mapeamento dos processos de acordo com as variáveis tempo, recursos materiais e recursos humanos necessários

para cada etapa do processo produtivo. Todas essas informações foram transformadas na variável custo.

Os dados foram coletados em 3 sistemas de produção de lanchas do tipo escolar distintos, dois localizados em Natal-RN com produção posicional e celular e um localizado em Belém-PA com produção linear. Na fase de implementação os modelos conceituais foram convertidos em modelos computacionais através da ferramenta Rockwell Software Arena® 13.5 e em seguida validados. Na etapa de análise simulouse a produção anual de 960 embarcações para cada arranjo físico constatando-se que, para uma fabricação de até 80 unidades o arranjo físico mais recomendado é o posicional, entre 81 e 288 unidades o arranjo celular e de 289 unidades em diante o arranjo linear.

Palavras-Chave: Arranjos Físicos. Construção Naval.

1) INTRODUÇÃO E APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA

Diante do potencial estratégico das decisões relacionadas a arranjos físicos para estaleiros (SILVA, 2010; SOUZA, 2009; uma metodologia genérica para o processo de tomada de decisão referente ao tema na Figura 1.

De acordo com a Figura, primeiramente, faz processo de produção do estaleiro. Nessa etapa, a característica volumen dita o tipo de processo. Em casos reais, mais do que um tipo de processo é possível.

Após a escolha do tipo de processo, o tipo básico de arranjo físico deve ser definido (SLACK et al., 2009).

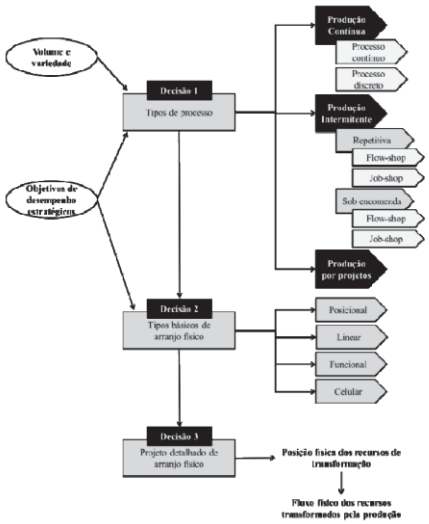


Figura 1: Metodologia para decisão de arranjo físico.

Fonte: Adaptado de Slack et al. (2009) e Hax e Candea (1984).

Ainda segundo Slack et al. (2009) a relação entre tipos de processos e tipos básicos de arranjo físico não é totalmente determinística. Um tipo de processo não necessariamente implica um tipo básico de arranjo físico. A Figura 2 indica a tendencia de cada arranjo físico adotar dado um tipo de processo.

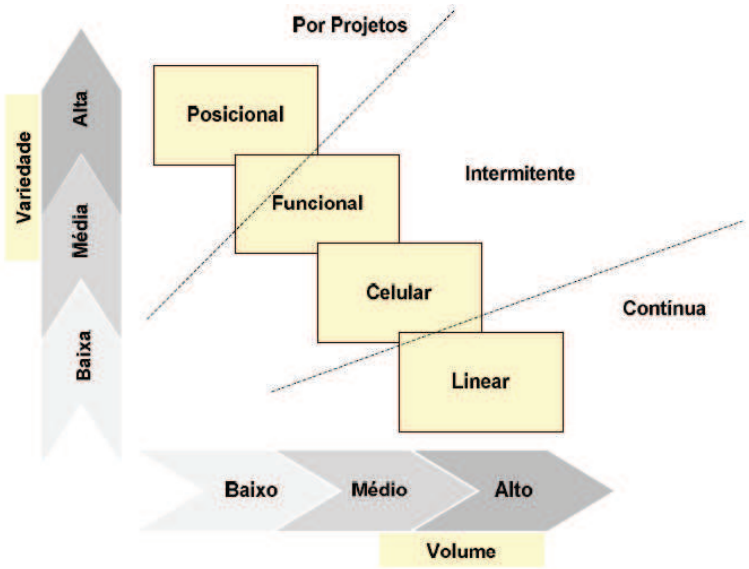


Figura 2: Relação entre tipos de processo e tipos básicos de arranjo físico.

Fonte: Adaptado de Slack et al. (2009) e Hax e Candea (1984).

A natureza da atividade de construção naval especificamente exige um arranjo físico do estaleiro do tipo posicional (SOUZA, 2009; SLACK et al., 2009; LAMB, 1986).

Conclui-se isso pelo fato da construção de embarcações ocorrerem em um lugar específico (dique) e das oficinas estarem distribuídas ao seu redor seguindo a lógica de que o objeto transformado não percorre por entre os meios transformadores (produto final, navio, fica fixo no dique). No entanto, esse tipo de arranjo não se aplica a cada oficina. Cada processo deve ser analisado independentemente quanto aos productos fabricados e à dinâmica de trabalho individual.

Pinto (2007) afirma que o elemento mais importante que define o planejamento do arranjo físico na construção naval é o nível de demanda. Quanto maior o nível de produção, mais padronizados e sincronizados devem ser os processos, garantindo um fluxo de produção mais estável. O autor classifica os níveis de demanda para estaleiros de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1: Níveis de demanda para estaleiros

NÍVEL DE DEMANDA	DEFINIÇÃO
Unitária	Apenas 1 navio feito em um intervalo de 12 a 18 meses.
Pequena	Poucos navios feitos em um intervalo de 12 a 18 meses (entre 1 e 2 navio de médio/grande porte).
Média	Número médio de navios feitos em um intervalo de 12 a 18 meses (entre 3 e 4 navios de médio/grande porte)
Grande	Número grande de navios feitos em um intervalo de 12 a 18 meses (mais de 4 navios de médio/grande porte).

Fonte: Adaptado de PINTO (2007).

A Tabela 2 relaciona os níveis de demanda para cada processo e qual configuração adotar.

Tabela 2: Modelos de sistemas de produção recomendados

ETAPAS DO PROCESSO	DEMANDA UNITÁRIA	DEMANDA PEQUENA	DEMANDA MÉDIA	DEMANDA GRANDE
Fabricação de Partes	Projeto	Intermitente repetitiva, Job-Shop	Intermitente repetitiva, Job-Shop	Intermitente repetitiva, Job-Shop
Fabricação de Painéis	Projeto	Projeto	Intermitente repetitiva, Flow-Shop	Intermitente repetitiva, Flow-Shop
Montagem de Blocos, Sub-blocos e Seções	Projeto	Projeto	Intermitente repetitiva, Job-Shop / Flow-Shop	Intermitente repetitiva, Job-Shop / Flow-Shop
Edificação	Projeto	Projeto	Projeto	Projeto
Acabamento	Projeto	Projeto	Projeto	Projeto

Fonte: Adaptado de Pinto (2007).

De acordo com a Tabela 2 pode-se concluir baseado na Figura 2 que o acabamento e a edificação tendem sempre a um arranjo físico posicional, a montagem de blocos, sub-blocos e seções e a fabricação de painéis a partir de uma demanda média tendem a um arranjo físico entre celular e linear, a fabricação de partes a partir de uma demanda pequena já tende a uma configuração linear.

Todos os conceitos apresentados anteriormente acerca da construção naval dizem respeito a navios de grande porte. Para pequenas embarcações, os procesos guardam as mesmas características, no entanto, de maneira mais simplificada e podendo ser mais fortemente influenciada pelo nível de demanda. Dentro dessa sistemática surge o seguinte problema de pesquisa: qual a melhor estratégia de arranjo físico adotar na fabricação de lanchas metálicas a diferentes níveis de demanda? Em outras palavras, o presente artigo se propõe a analisar até que nível de demanda e em qual arranjo físico é mais viável produzir pequenas embarcações metálicas tendo a variável custo como parâmetro de comparação.

2) FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 - Arranjos Físicos

Askin (1993), Gaither e Frazier (2002), Groover (2000), Tompkins (2003) e Slack et al. (2009) classificam os diferentes tipos de arranjos físicos do seguinte modo: posicional ou de posição fixa, linear ou por produto, funcional ou por processo e celular.

No arranjo físico posicional, ou de posição fixa, não existe um fluxo do produto, que permanecerá fixo, mas de recursos em torno do que está sendo processado em si (pessoas, máquinas, equipamentos e ferramentas necessárias). O motivo para tal normalmente é devido ao formato, tamanho ou peso do produto, que também poderá
ser delicado o suficiente para se preferir adotar este arranjo estático.

Conforme Moreira (2008), a marca principal desse arranjo físico é a baixa produção. Com frequência, se pretende processar apenas uma unidade do produto, com características diferenciadas e baixo grau de padronização. Krajewski e Ritzman (1999) definem que esse tipo de layout geralmente é utilizado na montagem de aviões, navios, construção civil, geradores, turbinas, ou seja, quando o produto é particularmente volumoso ou difícil de locomover.

O arranjo físico celular é aquele em que os recursos transformados são préselecionados (ou se pré-selecionam a si próprios), para movimentar-se para uma parte específica da operação (ou célula) na qual todos os recursos transformadores necessários a atender suas necessidades imediatas de processamento já estão dispostos. (SLACK et al, 2009)

Caracteriza-se, então, por um só local com recursos distintos que poderão fabricar um produto inteiro ou parte do mesmo. No qual o material se deslocará pela célula,

com poucas movimentações e ainda pouco estoque em processamento. No arranjo celular, o tempo do ciclo para o sistema dita a taxa de produção para a célula.
Para Tompkins (2003) este modelo de configuração permite à empresa a flexibilidade de um arranjo físico por processo acompanhada da agilidade e simplicidade do layout por produto. Este arranjo físico ainda pode gerar um bom equilíbrio entre custo e flexibilidade para as operações com variedade relativamente alta, além de um atravessamento rápido (SLACK et al, 2009).

O layout linear ou por produto é orientado segundo a conveniência dos productos (recursos que estão sendo transformados). Neste tipo de layout não existem caminos alternativos, os postos de trabalho são organizados na seqüência determinada conforme a transformação a ser sofrida pelo produto. De acordo com Davis et al. (2001), o termo linha de produção ou montagem refere-se a uma montagem progressiva, ligada a algum tipo de dispositivo de manuseio de materiais, existindo
normalmente alguma forma de ditar o ritmo da transferência de materiais entre os processos.

Segundo Krajewski e Ritzman (1999), no layout linear, os materiais típicamente fluem diretamente de uma estação de trabalho para outra adjacente, proporcionando um volume de produção maior. Os recursos são arranjados ao longo da linha de produção. De acordo com Corrêa e Corrêa (2007), este tipo de processo é adequado para produções com características de alto volume realizadas por estações de trabalho conexas umas às outras.

Portanto, este arranjo físico se mostra ideal para organizações que possuem apenas um produto, ou produtos semelhantes (mix de baixa variedade) com um grande volume de produção. O tempo que o item gasta em cada estação ou lugar fixado é balanceado.

O arranjo físico linear proporciona baixos estoques em processos, pouca movimentação e um fluxo simples que pode ocupar espaços relativamente pequenos.

No entanto, caso ocorra parada em algum dos postos de trabalho, isso acarretará uma interrupção em toda a linha de produção.
Segundo Benjaafar (2002), o desafio desse layout é o balanceamento das operações e o correto agrupamento das atividades nas estações de trabalho, a fim de permitir uma maximização dos resultados e minimização dos gargalos com a aplicação dos recursos.

Segundo Slack et al. (2009) para se projetar um sistema produtivo com arranjo físico linear necessita-se de dois dados primordiais: o tempo de ciclo e o número de estágios para a linha de produção. O tempo de ciclo é o tempo que decorre entre a finalização de dois produtos e pode ser calculado de acordo com a seguinte equação:

$$\text{Tempo de Ciclo} = \frac{\text{Tempo disponível}}{\text{Quantidade a ser processada}} \qquad (1)$$

Já o número de estágios refere-se ao número de etapas, de estações de trabalho que são necessárias para a produção. Pode ser calculada com a seguinte equação:

$$\text{Número de estágios} = \frac{\text{Conteúdo total de trabalho}}{\text{Tempo de ciclo}} \qquad (2)$$

Os tipos básicos de arranjos físicos também possuem características que os diferem quanto aos custos fixos e variáveis (Figura 3), que podem influenciar na decisão de qual arranjo utilizar.

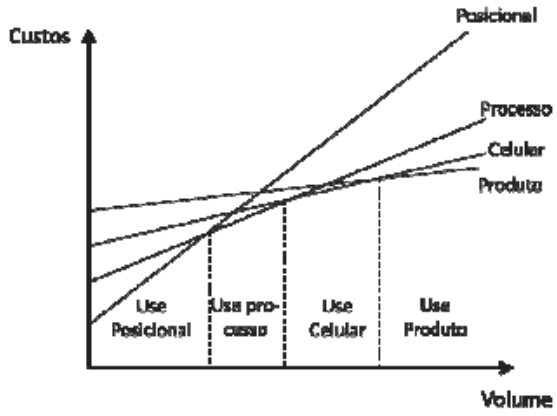


Figura 3: Relação entre o tipo de layout e seus custos.

Fonte: Slack et al (2009).

A exatidão do custo de operar um arranjo físico é dificultada pelos inúmeros fatores que influenciam na sua quantificação. Dessa forma, o mesmo autor sugere outro gráfico mais detalhado (Figura

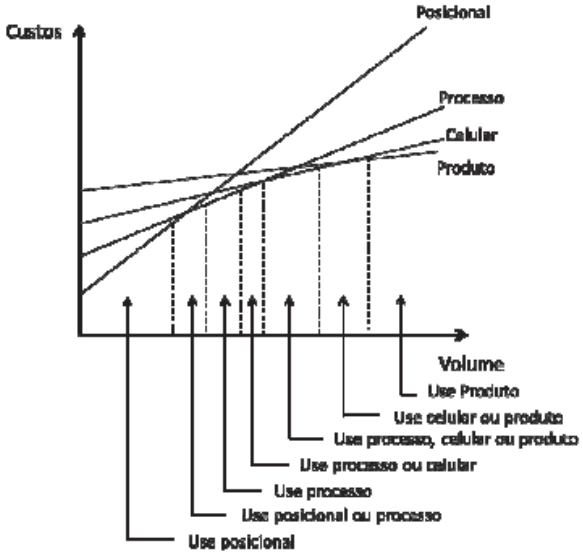


Figura 4: Relação entre o tipo de layout e seus custos detalhado.

Fonte: Slack et al. (2009).

Os limites de decisões dos diferentes tipos de arranjos físicos aparecem com menos clareza, pois se observam limites de volumes para até três tipos de arranjos físicos. Quanto maior a incerteza a respeito dos custos, mais largos são os limites dos custos e menos claras as escolhas.

2.2 - Construção naval de pequeno porte

A fabricação de lanchas metálicas guarda muita similaridade com a construção de grandes embarcações, no entanto, como a estrutura desses produtos é de menor complexidade, o processo global torna-se também simplificado. A Figura 5 ilustra os principais processos para a construção naval de pequeno porte:

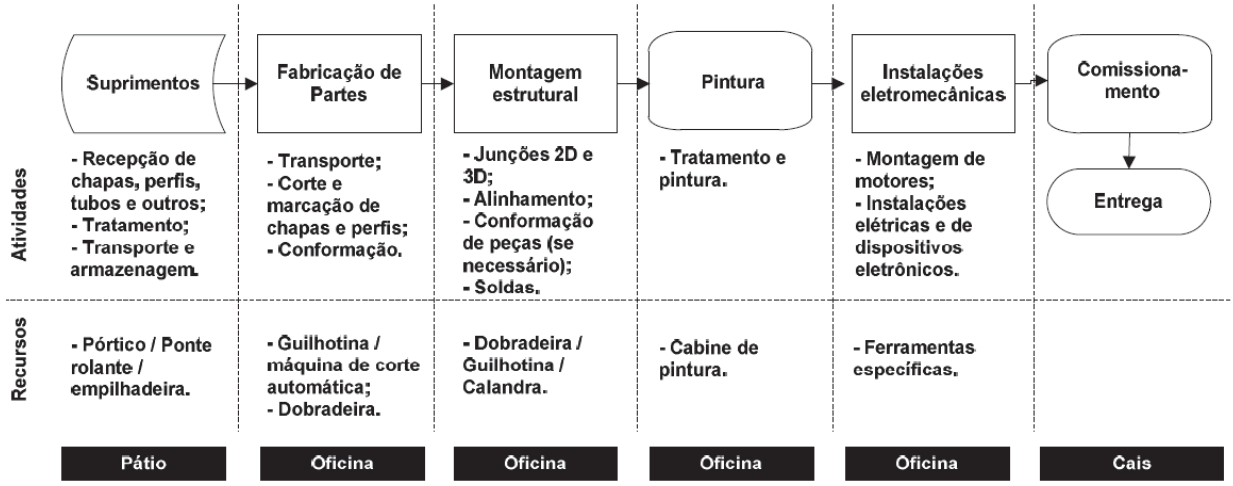


Figura 5: Processos de construção naval de pequeno porte.

Fonte: O autor.

Na recepção de suprimentos a principal característica que diferencia o pequeño porte é a quantidade de material. Por necessitar de peças menores, esse proceso necessitará de equipamentos de movimentação mais modestos e menor complexidade de movimentação dos materiais.

A fabricação de partes preserva as mesmas características técnicas para ambos os cenários. Em muitos casos, a etapa de conformação é passada para o processo de montagem estrutural pela inviabilidade de manter equipes dedicadas apenas à conformação ou mesmo pela possibilidade de acúmulo dessa atividade pela equipe de montagem.

O processo de montagem estrutural pode ser classificado como a junção dos processos de montagem da edificação, sub-blocos, blocos e seções, e fabricação de painéis para o cenário das pequenas embarcações visto que esses processos se confundem entre si não permitindo a separação deles. A dificuldade de

automatização das atividades inerentes a esses processos dificulta a separação dessa etapa ainda que para grandes demandas.

Para as embarcações de pequeno porte, a pintura é realizada depois da montagem devido à impossibilidade ou inviabilidade de se paralelizar este proceso com os anteriores.

O último processo antes do comissionamento é o referente às instalações eletromecânicas que se incumbem da montagem de sistemas elétricos, de governo, de comunicação, de propulsão, dentre outros.

Diante do exposto, pode-se concluir que, embora os processos sejam bastante similares, o segmento de pequenas embarcações é mais fortemente afetado com a variação do volume de produção visto que, por serem produtos de menor complexidade tecnológica, podem requerer diferentes níveis de demanda para justificar investimentos em tecnologia e aperfeiçoamento dos processos construtivos.

3) MÉTODO DE PESQUISA

O presente trabalho seguiu a metodologia de Chwif e Medina (2010) que contempla três fases: concepção, implementação e análise. Na concepção os sistemas reais foram delineados e coletados os dados das variáveis tempo, recursos materiais e recursos humanos necessários para cada etapa do processo produtivo. Todas esas informações foram transformadas na variável custo. Os dados foram coletados *in loco* em 3 sistemas de produção de lanchas do tipo escolar distintos, dois localizados em Natal-RN com produção posicional e celular e um localizado em Belém-PA com produção linear. Na fase de implementação os modelos conceituais foram convertidos em modelos computacionais através da ferramenta Rockwell Software Arena® 13.5 e em seguida validados. Na etapa de análise foram comparados os parámetros relevantes da simulação de uma produção anual de 960 embarcações para cada um dos arranjos físicos.

4) DESENVOLVIMENTO

A fabricação estrutural das lanchas abrange basicamente os processos de soldagem e conformação. Para o caso em estudo, a soldagem é do tipo MIG em uma estrutura fabricada em duralumínio naval ASTM liga 5052 H34 composto de chapas e perfis de variadas dimensões, espessuras e tipos.

A montagem da embarcação inicia-se com a fabricação do casco (Figura 6). Após a fabricação do casco é realizada a inspeção da solda do fundo para garantir a estanqueidade na união dos metais e a ausência de trincas no processo de soldagem.

A montagem da casaria (Figura 7) é um processo posterior que pode ser também realizado em paralelo ao casco e depois unido. A lancha fabricada está ilustrada na figura 8.

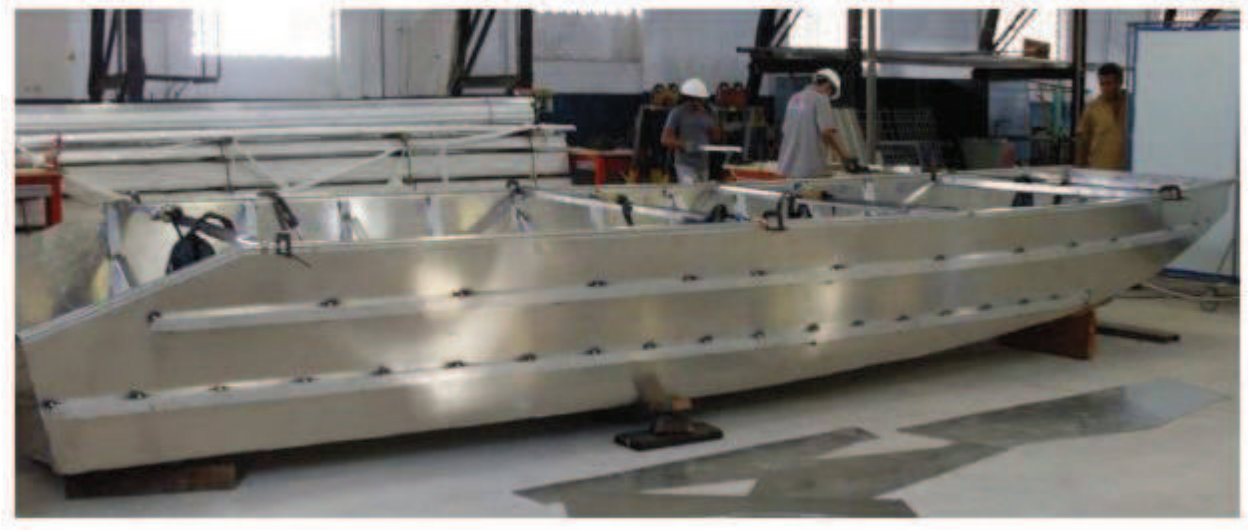


Figura 6: Casco.
Fonte: O autor.



Figura 7: Casaria



Figura 8: Lancha Escolar

Fonte: O autor ……Fonte: O autor

A produção em cada estratégia de arranjo físico possui suas peculiaridades para as etapas descritas anteriormente. No arranjo físico posicional uma mesma equipe com 2 soldadores e 2 caldeireiros fica dedicada à fabricação de uma lancha do início ao fim, acumulando também as funções de conformação das peças. Não existe movimentação do produto que está sendo fabricado e sim dos recursos de transformação.

O arranjo físico celular diferencia-se do anterior por ser disposto de modo que a fabricação do produto esteja dividida em células distintas com a finalidade de construção do casco (com 2 soldadores e 2 caldeireiros), casaria (com 2 soldadores e 2 caldeireiros) e conformação (com 2 caldeireiros). A célula de conformação tem a finalidade de alimentar os insumos dos outros dois processos. Após a finalização de cada processo, eles se integram e formam o produto final. A característica predominante desse arranjo é o de que em cada célula existem recursos distintos que podem fabricar um produto inteiro ou parte do mesmo. Além disso, a movimentação do produto é limitada e só ocorre entre células.

No arranjo linear, a produção é fragmentada em etapas (estágios) de fabricação sequenciais, de modo que os profissionais sejam separados em estações de trabalho em que cada um é pré-designado a realizar uma certa quantidade limitada de atividades. A característica principal desse processo é o fato de ser o produto que se movimenta entre as estações de trabalho enquanto os recursos ficam estáticos.

Para se dimensionar a quantidade de estações de trabalho utilizou-se as equações (1) e (2) com os seguintes parâmetros: um período de 240 dias úteis por ano com 8 horas diárias de trabalho cada e conteúdo total para cada lancha de 80 horas úteis. Para a determinação do tempo de ciclo tem-se os seguintes valores:

$$\text{Tempo de ciclo} = \frac{\text{Tempo disponível}}{\text{Quantidade a ser processada}} = \frac{1920 \text{ horas}}{960 \text{ lanchas}} = 2 \text{ horas}$$

Analogamente, para a fabricação anual de 480 lanchas tem-se o tempo de ciclo de 4 horas e para 240 um tempo de 8 horas. De posse desses dados, o próximo passo
é encontrar o número de estágios:

$$\text{Número de estações} = \frac{\text{Conteúdo de trabalho}}{\text{Tempo de ciclo}} = \frac{80 \text{ horas}}{2 \text{ horas}} = 40 \text{ estações}$$

Dessa forma, para a fabricação de 480 lanchas tem-se um total de 20 estações de trabalho e para 240 um total de 10 estações de trabalho. De posse desses dados, adequou-se a quantidade de atividades de cada estação ao seu tempo de ciclo e número de estações de trabalho para as linhas de fabricação de 240, 480 e 960 lanchas anuais.

Após a modelagem conceitual, os modelos foram implementados em plataforma computacional. Foram simuladas 1920 horas o que equivale a um ano de produção com 240 dias úteis, considerando-se 8 horas de expediente diário e uma meta de fabricação de 960 lanchas para cada tipo de arranjo físico.

Para o arranjo físico posicional, cada lancha foi fabricada em um tempo médio de 119,92 horas, o que significa 15 dias úteis de produção. A taxa de utilização dos recursos indicou que a partir das lanchas número 304 e 624 lancha, os equipamentos prensa dobradeira hidráulica e viradeira hidráulica tiveram que ser duplicados para a produção não ser afetada pela formação de filas. A fabricação de 960 lanchas em um ano demandou um total de 60 estações de trabalho simultâneas e 16 replicações do modelo de simulação.

No arranjo físico celular o tempo médio para fabricação de cada lancha foi de 79,98 horas, o que significa 10 dias úteis de produção. Como nesse arranjo utiliza-se uma equipe dedicada para a conformação das peças, não foi preciso duplicar os recursos para conformação pois a taxa de utilização dos recursos não atingiu 100%. A fabricação de 960 lanchas em um ano demandou um total de 40 estações de trabalho simultâneas para a construção de cascos e mais 6 estações para a construção de casarias, dessa forma, foram necessárias 24 replicações do modelo de simulação.

O arranjo físico linear apresentou um tempo médio para fabricação de cada lancha similar ao celular, de 79,82 horas, o que significa também 10 dias úteis de produção. A exemplo do arranjo celular, não foi necessário duplicar os recursos de conformação devido a utilização de uma equipe dedicada para esse fim. A fabricação das 960 lanchas foi atingida com a introdução de linhas de produção em etapas: para uma fabricação de até 240 lanchas uma linha com 10 estações de trabalho, para até 480 uma linha com 20 estações de trabalho e para 960 lanchas uma linha de produção com 40 estações de trabalho. Foram necessárias 24 replicações do modelo de simulação para atingir essas metas.

Os custos para os modelos foram calculados da seguinte forma: custo de investimento mais custo de mão-de-obra por lancha dividido pelo número de lanchas fabricadas. Foram considerados os custos com ferramentas de uso geral, para soldador e para caldeireiro, os custos com equipamentos de conformação e os custos relativos às áreas de fabricação. As equações 4, 5, 6 e 7 ilustram a memória de cálculo utilizada para os arranjos físicos posicional e celular:

Custo de investimento = (X*Fg) + (S*X*Fs) + (C*X*Fc) + (E) + (X*Ac*Ca) + (At) (3)

Custo de mão-de-obra = (Cc*X*C*Hc)+(Cs*X*S*Hs) (4)

Custo unitário por lancha = [(4) + (5)] / L (5)

Onde:

X = quantidade de estações de trabalho;

Fg = custo de ferramentas de uso geral para 1 estação;

Fs = custo unitário de ferramentas para soldador;

Fc = custo unitário de ferramentas para caldeireiro;

S = quantidade de soldadores por estação de trabalho;

C = quantidade de caldeireiros por estação de trabalho;

E = custo total dos equipamentos de conformação;

Ac = área necessária para a construção de uma lancha;

At = área total dos equipamentos de conformação;

Ca = preço unitário do metro quadrado de área;

Hc; Hs = total de horas de cada profissional por lancha;

Cc = custo unitário por hora de caldeireiro;

Cs = custo unitário por hora de soldador;

L = quantidade de lanchas fabricadas.

Para o arranjo físico linear, o cálculo do custo unitário é feito para os custos de toda a linha e não mais multiplicando-se quantidades de estações de trabalho:

Custo de investimento = (Fg') + (S'*Fs) + (C'*Fc) + (E) + (X*Ac*Ca) + (At) (6)

Custo de mão-de-obra = (C'*Hc'*Cc') + (S'*Hs*Cs') (7)

Custo unitário por lancha = [(7) + (8)] / L (8)

Onde:

X = quantidade de estações de trabalho;

Fg' = custo de ferramentas de uso geral para a linha de produção;

Fs = custo unitário de ferramentas para soldador;

Fc = custo unitário de ferramentas para caldeireiro;

S' = quantidade total de soldadores da linha de produção;

C' = quantidade total de caldeireiros da linha de produção;

E = custo total dos equipamentos de conformação;

Ac' = área necessária para a construção de uma lancha;

At = área total dos equipamentos de conformação;

Ca = preço unitário do metro quadrado de área;

Hc'; Hs' = total de horas de cada profissional por lancha;

Cc' = custo unitário por hora de caldeireiro;

Cs' = custo unitário por hora de soldador;

L = quantidade de lanchas fabricadas.

Após a análise dos dados e da metodologia de cálculo para os custos unitários, identificou-se que, apesar de os dados variarem de um arranjo físico para o outro, o parâmetro com variações mais significativas entre os arranjos e com maior probabilidade de ter oscilações com elevado grau de incerteza é o custo por metro quadrado do imóvel. Devido a esse fato, optou-se por realizar uma análise de sensibilidade para essa variável para estudar o comportamento do sistema frente a mudanças com os seguintes valores: R$ 100,00, R$ 400,00, R$ 500,00, R$ 600,00, R$ 1.000,00. Partindo-se do valor de R$ 500,00, estipulou-se cenários de pequeñas variações nesse custo (no caso de R$ 400,00 e R$ 600,00) como também no caso de variações mais significativas (R$ 100,00 e R$ 1.000,00). Um tratamento financeiro foi realizado para esses dados de modo que eles reflitam o custo anual por metro quadrado.

De posse dos dados atualizados de custo, a análise foi realizada. Os Gráficos 1, 2, 3, 4 e 5 apresentam os resultados para essa etapa. O eixo das ordenadas refere-se à variável custo unitário relativo e o eixo das abscissas refere-se ao volume de lanchas fabricadas. Como foram realizadas 16 replicações para o arranjo físico posicional e 24 para os demais, optou-se por utilizar o mínimo múltiplo comum (MMC) de 16 e 24 que é 48, como valor inicial da análise e para facilitar as comparações do ponto de vista temporal da fabricação. A escolha dos valores múltiplos de 48 também foi utilizada para reduzir a grande quantidade de valores do gráfico.

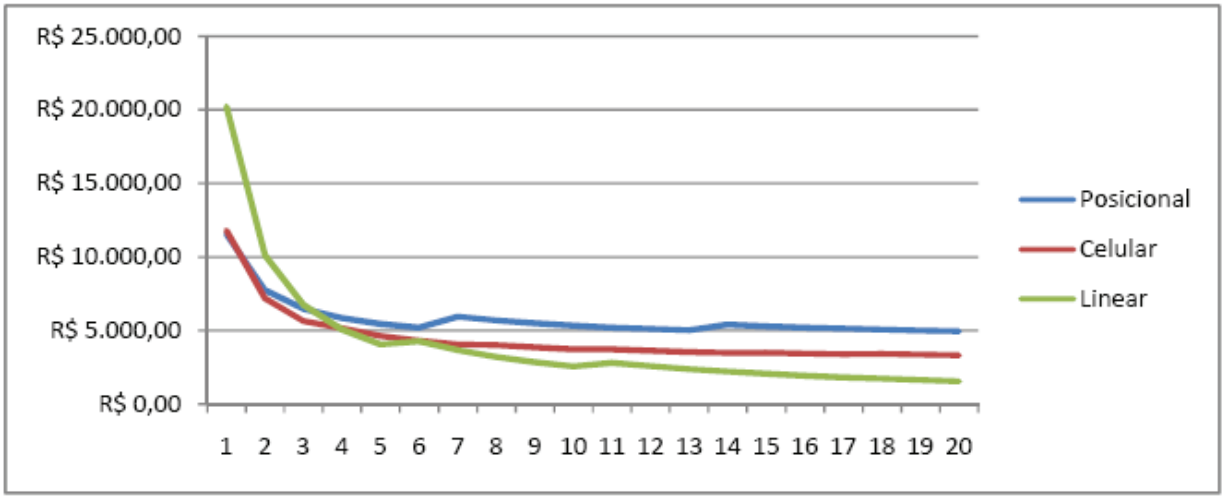


Gráfico 1: Análise ao custo de R$ 100,00 por metro quadrado. Fonte: O autor.

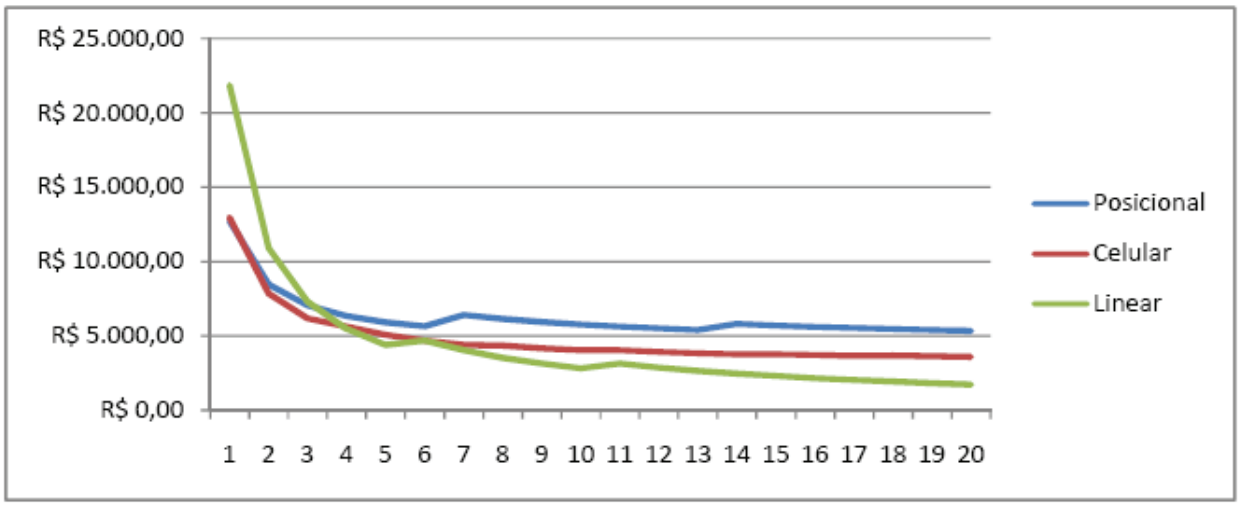


Gráfico 2: Análise ao custo de R$ 400,00 por metro quadrado.

Fonte: O autor.

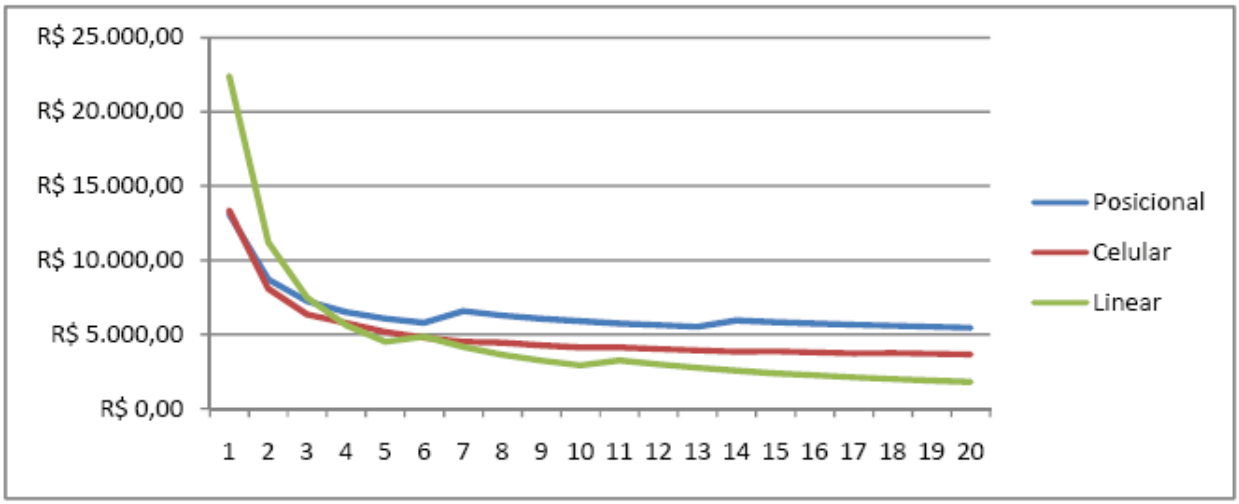


Gráfico 3: Análise ao custo de R$ 500,00 por metro quadrado.

Fonte: O autor.

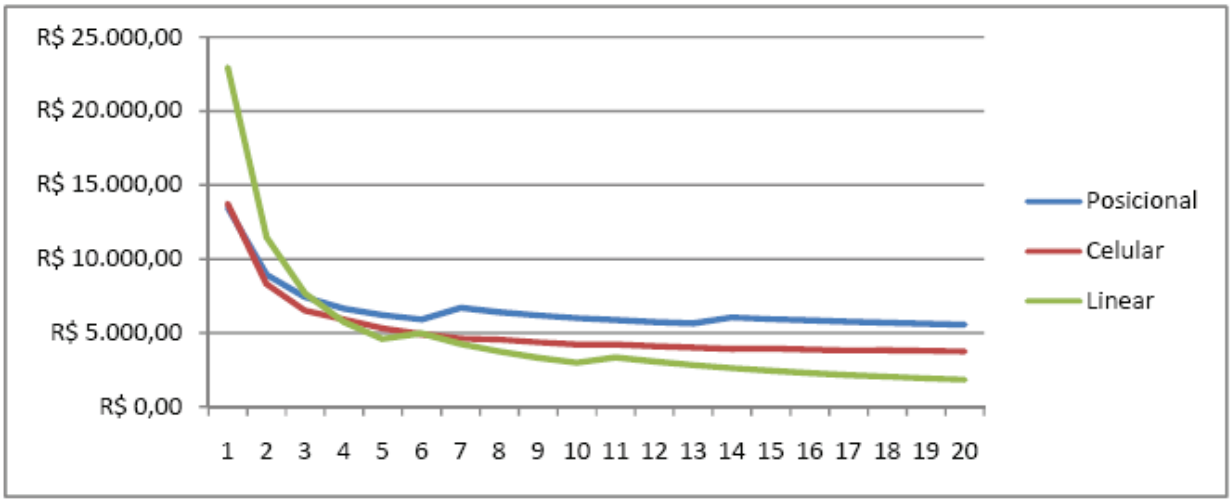


Gráfico 4: Análise ao custo de R$ 600,00 por metro quadrado.

Fonte: O autor.

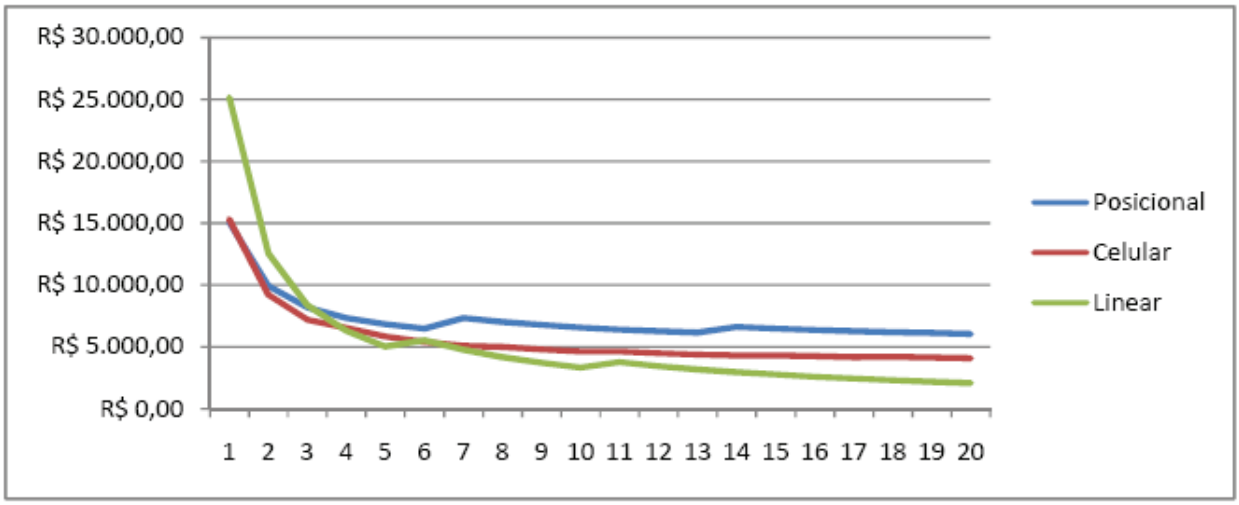


Gráfico 5: Análise ao custo de R$ 1.000,00 por metro quadrado.

Fonte: O autor.

Como verificado através dos gráficos, mesmo após a análise de sensibilidade com os valores relativos às áreas de fabricação, o gráfico preserva sua tendência e não se altera significativamente.

Foram observados alguns períodos de transição marcados pela alternância entre a maior viabilidade em se adotar um ou outro arranjo. Esses períodos são marcados principalmente pelo aumento abrupto nos custos fixos de um arranjo em detrimento

do outro próximo às regiões em que as curvas se encontram decorrente da necessidade de entrada de uma linha de produção maior, por exemplo, e em decorrência disso, maiores custos fixos iniciais.

Para a relação entre os arranjos posicional e celular, o gráfico apresenta uma zona de transição a partir da lancha 65 até a de número 80. A partir da lancha de número 81 se torna numericamente mais vantajoso a produção no arranjo celular em detrimento ao posicional.

Para a relação posicional e linear para todos os cenários observa-se a vantagem financeira em se adotar o primeiro layout até a lancha de número 144. A partir da 145 torna-se mais vantojoso o segundo.

A relação entre os arranjos celular e linear possui diferentes marcos. Para o valor de R$ 100, a partir da lancha 169 até a lancha 264 o processo está em período de transição. Para o restante dos valores por metro quadrado, o arranjo linear começa a ser mais vantajoso a partir da lancha 289, ou seja, nos demais casos o período de transição é do número 169 ao 288.

5) CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A partir dos resultados alcançados neste trabalho algumas conclusões se mostraram pertinentes. A análise dos 3 cenários de fabricação comprova o que a literatura já preconiza de modo geral: para pequenas demandas, opta-se por um arranjo físico posicional e à medida que a demanda vai aumentando, prefere-se o arranjo físico linear. Dentro dessa sistemática, o presente trabalho apresenta subsídios que permitem definir para o segmento da construção da lanchas metálicas o que já estava definido por Pinto (2007) para as embarcações de grande porte. A definição de nível de demanda e a indicação de qual arranjo físico adotar em cada situação. A Tabela 3 sintetiza os principais resultados da pesquisa.

Nível de demanda	Definição	Arranjo físico
Pequena	Até 80 embarcações em um intervalo de 12 meses	Posicional
Média	Entre 81 e 264 embarcações em um intervalo de 12 meses	Celular
Grande	Mais de 265 embarcações em um intervalo de 12 meses	Linear

Tabela 3: Níveis de demanda e arranjos físicos recomendados

Fonte: O autor.

Vale ressaltar que a Tabela 3 não é conclusiva por si só. Alguns fatores merecem ser citados para demonstrar a relevância de cada arranjo físico.

O arranjo físico posicional é indicado para baixos volumes de produção pois requer um menor investimento inicial em mão-de-obra e equipamentos, porém, necessita-se de um maior tempo de fabricação por unidade.

O arranjo celular está numa condição intermediária entre o posicional e o linear tanto na necessidade de investimentos iniciais para a fabricação como na eficiencia produtiva global.

O arranjo linear embora seja indicado para grandes demandas, não é robusto a paradas ou quebra de máquinas, devendo-se dessa forma levar esse fator em consideração antes de se escolher essa configuração. Esse arranjo físico produziu possui vantagens frente aos outros pois necessita de um menor espaço físico para a fabricação e garante uma maior especialização dos operadores devido à maior repetição das atividades. Como o processo é mais fragmentado, apenas algunas estações de trabalho necessitarão de certas ferramentas e equipamentos, o que para os outros arranjos não se pode verificar, pois, trabalha-se com equipes independentes e dedicadas à total fabricação do produto.

De posse dos resultados do trabalho e considerando-se as nuances do segmento do estudo, vale ressaltar que, segundo Slack et al (2009), embora a avaliação

quantitativa seja de grande relevância, os limites de decisões dos diferentes tipos de arranjos físicos em algumas situações aparecem com menos clareza, pois se observam limites de volumes para até três tipos de arranjos físicos. Os períodos de transição entre algumas alternativas de arranjo físico no presente trabalho são um exemplo disso. Slack et al (2009) reforça que em alguns casos a decisão final não pode basear-se apenas em custo. Não pode ser determinística nem pontual.

Dessa forma, a direção final sobre qual arranjo físico escolher é influenciada tanto pelos custos quanto pela análise das vantagens e desvantagens de cada um frente aos objetivos de desempenho estratégicos da empresa.

Referências Bibliográficas

ASKIN, R. G. Modeling and analysis of manufacturing systems. New Jersey: John Wiley & Sons, 1993.

BENJAAFAR, S. Modeling and Analysis of Congestion in the Design of Facility Layouts. Management Science, Institute of Managements Sciences, v. 48, n. 5, p. 679-704, May 2002.

CHWIF, L.; MEDINA, A. C. Modelagem e simulação de eventos discretos: teoria e aplicações. 3. ed. São Paulo: Ed. dos Autores, 2010.

CORRÊA, Henrique L.; CORRÊA, Carlos A. Administração de Produção e Operações: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

DAVIS, M. et al. Fundamentos da administração da produção. 3. Ed. Porto Alegre: Editora Bookman, 2001.

GAITHER, N.; FRAZIER, G. Administração da Produção e Operações. 8. ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2002.

GROOVER, M. P. Automation, Production Systems, and Computer Integrated Manufacturing. New Jersey: Prentice-Hall, 2000

HAX, A. C.; CANDEA, D. Production and inventory management, Englewood Cliff: Prentice-Hall, 1984.

KRAJESWSKI, L. J.; RITZMAN, L. P. Operations Management: Strategy Analysis. 5 ed. Addison-Wesley Longman, Inc, 1999.

LAMB, T. Engineering for Ship Production. Michigan: University of Michigan, 1986.

MOREIRA, D. A. Administração da Produção e Operações. 2. Ed. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

PINTO, M. et al. Planejamento, Programação e Controle da Produção e Estoques na Construção Naval. São Paulo: CEGN, 2007.

SILVA, C. T., Simulação de Processos Industriais como ferramenta de apoio à Gestão de Estaleiros. COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 2010

SLACK, N. et al. Administração da Produção. São Paulo: Atlas, 2009.

SOUZA, C. M. de. Técnicas Avançadas em Planejamento e Controle da Construção Naval. Tese de Doutorado em Engenharia Naval e Oceânica. Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2009.

TOMPKINS, J. A. et. al. Facilities Planning. Massachusetts: John Willey & Sons Inc, 2003.

Innovación en la construcción de patrulleras de apoyo fluvial para la Armada Nacional de Colombia

Mayra Alejandra Ovalle Fonseca
Carrera 11 No. 27A-24 Sur – 302 - Bogotá D.C, Colombia
+57 3175134118
maovallef@gmail.com

Palabras Clave: Innovación, Construcción Naval Fluvial, Patrullera de Apoyo Fluvial (PAF), Normas ABS (American Bureau of Shipping), Maxsurf

RESUMEN

Parte de los problemas de seguridad que presenta un país como Colombia se deben a la escasa presencia del estado y las fuerzas militares en lugares apartados de su geografía, muchos de estos lugares son de difícil acceso debido a la falta de vías terrestres. El gobierno Nacional ha estado comprometido con el plan de recuperación de la navegación y la seguridad en el corredor fluvial del país pues es consciente que al no contar con una red de carreteras los ríos se han convertido en la única vía de acceso a muchos lugares del territorio, lo que obliga a contar con suficientes unidades fluviales con capacidad operativa y de combate óptimas.
Un ejemplo de esta situación una zona del oriente del país, en respuesta a esta situación, la Armada Nacional desde la Dirección de Ingeniería Naval, decidió emprender el proyecto de construcción de una nodriza con la capacidad operativa y de combate adecuada para resguardar la zona.

En las primeras etapas del proyecto se decidió que el diseño de la patrullera fuese un trabajo conjunto entre el astillero y el área de diseño de la División de Tecnología Naval. El proceso de diseño incluyó una primera fase de análisis de requerimientos iniciales y diseño conceptual, para luego trabajar en diseño del casco, la superestructura y el diseño del arreglo estructural del buque.

Las normas ABS fueron usadas como base para el diseño estructural y complementario para la totalidad del buque, usando herramientas informáticas para modelación geométrica en Rhinoceros y software especializado en ingeniería naval Maxsurf y NavCad, lo que representó un acierto de 98% en las predicciones de desempeño.

La construcción de la Patrullera significó un reto aún mayor dado las condiciones industriales precarias de la zona, lo que ha implicado un completo desarrollo de técnicas y logísticas para un Astillero móvil y en concordancia ambiental con la selva Colombiana.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo del proyecto que se describirá en el presente artículo, fue un ejercicio de mutua colaboración y articulación de tres entes principales: Estado, desde la Armada Nacional y su apuesta al diseño y construcción de un buque hecho con ingeniería propia junto con la experiencia de sus ingenieros navales. Academia, con el apoyo de estudiantes de la Universidad Nacional de Colombia así como los conocimientos sus docentes, y la empresa privada, a través del Astillero Naval JOL S.A aportando su experiencia en construcción de buques y con el apoyo del personal del departamento de ingeniería en las múltiples áreas de construcción de embarcaciones fluviales como diseño de producto, ingeniería mecánica, ingeniería ambiental, ingeniería eléctrica, entre otros.

Un ejercicio como el propuesto anteriormente no había sido implementado por la Armada en ninguno de sus procesos de contratación e implicaba un alto nivel de compromiso por parte de estos tres entes que se mencionan ya que tanto en la etapa de diseño como en la etapa de construcción se evidencia la necesidad de la ingeniería concurrente, la cercana colaboración y el apoyo de todos los participantes.

La formación en ingeniería Naval en Colombia en la actualidad está proyectada hacia una población profesional muy pequeña y en un sector geográfico muy

específico, lo cual hace que este tipo de alianzas sean eficaces y contribuyan al desarrollo del país.

1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

El buque ARC Inírida, es una patrullera liviana de apoyo fluvial destinada a ejercer soberanía sobre casi 1650 km de la zona oriental del país que incluye los ríos Vichada, Inírida, Orinoco, Guaviare y Atabapo. Esta patrullera tiene como misión velar por la seguridad del corredor fluvial de amenazas de grupos al margen de la ley y de tráfico de narcóticos, mercancía y combustible además de esto también presta servicio de remolque en caso que otros buques presenten problemas operativos o se requieran operaciones logísticas de transporte de insumos, materiales, municiones, vehículos, alimentos, contingentes armados, etc.

Las principales características del buque se describen a continuación:

Dimensiones

Eslora:	30 [m] (98.42 ft)
Manga:	6 [m] (19.6 ft)
Puntal:	2 [m] (6.56ft)
Calado Máximo:	1 [m] (3.28ft)
Desplazamiento a plena carga:	138.68 [ton]

Capacidad en tanques

Combustible Diesel	6760,00 [gal]
Agua Potable	1700,00 [gal]
Gasolina	1750,00 [gal]

Personal

Tripulación Buque	02 - 06 - 04 – 01 (oficiales, suboficiales, infantes de marina profesiones, profesionales adscritos)
Apoyo	Elemento Combate Fluvial (Unidad de asalto compuesta por 4 lanchas rápidas artilladas y tripuladas por 6 plazas

Alojamiento de personal diferente a la tripulación	12 personas

Equipos principales

Propulsores : 2 x Caterpillar C9 ACERT

Generadores: 2 x Caterpillar-Olympian GEP 44-7.

Equipos auxiliares

Planta potabilizadora:	0,4 [l/s] de producción de agua potable
Planta de aguas residuales residuales	250 [gal/día] de tratamiento de aguas

Otras características

Capacidad de Remolque hasta 300 ton

Lamina de protección exterior

Capacidad de ataque con saeteras, dos máscaras (M60) y dos casamatas (. 50)

Velocidad Aguas profundas:	11 nudos
Autonomía:	5 [días]
Alcance @ 11 nudos:	2400 [km]
Jurisdicción Fluvial	1613 [km] (1130 [km] en verano)

El proceso de diseño y construcción de este buque fue una tarea de mutua colaboración entre la Armada Nacional, el Astillero JOL S.A y estudiantes de la Universidad Nacional.

Durante el proceso de diseño se desarrolló el diseño conceptual y detallado de acuerdo a los requerimientos de comando, control, comunicaciones, inteligencia e información planteados por la Armada Nacional de Colombia, este procedimiento se realizó siguiendo normatividades internacionales de diseño estructural de buques de rio, así como reglas de instalación eléctrica, hidrosanitaria, entre otras. La etapa de construcción fue llevada a cabo directamente en el sitio de jurisdicción de la patrullera, en el departamento del Guainía al oriente de Colombia, específicamente en Puerto Inírida.

1.2 Antecedentes

Colombia cuenta con 24.725 km de extensión fluvial, además de grandes áreas de selva espesa y de difícil acceso, esta situación ha sido aprovechada por organizaciones narcoterroristas quienes ven en estos territorios sinónimo de refugio para así poder cometer actos fuera de la ley sin ser vistos ni atrapados, sin dejar de lado el gran beneficio logístico que trae para ellos tener el dominio de los ríos para utilizarlos como medio de transporte y coordinación de sus variadas operaciones.

Ante este escenario las fuerzas militares se han visto obligadas a hacer presencia en estos lugares para así contrarrestar las actividades ilícitas que se puedan presentar sobre las afluentes, sin embargo, muchas de las unidades fluviales con las que cuenta el Estado Colombiano no se encuentran en condiciones favorables de operación o de combate frente a los desafíos que la guerra asimétrica fluvial plantea actualmente.

En respuesta a este nuevo inconveniente, La Armada Nacional de Colombia mediante la Jefatura de Material Naval decidió modernizar las unidades a flote que patrullan los diferentes corredores fluviales del país y así aumentar su vida útil mejorando su capacidad de combate y operatividad a un mínimo de 15 años, a la vez que le asignó nuevas capacidades logísticas y de inteligencia, la patrullera fluvial ARC Inírida hizo parte de este proyecto.

2. FASE DE DISEÑO

Durante la etapa de diseño conceptual se realizó un trabajo iterativo de búsqueda del mejor casco y dimensiones del buque, teniendo en cuenta la misión para la cual está destinado, ya que el requerimiento dado por la Armada Nacional de Colombia era que el buque fuese capaz de cumplir las funciones de patrullaje y también de remolcador. Así mismo se realizaron varias propuestas acerca de la distribución interna de espacios dentro de la patrullera, como resultado se llegó a las siguientes dimensiones:

L (eslora): 30m

B (manga): 6 m

D (puntal): 2 m

La distribución interna se desarrolló teniendo en cuenta las necesidades operativas y con la ayuda de Rhinoceros® se modelaron en 3D las superficies del casco así como los espacios internos y accesorios del buque lo que significó una gran ayuda en el tema logístico de la construcción del buque ya que mediante la modelación en 3D fue más sencillo entender ciertas formas orgánicas y distribución de espacios en tres dimensiones que en ocasiones no son fáciles de expresar a través de planos. Algunas imágenes del modelamiento del buque se muestran en las figuras 1 y 2.

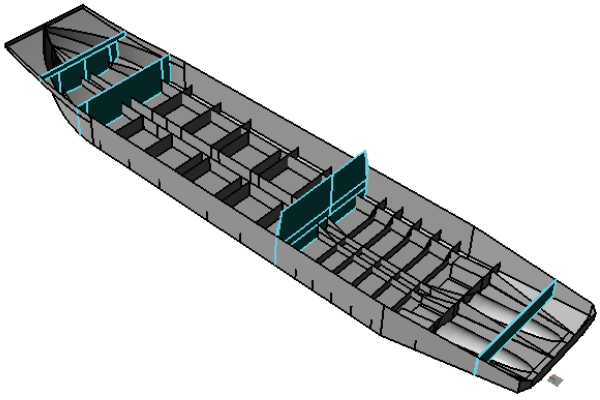


Figura 1: Tanques y mamparos estructurales

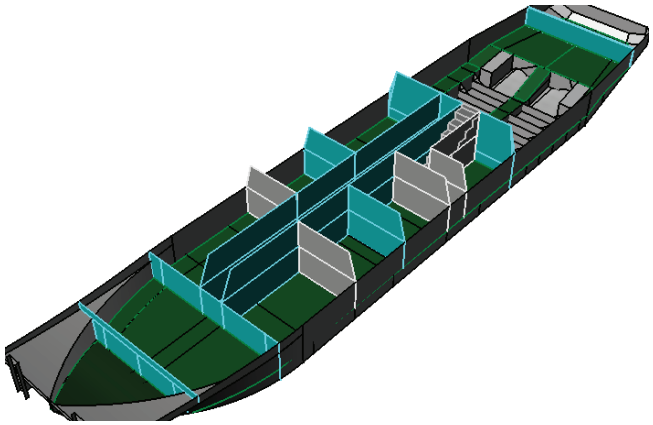


Figura 2: Distribución de la Cubierta 200

El diseño de cada uno de los elementos estructurales del buque fue evaluado y modificado de acuerdo con las normas ABS (American Bureau of Shipping) Steel Vessels for Service on Rivers and Intracoastal Waterways - 2007 del capítulo de

remolcadores (parte 2, capitulo 2, sección 4: “Towboats”), así como los cierres estructurales del buque (escotillas, puertas y huecos de hombre) fueron diseñados según parámetros de ASTM. Se calculó el peso en rosca del buque clasificando los diferentes pesos según los grupos constructivos de SWBS (Ship Work Breakdown Structure) y se estimaron diferentes condiciones de carga (condición mínima operativa, media carga de combustible y plena carga), lo cual se llevó a cabo con la colaboración del astillero constructor en cuanto a la consolidación de la información acerca de los materiales y equipos previstos para ser instalados.

Con el diseño y los cálculos descritos anteriormente, se procedió a la evaluación y cálculo del mismo, esta evaluación se realizó por medio de software especializado en ingeniería naval. Con la ayuda de Maxsurf, se realizaron cálculos de parámetros hidrostáticos (curvas de carena derecha), estabilidad (curvas de brazos adrizantes, curvas cruzadas de estabilidad KN y curvas de KG máximo), equilibrio y análisis de longitudes inundables. Por otra parte se llevó a cabo el análisis de propulsión del buque por medio de NavCad, evaluando la resistencia al avance, características de la propela, potencia instalada, entre otras.

De otro lado los parámetros de diseño fueron validados y ajustados en un canal de experiencias hidrodinámicas de la Escuela Naval de Oficiales Almirante Padilla, lugar de formación de los Oficiales Navales de la Armada Nacional de Colombia

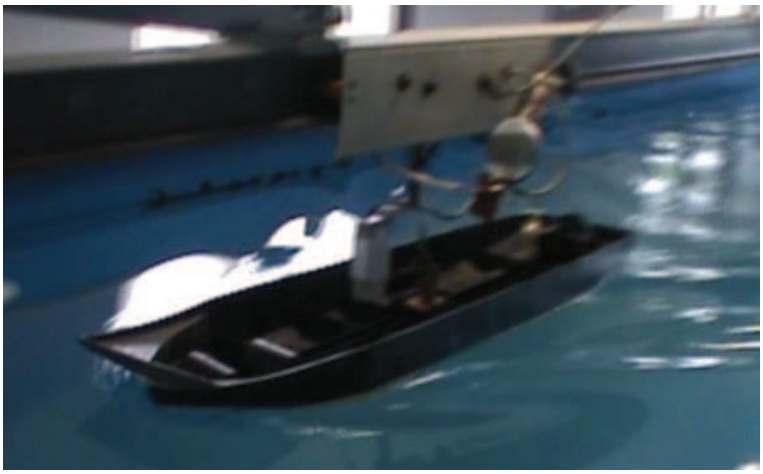


Figura 3: Pruebas en canal de pruebas hidrodinámicas

El buque contó con un diseño de instalaciones eléctricas según IEEE 45 (Recommended Practice for Electrical Installation on Shipboard), sistema HVAC, contraincendio, sistema de achique, sistema de gobierno, control electrónico de la propulsión e instalaciones hidrosanitarias las cuales incluyeron planta de tratamiento de agua residual PTAR con capacidad de tratamiento de 250 gal/dia que cumple con International Maritime Organization (IMO) Marine Environmental Protection Committee (MEPC) Annex IV Regulation 3(1)(a)(i) of Marpol 73/78 y le permite al buque transitar responsablemente en aguas fronterizas o atracar en puertos de países vecinos con toda tranquilidad del cuidado medioambiental y una planta de tratamiento de agua potable PTAP con capacidad de producción de 0,4 l/s, estas plantas cumplen con lo establecido en el decreto 475 de 1998 del ministerio de salud pública.

3. FASE DE CONSTRUCCIÓN

La ejecución de este proyecto significó un gran reto logístico y tecnológico para la empresa encargada de llevarlo a cabo, la situación geográfica del lugar en donde debía ser construido además de los posibles problemas de orden público que se podían presentar hicieron que incluso se pensara en desistir de la idea ya que era muy arriesgada y muchos sectores se mostraron escépticos hacia la posibilidad de llevarlo a cabo.

Además de las condiciones anteriormente expuestas, otro de los inconvenientes que se presentaban era un presupuesto limitado y no extensible que ante las grandes retos de carácter tecnológico requeridos por el proyecto para cumplir con las expectativas de la Armada Nacional de Colombia, dentro de las cuales se encontraban el cumplimiento de normas de diseño y de preservación ambiental no exigidas en anteriores modernizaciones, no se podían contemplar retrasos.

Como se dijo en apartados anteriores la estructura del buque fue diseñada de acuerdo a lo exigido por las normas ABS, y se logró realizar una modularización básica que agilizó el proceso constructivo y permitió, contrario a lo esperado, la instalación temprana de varios de los sistemas auxiliares.

Debido a la funcionalidad exigida para el buque y los diversos servicios que debía tener, se optó por un sistema de construcción de tipo mixto [3], en donde se utilizó el sistema longitudinal en el fondo y doblefondo y sistema transversal en las cubiertas superiores.

3.1 Lugar de ejecución de obra

El proyecto fue ejecutado en el oriente de Colombia en la ciudad de Puerto Inírida, capital del departamento del Guainía; este territorio está caracterizado por ser una zona selvática de extrema densidad y difícil acceso. Actualmente las únicas formas de ingresar a esta ciudad son por vía aérea teniendo en cuenta que solo hay una aerolínea que realiza vuelos a esta ciudad o por vía fluvial bajo la condición de exposición a difíciles situaciones de seguridad. La figura 4 muestra un mapa de ubicación de puerto Inírida en el mapa de Colombia.

El Astillero James Osorio León construyó un campamento de obra en una de las orillas del rio Inírida, allí instalo un hangar para la construcción de la patrullera así como los demás espacios de logística del campamento, entiéndase como oficinas, lugares de capacitación, disposición de residuos, almacén y servicios generales. Es de destacarse las condiciones ambientales de alta humedad fueron superadas para ejecutar correctas aplicaciones de soldadura y recubrimientos de tal suerte que en ocasiones se registraron atrasos por esta circunstancia.



Figura 4: Ubicación de Puerto Inírida, Guainía



Figura 4: lugar de campamento de obra.

La figura 5 muestra una foto aérea del lugar de ubicación de dicho campamento. Las figuras 6, 7 y 7 muestran las fotos del campamento de obra.



Figura 5. Hangar de construcción de obra

Otro aspecto no convencional de la locación de construcción fue la continua convivencia con colonias de murciélagos y una especie de avispas propias de la región de gran tamaño y actitud agresiva, estas especies encontraban en las locaciones y almacén así como en los espacios del buque que se iban generando al ritmo de avance de la construcción sitios cálidos, de refugio y propicios para establecerse.



Figura 6. Almacén de campamento de obra

De otra parte la intensa pluviosidad de la región hace que sea más lenta la actividad constructiva y logística es de anotar que el sitio de construcción se encontraba a mas de 15 minutos del límite urbano.



Figura 7. Separación de residuos

3.2 Proceso constructivo

La primera fase de construcción del buque, se centró en el arreglo estructural y su integridad, la nave fue construida en acero ASTM A36, el acero de los perfiles del arreglo estructural fue ASTM A500 grado C. Las dimensiones de los perfiles y los espesores de las láminas instaladas en el buque fueron calculados de manera que cumplieran con las normas ABS de construcción naval para embarcaciones fluviales.

El proceso constructivo inicio con el fondo y doble fondo del casco, en donde se aprovechó el espacio para la ubicación de tanques de combustible y agua, así mismo el espacio de la quilla cajón fue aprovechado para la instalación de redes hidráulicas. Este espacio se construyó bajo un esquema principalmente longitudinal. Con las instalaciones terminadas, se inició con el cerramiento mediante y algunos de los huecos de hombre y escotillas principales, con las cubiertas terminadas se procedió a la instalación de mamparos estructurales y puertas estancas.

Una vez cerrado el buque por la cubierta principal se procedió a la construcción de la superestructura y a su división con mamparos no estructurales. Esta etapa de la construcción se puede apreciar en la figura 8.



Figura 8. Etapa de construcción estructural completada

Teniendo instalada la estructura principal y la subdivisión interna del buque, se dio paso a trabajos pintura, instalación de equipos auxiliares, instalaciones eléctricas y acabados en muros y cielo raso, instalación de muebles, equipos de mando y vigilancia, vidrios, armamento entre otros.

Un aspecto determinante es la construcción de embarcaciones es la botadura de la misma, para este proyecto en particular fueron adquiridos a una compañía china

sistemas de cilindros inflables (ship launching systems) para llevar la patrullera desde el punto donde se construyó hasta el cuerpo de agua del río Inírida, sin embargo éstos no llegaron a tiempo para la maniobra; en este punto se debe aclarar que la legislación ambiental colombiana no permitía en ninguna locación cercana la construcción de un dique. Para subsanar esta situación se recurrió a las bondades de la naturaleza circundante y aprovechando las propiedades oleosas de un bejuco abundante en la zona el buque fue llevado al agua, las figura 9 se muestra un momento de esta maniobra.



Figura 9. Etapa de construcción estructural completada

3.3 Logística

Debido a que el sitio en donde está ubicada la obra es un lugar apartado del país, el manejo de información de coordinación de estructura, instalaciones y acabados en cuanto a la entrega de información desde el departamento de diseño del astillero así como el transporte del material fue un tema de bastante cuidado y atención.

La entrega de información de diseño incluyendo diseño conceptual y detallado se realizó mediante visitas al sitio y mediante la creación de un web site privado para intercambio de información entre los entes interesados en el proyecto, esta

información incluía algunos planos generales y otros de detalles, pero además incluía muchos de los modelos 3D de los que se habló en la fase de diseño.

Así mismo, el director de obra del proyecto además de estar en continua comunicación con el departamento de diseño del astillero, debía entregar periódicamente un informe técnico acompañado de un registro fotográfico del estado de avance de la obra y así poder facilitar una evaluación técnica de la ejecución del proyecto; estos informes de avance de obra, incluían también cronogramas de seguimientos fueron igualmente compartidos a través del website.

De acuerdo con el cálculo de cantidades de obra, se procedió a la compra de material.

Otro de los retos logísticos y económicos que represento el proyecto fue el transporte del material debido a la localización del proyecto. Para enfrentar esta situación se recurrió a la optimización de recursos usando el menor número de viajes posible y a el ajuste de cantidades de obra y revisión continua de cambios, en algunos casos se usaron medios de transporte fluvial y en otros medios de transporte aéreo. En general el uso del medio aéreo para los materiales que debían ser entregados a la obra con la mayor premura, por otra parte el medio fluvial se usó para materiales que podían dar cierto nivel de espera. A nivel de costo fue muy difícil establecer su naturaleza completa y aunque se contaba con amplia experiencia logística al final las utilidades del proyecto fueron menores a las calculadas inicialmente.

3.4 Pruebas de desempeño

Al terminar luego de 18 meses el buque fue sometido a rigurosas pruebas por parte de la Armada Nacional de Colombia, todas ellas cumplieron los con las expectativas esperadas y coincidieron con los estudios previos realizados en los software de diseño naval, estas pruebas pueden agruparse en cuatro grupos principales así:

- Pruebas de velocidad máxima
- Pruebas de habilidad de maniobra en círculo evolutivo y táctico

- Pruebas de parada de colisión y reacción de ataque y defensa
- Pruebas de remolque en tiro y empuje

3.5 Resultado final

El saldo luego de año y medio de trabajos es un buque militar de patrullaje con excelentes condiciones para operación y reacción bélica, de capacidades de nodriza logística con la posibilidad de distribución de munición agua y alimentos a las unidades de control e interdicción fluvial, trasporte de tropas, insumos y materiales y con habilidades de comando, comunicación e inteligencia, además de seguridad, protección y comodidad habitacional para la tripulación.



Figura 9. Habitabilidad de la tripulación



Figura 10. Servicios del buque – cocina



Figura 11. Cuarto de máquinas



Figura 12. Buque en operación

3.6 Impacto social y económico

La puesta en marcha de este proyecto trajo grandes beneficios para la población de la región, ya que significó una fuente importante de desarrollo para todos los sectores que intervienen en la ejecución del mismo, entre los que se encuentra el sector del transporte, inmobiliario, hotelero, de restaurantes, suministros servicios misceláneos y en general todos los involucrados de cada una de las etapas de la construcción del buque, el Astillero Naval JOL s.a. es un astillero móvil, traslada la gran mayoría de su infraestructura y personal a las locaciones de obra, debido a que sobre los ríos principales y sus afluentes objeto de trabajo no se cuenta con un nivel mínimo industrial.

La obra aportó alrededor de 150 empleos directos dentro de las que se contaron soldadores, armadores, pintores, ayudantes, agentes administrativos, logísticos de transporte, financieros y servicios varios etc. de estas 50 personas nativas de la región fueron empleadas directamente, esto sin contar las personas que se

emplearon indirectamente, calculadas en 300 más, en el transporte de materiales, servicios de ferretería, alimentos, servicios financieros entre otros[1].

De igual manera, el Astillero JOL implementó con la ayuda del SENA (Servicio Nacional de Aprendizaje) cursos de capacitación para los trabajadores y para los militares del batallón BAFLIM 50 en el área de soldadura, para lo cual se adaptó un espacio apropiado dentro del campamento de la obra (figura 13).



Figura 13. Caseta de capacitación SENA

El área de jurisdicción fluvial de la patrullera corresponde a casi 1650 km de la cuenca fluvial del oriente de Colombia en la zona del Guainía y el Vichada, estas tierras son ricas en recursos naturales y se caracterizan por ser zonas aptas para la actividad agrícola y de gran riqueza mineral, sin embargo debido a la situación de inseguridad de la que esta región es una de las protagonistas, la inversión de parte del Estado y de las empresas privadas es muy poca.

La construcción de esta patrullera significa un paso importante en el fortalecimiento de la seguridad y la búsqueda de la paz en la región, el mejoramiento de la calidad de vida de sus habitantes y el progreso del país.

[1] http://www.armada.mil.co/content/arc-rida-fortalece-la-seguridad-de-los-r-os-del-oriente-del-pa-s?page=show

Una vez recuperada la confianza por parte de los inversionistas privados y estatales se puede dar paso a la explotación de una región tan rica como ésta en proyectos no solo de índole militar sino turístico, agrícola, entre otros, lo que significa progreso para la economía del país. La construcción de unidades fluviales militares y comerciales son una manera de apoyar todas estas actividades, ejemplo de esto es la facilitación del transporte en zonas de difícil acceso donde no existen vías de comunicación terrestre.

Todo lo anterior, hace parte del llamado que se hace, no sólo al Estado colombiano sino a los países vecinos a invertir en el desarrollo de regiones olvidadas y apartadas del país y en las cuales se encuentra un potencial de progreso muy alto y en los cuales se pueda establecer corredores comerciales fluviales de alto y positivo impacto.

CONCLUSIÓN

Colombia en su ubicación y con su diversidad geográfica es un país lleno de retos de ingeniería y la modernización del ARC “Inírida” inspiró la posibilidad de mostrar que se puede lograr un exitoso proyecto por medio de un modelo colaborativo entre un astillero constructor, su cliente representante oficial del Estado y de la autoridad pública y con el concurso de la academia, llevando juntos los talentos, capacidades y fortalezas enmarcadas en una ingeniería responsable y cuidadosa para lograr un producto de excelente calidad y desempeño.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a todo el personal civil y militar de la Armada Nacional de Colombia en especial al señor Contralmirante Germán González Reyes, al Capitán de Navío Máximo Linares Moreno, al Capitán de Navío José Manuel Meza Torres y al Capitán de Navío José Antonio Monje Pastrana, así mismo a todo el departamento de ingeniería del Astillero Naval JOL S.A. al señor James Osorio León y al señor John Jairo Osorio León, de igual forma al Ing. Luis Eduardo Benítez Hernández, director

del departamento de ingeniería mecánica de la Universidad Nacional de Colombia por todo el apoyo y contribución al desarrollo de este proyecto.

REFERENCIAS

[1] A. BONILLA DE LA CORTE, Teoría del Buque, Tercera edición, 1979

[2] E.V LEWIS. , Principles of Naval Architecture, vol. 1 Stability and Strength, New York, 1989

[3] BONILLA DE LA CORTE, Antonio. Construcción naval y servicios. Editorial San José

Selección del equipo de amarre y fondeo de un remolcador

Raúl Villa Caro. Ing. Naval y Oceánico / Capitán Marina Mercante. Profesor de la Escuela Politécnica Superior de la Universidad Da Coruña (España). Inspector Nuevos Barcos en Construcción. Armada Española. raul.villa@udc.es

Luis Manuel Carral Couce. Dr. Ing. Naval (Ph. D). Profesor de la Escuela Politécnica Superior de la Universidad Da Coruña (España) lcarral@udc.es

José Ángel Fraguela Formoso. Dr. Ing. Naval (Ph. D). Profesor de la Escuela Politécnica Superior de la Universidad Da Coruña (España). jafraguela@udc.es

RESUMEN:

Las Sociedades de Clasificación (SC) Internacionales, destinan en sus reglamentos, capítulos y normas dirigidas al equipo de amarre y fondeo, en lo referente a su determinación para cada tipo de buque, el análisis de los materiales en él empleados y las pruebas que sufrirán los distintos elementos una vez construidos.

Este artículo versará sobre cómo afecta la aplicación de los diferentes reglamentos de las SC a la hora de dotar a un remolcador de sus sistemas de amarre y fondeo.

Se realizará una comparativa entre las exigencias de las SC a buques civiles y a buques militares.

PALABRAS CLAVE: Buques. Número de equipo. Sociedades de Clasificación

1.- INTRODUCCION

Las razones que han llevado a realizar este artículo corresponden a la necesidad de analizar toda la normativa existente sobre amarre y fondeo

El objetivo principal es analizar el estado del arte de la tecnología, comparando las normativas existentes de las diferentes SC, para investigar las analogías y diferencias que existirán en los equipos de amarre y fondeo dependiendo del reglamento de la SC propuesto, proponiendo unos mínimos que deben ser exigidos por cualquier SC y analizando si existirán, o no, grandes diferencias en el equipo de amarre y fondeo, dependiendo de la SC elegida.

2.- DESARROLLO

2.1 SISTEMA DE FONDEO

A continuación de va a proceder a explicar cómo determina el equipo de fondeo para cada buque una de las más importantes Sociedades de Clasificación del mundo, el “Lloyd´s Register of Shipping” (Parte 3, Capítulo 1, Sección 7).

En primer lugar se determina el tipo de buque de que se trata (Tabla 13.7.1), estableciendo una mención al servicio al que va a ser destinado, diferenciando así entre: buques de carga; petroleros; transbordadores; ganguiles; portacontenedores; pontonas; graneleros; pesqueros; dragas; gaseros; cargas pesadas; quimiqueros; remolcadores.

En segundo lugar se le asigna una mención al tipo de navegación para el que va a ser utilizado, pudiendo asignarle uno de los siguientes tipos: alta mar; pequeño cabotaje; gran cabotaje; aguas abrigadas.

Tras haberle asignado a nuestro buque la mención de servicio y el tipo de navegación, tenemos que obtener el “Equipment Number” o “Número de Equipo” por medio de la siguiente fórmula:

$$NE = \Delta^{2/3} + 2 \cdot B \cdot H + \frac{A}{10}$$

- NE: Número de equipo
- Δ: Desplazamiento de trazado para la flotación de verano, expresado en toneladas.
- B: Manga de trazado expresada en metros.
- H: Francobordo en la cuaderna maestra desde la cubierta superior hasta la flotación de verano, más la suma de las alturas, en la cuaderna maestra, de cada hilera de casetas con una manga superior a B/4, expresado en metros.
- A: Área del plano de crujía, dentro de la eslora reglamentaria del buque, y de la superestructura y casetas que se hallen por encima de la flotación de verano, y que además su manga sea mayor de B/4, expresada en metros cuadrados.

No obstante, la propia Sociedad de Clasificación hace una serie de consideraciones sobre el "numeral" y el equipo requerido, así por ejemplo para ciertos tipos de buques, con ciertos tipos de servicios, les reduce el valor del número de equipo para algunos componentes del equipo de fondeo, llegando incluso en algunos casos a eximirle de dotar al buque de alguno de dichos elementos.

Para el caso de los remolcadores, en el punto 1.7 de la Sección 7, se establece una fórmula específica para el cálculo del número de equipo, que es la siguiente:

$$\mathrm{N.E.} = \Delta^{2/3} + 2(\mathrm{Bf} + \sum \mathrm{bh}) + 0.1\mathrm{A}$$

- f: Francobordo en la maestra desde la flotación de verano
- Δ: Desplazamiento de trazado en la flotación de verano
- B: Manga de trazado máxima
- H: Altura de cada hilada de superestructura o caseta, en el costado, que tenga una manga de B/4 o mayor (no se tendrá en cuenta el arrufo ni el trimado) (m)
- B: Manga de la superestructura o caseta más ancha de cada hilada (m)
- A: Área en el plano de crujía dentro de la eslora reglamentaria del buque y de las superestructuras o casetas por encima de la flotación de verano que se

encuentren dentro de la eslora reglamentaria del buque, y que además tengan una manga mayor de B/4

Habiendo obtenido el tipo de buque, el tipo de servicio y su “número de equipo”, el proceso termina con la determinación del equipo requerido entrando con el “número” en las tablas, obteniéndose:

- Equipo de anclas de leva sin cepo (peso y número).
- Cadena de eslabones con contrete para la anclas de leva (longitud y diámetro según el tipo de acero empleado).
- Masa del ancla de espía y su cable o cadena (longitud y carga de rotura).

En general todas las Sociedades de Clasificación siguen procesos similares, con lógicas variaciones en la manera de determinación del equipo de fondeo.

Algunos utilizan la fórmula general a la que aplican algunas reducciones en función del tipo de buque y servicio que está destinado a prestar, mientras que otras, entre ellas el Lloyd´s Register, emplean distintas fórmulas también en función del tipo de buque y servicio que está destinado a prestar, pero todas tienen en común el acompañar sus reglamentos de unas tablas de equipo requerido, como las anteriormente citadas, que resultan ser casi idénticas para todas ellas.

Ello es debido a que la International Association of Classification Societies (IACS), que es como un fórum que aglutina a todas las sociedades clasificadoras del mundo, ha servido para unificar criterios y eliminar el aislamiento en que trabajaban las distintas sociedades, creando el citado fórum. Como ejemplo de sus logros basta citar el acuerdo de que el peso del ancla o anclas de leva fuera el triple del “numeral” correspondiente a dicho buque, expresado en kilos.

En los años 60, la IACS echó por tierra todas las normas hasta entonces utilizadas con referencia al equipo de fondeo, pues hasta entonces solo se exigía que dicho equipo aguantara firmemente a los buques fondeados, hasta con fuertes vientos, en fondeaderos abrigados o semiabrigados, refiriéndose para ello solamente al peso del

ancla o anclas y al diámetro de la cadena; dejando el resto de los componentes de las instalaciones de fondeo a la improvisación de armadores y astilleros.

Con la llegada de los V.L.C.C. y U.L.C.C tuvieron que replantearse todas las normas hasta entonces vigentes en materia de equipo de fondeo, pues los pesos y magnitudes que correspondían a estos buques, bajo dichas normas, hacían impracticable el manejo con ligereza de las anclas, tal y como se suele hacer en muchas maniobras de buques pequeños.

Los muchos accidentes en que se han visto involucrados los equipos de fondeo, hicieron pensar a la IACS en la necesidad de adecuar dicho equipo a las nuevas construcciones, y comenzaron a considerar las fuerzas dinámicas existentes y la relación entre el peso muerto del buque y el diámetro de la cadena. Además se llegó a la conclusión de que no valía la pena sobredimensionar sólo uno de los elementos del nicho, pues automáticamente el fallo vendría por avería o rotura de alguno de los elementos más débiles.

Un conocimiento lo más exacto y profundo posible del equipo de fondeo de nuestro buque, nos permitirá evitar toda esa gama de accidentes, provocados por el mal uso o los excesivos esfuerzos que tienen lugar por el desconocimiento de la características y propiedades reales de nuestro equipo de fondeo. Muchas compañías, como medida preventiva, circulan informes o instrucciones a sus capitanes y oficiales sobre el uso y mantenimiento de los elementos que componen el equipo de fondeo, pero casi siempre suelen ser descripciones generales, y no ayudan a formar un juicio razonable ante una maniobra de este tipo.

Un informe razonable, y que realmente sirva de ayuda, para un capitán y oficiales, podría constar de:

A) Posibilidades generales de toda la instalación de fondeo, incluyendo detalles precisos de todas sus partes y elementos componentes:
   - Tipo de ancla o anclas, peso, pruebas a las que fue sometida, así como su poder de agarre en los diversos tipos de fondo.

- Dimensiones de la cadena, grado, longitud a bordo, pesos parciales y totales, así como los resultados de sus pruebas de rotura.
- Capacidad del molinete, potencia, capacidad de virado con el ancla a pique, velocidad máxima y óptima de virado, así como su capacidad de frenado.
- Especificaciones sobre los distintos materiales empleados en los elementos del equipo de fondeo, desgaste por rozamiento y velocidad recomendable para reducir el riesgo de fallo de freno.

B) Cuadros de datos en relación con las fuerzas generadas por las distintas condiciones meteorológicas y corrientes.

C) Cuadros de datos, o en su defecto, medios aproximados para el cálculo del conocimiento de la capacidad que tiene el equipo de fondeo para absorber las inercias generadas por el movimiento del buque.

El correcto y total reconocimiento de los medios que tenemos a nuestro alcance en todo tipo de maniobras, evitará que se produzcan accidentes innecesarios con cuantiosos daños materiales, y lo que es peor, posibles pérdidas de vidas humanas.

2.2 SISTEMA DE AMARRE

La normativa internacional sobre el amarre de buques es muy escasa y poco exigente.

No parece que los organismos competentes en lo que se refiere a la construcción, armamento y explotación del buque hayan dado una gran importancia a esta fase de la vida del buque.

No existen normas ajustadas y obligatorias que, como en otros aspectos, y basándose en unos cálculos de cierta precisión, determinen las características del equipo o estructura a instalar. Los astilleros y armadores fijan las condiciones del equipo de amarre en función de la experiencia o de normas internas, sin unas directrices, exteriores fiables.

El resultado es un buque orientado para la navegación en alta mar y, normalmente, preparado para el fondeo, pero muchas veces, poco adecuado técnicamente para la estancia en puerto.

El problema es fundamentalmente de competencias: ¿Quién debe fijar las normas sobre el equipo de amarre, la maniobra, la disposición de amarras y defensas, etc.? No acaba de estar claro si son las Sociedades de Clasificación, los armadores, los astilleros, los puertos o los Capitanes. Probablemente todos tienen mucho que decir, y se hace necesario un acuerdo sobre el tema.

Es indudable que los resultados económicos mejorarían para todos, tanto evitando accidentes, como aumentando la rentabilidad de buques y puertos.

Unas de las instituciones más importantes dentro de la reglamentación de buques, al igual que ocurre con los sistemas de fondeo, son las Sociedades de Clasificación. Los organismos de este tipo emiten directrices que afectan a gran cantidad de aspectos de la construcción y armamento del buque, con el objetivo prioritario de la seguridad. Los buques que cumplen con tales requisitos reciben la certificación de la Sociedad en cuestión y son asegurados por ella.

Hasta el momento, los Reglamentos de las Sociedades de Clasificación de Buques se limitan a dar recomendaciones no obligatorias sobre el equipo de amarre. Pero además, tales orientaciones resultan insuficientes.

Analizaremos de nuevo, y como muestra, el Reglamento del Lloyd's Register of Shipping (LRS) y el del Bureau Veritas (BV), dos instituciones de reconocido prestigio internacional también en el amarre:

- *Número de equipo:* (L.R.S 3.1.7) (BV 4-32)

El número de equipo, como ya se ha definido, es una cifra característica de cada buque que sirve como base para el cálculo del equipo de amarre y fondeo, las cadenas del ancla y las estachas. Se define de forma general, como ya sabemos:

$$NE = \Delta^{(2/3)} + 2\,B\,H + A / 10$$

donde:

NE = Número de equipo

Δ = Desplazamiento del buque al calado de verano

B = Manga

H = Francobordo en la maestra (altura desde la flotación a la cubierta superior).

A = Area lateral por encima de la flotación, dentro de la eslora entre perpendiculares

Sobre un buque remolcador tipo, con las siguientes condiciones de viento y corriente:

- Viento: 48 nudos en dirección paralela a crujía.
- Corriente: 2.5 m/s en dirección paralela a crujía.

y suponiendo una longitud de cadena de 5 a 10 veces el calado, se calculan las fuerzas que debe soportar el buque, determinándose las características de la cadena y el ancla. Con esas mismas hipótesis se fija el equipo de amarre.

Ahora bien, las condiciones de cálculo no son extremas, y en cualquier caso, el comportamiento del buque atracado es diferente al del buque fondeado. Por otra parte, no entran en consideración otros factores, como la influencia del estado de carga del buque, que hace variar la superficie expuesta al viento o a la corriente, la componente lateral de la fuerza o el momento de giro, la influencia del calado reducido, etc.

Por todo ello, el cálculo no resulta ajustado, y probablemente habría que pensar en una nueva orientación, con condiciones más exigentes, como por ejemplo:

- Viento: 60 nudos en cualquier dirección
- Corriente : 4 nudos formando ángulos de hasta 5° con crujía
- Estimación de la influencia del resguardo bajo la quilla ("underkeel clearance").

todo ello recogido en tablas particulares para cada tipo de buque, que presente diferente superficie expuesta.

Aun así, no resulta suficiente una consideración estática del problema, en la que las fuerzas exteriores se ven equilibradas con las restricciones debidas a las amarras y defensas:

$$Rx = Fx$$

$$R_y = F_y$$

Debemos tener en cuenta que el comportamiento del buque amarrado incluye fenómenos más complicados, que no pueden ser despreciados ni simplificados en muchos casos.

Si bien el número de estachas del que esté dotado un buque viene determinado por el número de equipo (NE), es habitual que se vean incrementadas hasta el doble de las recomendadas. Para grandes buques, por ejemplo, NE=14600, la Sociedad de Clasificación Bureau Veritas indica un número de 21 estachas de 200 metros de longitud cada una, con una carga de rotura (CR) no inferior a 75 tons. No es prudente equipar al buque con amarras de CR superior al que le corresponde por su NE, ya que podrían arrancar los polines del equipo de cubierta.

En términos generales para esloras inferiores a 90 metros no hay requisitos procedentes por su clasificación. Se debe cumplir que la suma de toda la resistencia de los cabos no sea inferior a la CR de la cadena de las anclas, que el cable de remolque no sea inferior al 40% de la CR de la cadena del ancla, que la fuerza de tracción de los chigres de cada costado no sea inferior a 1.5 la CR de los cabos exigidos, y que el freno de los chigres deba empezar a ceder al llegar al 50% de la CR del cabo, cuando se encuentre en la primera capa de estiba en el tambor.

En cuanto al número de estachas requerido para un amarre seguro, este dependerá mucho del criterio de los oficiales responsables, tanto de a bordo por parte del capitán u oficial de guardia, como ajenos al buque, como son el práctico (*mooring master*); o del método y procedimiento de amarre que siga una determinada terminal: de tipo convencional, sea islands, monoboya, jetties, etc.

Porcentajes de utilización por método de amarre:

Tabla 1

TIPO DE AMARRE					
PM BUQUE	COSTADO	CAMPO BOYAS	MONO-BOYAS	POPA MUELLE	MUERTOS
10000 A 25000	85%	10%	-	2%	3%
25000 A 60000	70%	15%	3%	2%	10%
MAYOR A 60000	52%	35%	8%	-	5%

Tipo de amarre

La estacha de amarre recibe su denominación según sea la posición en que trabaja:

- Si sale de proa y trabaja hacia proa, o bien, sale de popa y trabaja hacia popa, se denomina “largo” (formando un ángulo de 30º con la línea del muelle o crujía del buque).
- Si trabaja en dirección sensiblemente perpendicular al plano longitudinal del buque y línea de muelle, se denomina “través”.
- Si trabaja en sentido de proa a popa, o bien, de popa a proa, se denomina “retenida” o “sprin” (La palabra esprín es una asimilación de la palabra ingles spring, muelle).

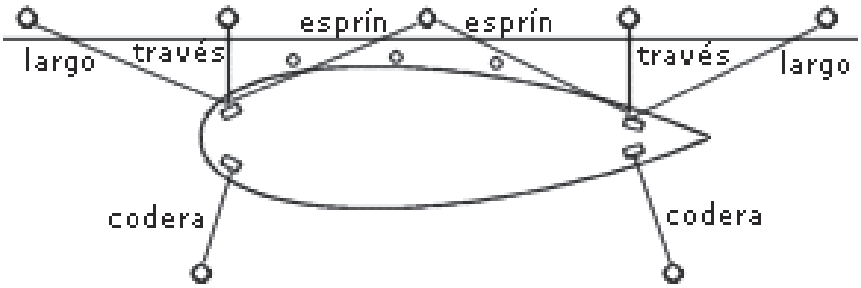


Ilustración 1

Disposición de amarre tipo

He aquí una disposición de amarre tipo, que puede valer, con las adaptaciones necesarias, en todo tipo de buques y muelles.

Se disponen largos de proa y popa, traveses casi perpendiculares al buque y springs cortos y paralelos al buque.

Las condiciones de las amarras se ven mejoradas al aumentar su longitud, por el hecho de estar los bolardos alejados del buque.

Siendo el método de atraque y por tanto, de amarre, el de costado, el número de estachas y su distribución respecto al atraque, para buques petroleros y para bulkcarriers, suele ser:

TIPO	LARGO PROA	TRAVES PROA	ESPRIN PROA	ESPRIN POPA	TRAVES POPA	LARGO POPA	TOTAL
B/T<20 KT	3	1	2	2	2	3	13
20-40 KT	3	2	2	2	2	3	14
40-60 KT	3	2	2	2	2	3	14
>60 KT	4	2	2	2	2	3	15
BULK<20 KT	3	1	1	1	0	3	9
20-40 KT	3	1	1	1	0	3	9
>40 KT	3	2	2	2	1	3	13

Número de estachas y su distribución con respecto al atraque

2.3 SISTEMAS DE AMARRE Y FONDEO EN BUQUES DE GUERRA

A pesar de que los buques de guerra están exentos de tener que cumplir los reglamentos de las Sociedades de Clasificación, en los últimos años, bajo la tutela del “Naval Ship Code”, las SC han creado reglamentos específicos para buques de Guerra, que se reconocen rápidamente porque incorporan el apellido “Naval Rules” en su nombre.

Se va a realizar un estudio de tres tipos de buques, de portes diferentes, y aplicados a varias SC.

3.- RESULTADOS

3.1 SISTEMA DE FONDEO

Una vez detallada la forma de calcular el número de equipo de acuerdo con la normativa del Lloyd´s (LRS), se va a realizar una comparativa del cálculo, comparando los reglamentos de las principales sociedades de clasificación. Se van a estudiar cinco sociedades (ABS, BV, DNV, GL, y LRS).

De todas ellas, sólo Bureau Veritas (BV) utiliza una fórmula diferente para el cálculo del número de equipo. Utiliza una fórmula simplificada que sólo tiene en cuenta las dimensiones principales del buque. La fórmula responde a:

$$NE = K(LBD)^{2/3}$$

Se toma un coeficiente K=1.3, para remolcadores sin restricción (y K=2.2 para el resto).

Obteniendo datos de las tablas de número de equipo de las cinco sociedades se va a realizar una comparativa suponiendo un remolcador tipo de 24 metros de eslora:

Tabla 3

	ABS	**BV**	**DNV**	**GL**	**LRS**
Número de equipo	145	134	145	145	145
Ancla de leva sin cepo:					
• **Número**	2	2	2	2	2
• **Peso por ancla (kg)**	390	400	420	420	420
Cadena de ancla de leva con contrete (m):					
• **Longitud**	275	192.5	275	275	275
Diámetro cadena (mm):					
• **Acero normal**	20.5	20.5	20.5	20.5	20.5
• **Acero resistente**	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5

Se adjunta como ejemplo la tabla del Lloyd´s:

Tabla 4

13.7.2 Equipment – Bower anchors and chain cables

Equipment number		Equipment Letter	Stockless bower		Stud link chain cables for			
Exceeding	Not exceeding		Number	Mass of anchor, in kg	Total length, in metres	Diameter, in mm		
						Mild steel (Grade 1 or U1)	Mild steel (Grade 1 or U1)	Extra special quality steel (Grade U3)
50	70	A	2	180	220	14	12,5	-
70	90	B	2	240	220	16	14	-
90	110	C	2	300	247,5	17,5	16	-
110	130	D	2	360	247,5	19	17,5	-
130	150	E	2	420	275	20,5	17,5	-
150	175	F	2	480	275	22	19	-

Los requerimientos para el número de anclas y diámetros de cadena son iguales para todas las SC, sin embargo existe una pequeña diferencia en el peso del ancla y la longitud de cadena. Bureau Veritas es la SC menos estricta en sus requerimientos, exigiendo un ancla de menor peso, y menos longitud de cadena, respecto a las otras SC.

Los resultados de la tabla 1, podrían verse minorados si consideramos al remolcador como de “servicio restringido” y le aplicamos las reducciones que permiten las SC. Cada SC aplica de una forma estas reducciones que se resumen en:

- ABS: Especifica que se podría realizar una reducción, pero no la cuantifica. Lo deja a discreción de la Sociedad.
- BV: Incluye un coeficiente reductor (K=2.2) que se aplica en la fórmula de cálculo del EN.
- GL: Permite la selección de un equipo de fondeo correspondiente a un número menor al calculado.
- LRS: También permite la selección de un equipo de fondeo correspondiente a un número menor al calculado (exactamente permite reducir al equipo que aparece dos filas por debajo en las tablas del EN).
- DNV: Reduce un tanto por cierto los requerimientos, de acuerdo con una tabla que aparece en el reglamento, y que es:

Tabla 5

Table C3 Equipment reductions for service restriction notations. (See Table C1)				
Class notation	*Stockless bower anchors*		*Stud-link chain cables*	
	Number	*Mass change per anchor*	*Length reduction*	*Diameter*
R2	2	- 10%	No red.	No red.
R3	2	- 20%	No red.	No red.
R4	2	- 30%	- 20%	- 10%
RE	2	- 40%	- 30%	- 20%
Alternatively:				
R3	1	+40%	- 40%	No red.
R4	1	No change	- 50%	No red.
RE	1	- 20%	- 60%	- 10%

Obteniendo las cantidades correspondientes a las restricciones se procede a elaborar la tabla de forma análoga a la anterior para el mismo remolcador tipo de 24 metros de eslora:

Tabla 6

	ABS	**BV**	**DNV**	**GL**	**LRS**
Número de equipo	145	134	145	145	145
Ancla de leva sin cepo:					
• **Número**	2	2	2	2	2
• **Peso por ancla (kg)**	390	350	378	360	300
Cadena de ancla de leva con contrete (m):					
• **Longitud**	275	192.5	275	247	275
Diámetro cadena (mm):					
• **Acero normal**	20.5	20.5	20.5	19	20.5
• **Acero resistente**	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5

3.2 SISTEMAS DE AMARRE:

Partiendo del cálculo del EN del apartado anterior, se va a realizar, de forma análoga a como se ha hecho con el fondeo, una comparativa de las SC para el cálculo del equipo de amarre del remolcador.

Tabla 7

	ABS	BV	DNV	GL	LRS
Número de equipo	145	134	145	145	145
Estacha de remolque:					
• **Longitud Mínima (m)**	180	-	180	180	180
• **Resistencia mínima a la rotura (kN)**	98	-	98	100	98
Estachas de amarre:					
• **Número**	3	2	3	3	3
• **Longitud Mínima (m)**	120	71.5	120	120	120
• **Resistencia mínima a la rotura (kN)**	54	110	49	50	49

De nuevo, como en fondeo, resultados similares a excepción de BV.

3.3 SISTEMAS DE AMARRE Y FONDEO EN BUQUES DE GUERRA

Si por el contrario analizamos un buque de guerra de desplazamiento medio de 20000 toneladas, le corresponderá un “NE” aproximado de 1800.
De acuerdo con la Sociedad de Clasificación Lloyd´s Register (Rules and Regulations for the Classification of Naval Ships, July 2002), para este tipo de buque que nos ocupa (Servicio no Restringido), se requiere el equipo dado en la tabla 13.7.2 de su reglamento, por lo que para el Número (NE) calculado, se tiene que: NE = 1800 y
1790 < 1800 < 1930; Letra F+.

Pero de acuerdo con el volumen 1, parte 3, capítulo 5, Sección 2, de las reglas de la Sociedad de Clasificación específicas para buques de guerra (Lloyd´s Register. Rules and Regulations for the Classification of Naval Ships, January 2002), el Número de Equipo se calcula de forma similar a las reglas de la Sociedad para buques civiles, pero sin embargo, este número debe verse afectado por un coeficiente específico dependiente del porte del buque de guerra. En este caso, el número debe multiplicarse por 1.25, luego:

NE = 1800 x 1.25 = 2250

Con este nuevo número (NE) calculado, y utilizando la tabla 5.5.1 de la referencia anterior se tiene que:

NE = 2250

2230 < 2250 < 2380; Letra I+

Para el dimensionamiento de las estachas de amarre se suele utilizar la resistencia recomendada por la Sociedad de Clasificación aplicada a buques de guerra.

Si consideramos que estamos diseñando un buque de más de 90 m de eslora, de acuerdo con el apartado 7.1.3 del capítulo 5, parte 3 del volumen 1 de la referencia anterior del Lloyds para buques de guerra, se recomienda que la suma de las resistencias de todas las estachas de amarre utilizadas, no sea menor que la carga de rotura de la cadena de ancla reglamentaria de Grado U2, resultando un número de estachas consideradas de cinco.

A la vista de lo anterior se puede contrastar este número, con las estachas instaladas en las fragatas españolas (tanto de la serie F-100, como las antiguas FFG). Las fragatas suelen estar dotadas de seis estachas de amarre (y un cabo de remolque), basadas en cabo elaborado con la combinación de dos materiales, polipropileno multifilamento y poliéster, ambos de alta tenacidad, confeccionado con dos elementos concéntricos; un alma central trenzada que soporta la mayor parte de la resistencia y una cubierta trenzada que asegura la protección y completa la resistencia.

Estas estachas, a través de la combinación de los dos materiales, tienen una mayor duración al roce y una mayor resistencia, manteniendo la propiedad esencial de la flotabilidad. Considerando las cargas de rotura mínimas necesarias, se eligen las estachas de amarre. El tipo de estacha usado en las F-100 es la duplex Compos (56 mm de diámetro, 220 m de longitud y 60527 kg de carga de rotura), aunque se podrían considerar otro tipo de estachas de similar carga de rotura.

Si variamos de tipo de buque de guerra, analizando ahora un barco tipo patrullero o buque de acción marítima, más cercano en eslora a nuestro remolcador, y bajo otro

reglamento de clasificación, nos encontraremos ante un buque que va a incorporar igualmente un sistema de amarre que conste de dos áreas. En este caso analizaremos el sistema de amarre y remolque correspondiente, calculado según la Sociedad de Clasificación Bureau Veritas para un buque de guerra que cuente con el equipo de fondeo calculado según el "Design Procedures for Anchor and Windlasses".

Para el cálculo de los elementos correspondientes al sistema de amarre, se comienza por estudiar la carga mínima de rotura que establece la Sociedad de Clasificación Bureau Veritas para buques de guerra, la cual ha de ser la siguiente:

$$BL = \frac{F_S}{n}$$

Siendo "Fs" la fuerza transversal debida al viento, y "n" el número de estachas de amarre de través. La fuerza debida al viento en la dirección transversal viene dada por la fórmula:

$$F_S = \frac{2{,}382 \cdot A \cdot (h+18)}{h+60}$$

donde:

A: área lateral expuesta al viento, por encima de la línea de flotación de verano

h: altura media sobre la línea de flotación, la cual se calcula como

$$h = \frac{2A}{3L} = 5{,}8 \text{ m}$$

(valor aproximado de un buque de poca eslora)

L: eslora que corresponderá a un valor entre un 96% y un 97% de la eslora de flotación de verano.

Considerando una fuerza estática transversal debida al viento aproximada de 650 kN, y de acuerdo con la Sociedad de Clasificación, como mínimo el buque contará con dos estachas de través y además, el diámetro de las estachas será de menos de 72 mm.

Por lo tanto, la carga mínima de rotura de las estachas de través será de 650/2=325 KN.

La Sociedad de Clasificación Bureau Veritas determina el número de estachas de amarre con las que el buque tendrá que contar, que son en total ocho:

- Largo de proa y largo de popa.
- Spring en zona de proa y en zona de popa.
- Través en zona de proa y través en zona de popa.
- Dos estachas de reserva (través y spring)

La longitud de las estachas de amarre será, según la Sociedad de Clasificación Bureau Veritas, la siguiente:

- Para través y spring, de entre 0,7·L y L. (Siendo L la eslora correspondiente a la flotación de verano). Para un patrullero, estaríamos entre 61 m y 87 m.
- La longitud de los largos de proa y popa, debe ser de 1,5 veces la eslora correspondiente a la flotación de verano.

Si las comparamos con las longitudes recomendadas por la Sociedad de Clasificación Lloyd´s Register para buques de guerra, estas últimas serían más demandantes. Para el Patrullero, según esta última Sociedad de Clasificación, se recomiendan las siguientes estachas de amarre:

- Cuatro estachas para el amarre
- Longitud de cada estacha, 180 m
- Carga mínima de rotura, 166 kN

Para finalizar el análisis de los buques de guerra, se pasará a estudiar un portaaviones:

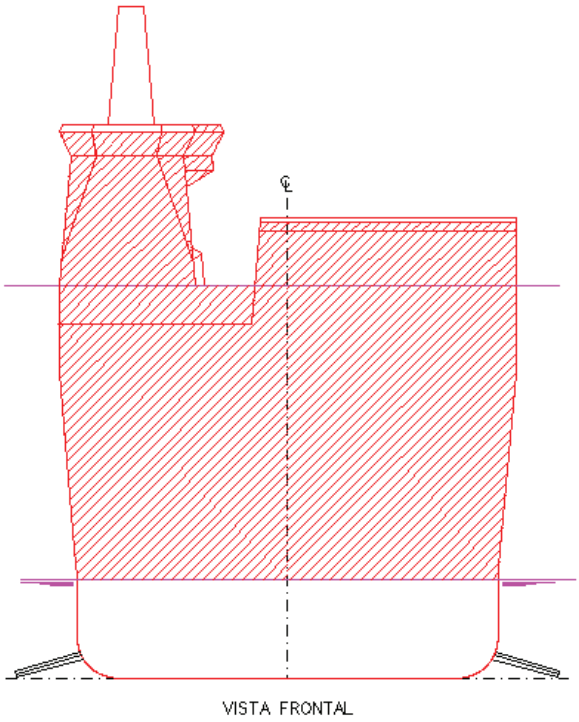


Ilustración 2

Si analizamos un buque de aproximadamente 25000 toneladas de desplazamiento y 200 m. de eslora, sustituyendo valores en la fórmula del cálculo de número de equipo:

$$N_c = \Delta^{2/3} + 2BH + \frac{A}{10}$$

Nos arrojará un NE en torno a 3400. Y de acuerdo con la tabla 13.7.1 antes mencionada, para el tipo de buque que nos ocupa (Servicio no Restringido), se requiere el equipo dado en la tabla 13.7.2 de la misma referencia. Para el Número (NE) calculado, se tiene que:

$N_c = 3400$

$3400 < 3400 < 3600$; Letra P^+

Un buque de este porte incorporará equipos de amarre en las áreas de proa, áreas centrales y áreas de popa:

Para el dimensionamiento de las estachas de amarre se puede utilizar la resistencia recomendada por la Sociedad de Clasificación, con el condicionante de que la carga

de rotura utilizada para el cálculo de las estachas, esté basada en los eslabones de la cadena calculada por el método utilizado por la Marina Americana.

De esta forma resultarán unos valores aproximados a:

- Cadena Grado U3 calculada: 95 mm
- Cadena Grado U2 equivalente: 107 mm
- Carga de Rotura: 5570 kN = 567788 kg
- Nº de estachas consideradas: 6
- Carga de rotura mínima: 94631 kg

Por tratarse de un buque de más de 90 m de eslora, de acuerdo con el apartado 7.5.3 del capítulo 13, sección 7 de la referencia "Rules and Regulations for the Classification of Ships (July 2002)", se recomienda que la suma de las resistencias de todas las estachas de amarre utilizadas, no sea menor que la carga de rotura de la cadena de ancla reglamentaria de Grado U2.
Podemos comparar el valor obtenido, con el que precisaría el buque de acuerdo con las reglas de la Sociedad de Clasificación:

- Cadena Grado U2 reglamentaria: 90 mm
- Carga de Rotura: 4090 kN = 416922 kg
- Nº de estachas consideradas: 6
- Carga de rotura mínima: 69487 kg

Destacar que la carga de rotura calculada para las estachas adoptadas supera en un porcentaje superior al 30% las reglamentadas por la Sociedad de Clasificación.

4.- CONCLUSIONES

Cuando se analiza el equipo de fondeo aplicado a las cinco SC, para remolcador no restringido, los resultados son prácticamente iguales (con la excepción de BV), pero sin embargo, cuando se aplican las restricciones, se pierde gran parte de esa unificación, como se observa en la tabla 4.

En el caso del equipo de amarre, de nuevo, nos encontramos con resultados similares, a excepción de BV, que es menos restrictiva.

Al hacer la comparativa en buques de guerra, de porte similar a un remolcador comprobamos como la Sociedad de Clasificación Bureau Veritas es más demandante en lo referente a número de estachas y a carga mínima de rotura. Por esta razón, sería mejor considerar para la elección de las estachas de amarre, las características más demandantes de cada una de las Sociedades de Clasificación. El resultado final sería el siguiente:

- Ocho estachas para el amarre
- Longitud de cada estacha, 180 m
- Carga mínima de rotura, 325 kN

5.- BIBLIOGRAFÍA

Capítulos referentes a la “Sección de Equipo” de las siguientes Sociedades de Clasificación:

- American Bureau of Shipping (ABS).
- LLoyds Register (LR).
- Bureau Veritas (BV).
- Det Norske Veritas (DNV).
- Germanischer Lloyd (GL).
- Rules and Regulations for the Classification of Naval Ships, July 2002 (LR).
- Naval ships (BV).
- Design Procedures for Anchor and Windlasses.

Diseño preliminar de una lancha para operaciones de rescate y asistencia médica en el Lago Maracaibo

Lugo Paredes; Joanny Patricia
UNEFA

INTRODUCCIÓN

Hemos adquirido muchos conocimientos a la hora de elaborar el proyecto, obteniendo la capacidad y el manejo de todos los programas que se utilizaron para la elaboración del proyecto. En relación a las herramientas computacionales se adquirió el conocimiento necesario para utilizar los programas contenidos en los paquetes de Auto Ship, Maxsurf Pro, Auto Hydro, Model Maker, DeadWeid y diferentes versiones de AutoCad. Para el diseño preliminar de una lancha para operaciones de rescate y asistencia médica. También se utilizaron una cantidad de fórmulas planteadas en el capítulo III que nos ayudaron a calcular todo lo relacionado con la embarcación.

PROPUESTA

Una vez realizado los diferentes cálculos, pruebas y análisis necesarios para el desarrollo del proyecto de pasantías se procede a mostrar en este capítulo los resultados de los aspectos referentes al desarrollo de ingeniería básica y conceptual para la fase de alistamiento de la lancha de asistencia médica y de rescate. Según las exigencias que el armador en este caso la filial de Operaciones Acuáticas (PDVSA) requiere.

DIMENSIONES PRINCIPALES.

Las dimensiones principales fueron exigidas por la empresa PDVSA (Operaciones Acuáticas) la cual debería de tener las mismas superficies requeridas por la empresa

las cuales fueron calculadas por operaciones matemáticas donde a continuación se presenta las dimensiones de la Lancha de operaciones de Rescate y Asistencia médica.

Dimensiones Principales	
Eslora	16.13 m
Manga	4,026 m
Puntal	2.020 m
Calado	1.10 m

Tabla 1. Dimensiones Principales. Fuente: Lugo, 2012

COEFICIENTE DE AFINAMIENTO

Para el cálculo de los coeficientes de afinamiento se realizaron por el programa Hullspeed, y este arrojo los siguientes:

Coeficiente de Bloque C_b= 0,483
Coeficiente de la Cuaderna Maestra C_m= 0,646
Coeficiente Prismático C_p= 0,74
Coeficiente de la Línea de Flotación C_w= 0,809

Tabla 2. Coeficientes de Afinamiento. Fuente: Lugo (2012).

VOLUMEN DE LA CARENA Y DESPLAZAMIENTO.

Volumen de la carena

La estimación del volumen de la carena de acuerdo a la formula en el capítulo III, es el siguiente:

$$\nabla = 52.14\ m^3$$

Desplazamiento

El desplazamiento del diseño es calculado por la multiplicación del volumen de la carena y la densidad del agua donde el diseño realizará su trabajo.

$$\Delta = 53.44 \text{ tn.}$$

Superficie mojada

La estimación del área que genera la superficie mojada se calculó por medio de la fórmula que se planteó en el marco teórico de este proyecto, el valor es el siguiente:

$$Sm = 222.58 \text{ m.cm}^2$$

Arqueos de un buque.

El cálculo de los dos tipos de arqueo (arqueo bruto y arqueo neto), de acuerdo al Convenio Internacional sobre Arqueo de Buques (Convenio de 1969), se muestra a continuación:

- **Arqueo Bruto:** **GT= 23.529 mts**^{3}
- **Arqueo neto** **NT= 7.058 mts** ^{3}

Siendo:

GT: Arqueo bruto.

NT: Arqueo neto.

Calculo de Escantillonado y Selección de Estructuras de Aluminio.

Los escantillonado mínimo se calculan para encontrar el módulo de sección de la cuaderna maestra y se compara con el módulo de sección mínimo requerido, para determinar los espesores o escantillones de las láminas y las estructuras según los requerimientos de las normas ABS, citadas en el marco teórico de este proyecto.

Las siguientes tablas son a manera de resumen de los cálculos y selección de las estructuras.

.

Resistencia Longitudinal Mínimo Requerido								
Elemento	**Unidades**	**C1**	**C2**	**L**	**B**	**Cb**	**Resultado**	**Unidades**
Módulo de Sección	cm².m	14.86	0,01	16.13	4.026	0.73+ 0.7	222.58	cm².m
Momento de Inercia	cm².m²			16.13			107.81	cm².m²

Tabla 3. Resistencia Longitudinal Mínimo Requerido.. Fuente: Lugo (2012**)**

Espesor

El espesor del enchapado del casco, cubierta o mamparos no sea menor que el obtenido en la siguiente ecuación.

Espesor de la Cubierta: t=3,891 mm

Mínimo Espesor

Lamina de Cubierta: t= 2,94 mm

Lamina de Costado: t= 3,252 mm

Lamina de Fondo: t= 3,192 mm

Lamina de Mamparo Estancos y Tanques profundos.

t= 2,269 mm

Modulo de Sección de Longitudinal de Fondo

SM= 2046,06 cm3

Modulo de Sección de Longitudinal de Cubierta y Costado

SM= 1536,81 cm3

Toneladas Por Centímetro de Inmersión

Se puede verificar cuantas toneladas por cada centímetro se sumerge al someter a carga a la unidad con el fin de establecer su capacidad total sin sobrepasar la misma, evitando riesgos de hundimiento.

FLO	d	Af	p	TPC
0	0	0	1,025	0
1	0,6	20,62	1,025	0,211312688
2	1,3	25,97	1,025	0,266175198

Tabla 4. Toneladas Por Centímetro de Inmersión. Fuente: Lugo (2012**)**

Radio Metacéntrico

Son aquellos que permiten indicar donde podría sufrir un escoramiento leve la unidad para establecer mediante dichos cálculos si la misma estará propensa o no.

FLOT	d	BMT	BML
0	0	0	0
1	0,6	3,97	2,38
2	1,3	6,6	8,53

Tabla 5. Radio Metacéntrico. Fuente: Lugo (2012**)**

Momento Unitario

Se toman en calado volumen para calcular el mismo con la finalidad de establecer el momento por unidades de flotación necesarios

FLOT	d	BML	Δ	MTU
0	0	0	0	0
1	0,6	2,38	35,52	0,007683788
2	1,3	8,53	44,80	0,034738878

Tabla 6. **Momento Unitario.** Fuente: Lugo (2012**)**

Peso En Rosca Y Centro De Gravedad

Peso en Rosca y Distancias del centro de gravedad de Buque	
Peso en Rosca	28,750 tn
LCG	6,782
VCG	0,737
TCG	0,00

Tabla 7: Peso en rosca y centro de gravedad del diseño. Fuente: Lugo (2012)

Estabilidad

Se evaluaron ocho condiciones de estabilidad: peso en rosca, salida (plena carga), retorno (70%,50%, 20%de consumo) y con avería; entre las cuales podremos ver si él es estable cumpliendo con los criterios A.749 (18) de la Organización Marítima Internacional (OMI). Estas condiciones se evaluaron en aguas tranquilas.

Condición de Peso en Rosca.

A continuación se muestran los datos del casco para el cual está siendo evaluado la lancha.

Datos Del Casco Hull Data (with appendages)

Baseline Draft: 1.100

Trim: zero

Heel: zero

DIMENSIONS

Length Overall: 16.130 m LWL: 15.060 m Beam: 3.996 m BWL: 3.541 m

Volume: 28.048 m^3 Displacement: 28.750 MT

COEFFICIENTS

Prismatic: 0.748 Block: 0.483 Midship: 0.646 Waterplane: 0.809

RATIOS

Length/Beam: 4.037 Displacement/length: 234.578 Beam/Depth: 3.672

MT/ cm Immersion: 0.442

AREAS

Waterplane: 43.147 m^2 Wetted Surface: 56.693 m^2

Under Water Lateral Plane: 13.527 m^2 Above Water Lateral Plane: 25.140 m^2

CENTROIDS (Meters)

Buoyancy: LCB = 6.782 fwd TCB =0.000 port VCB = 0.737

Flotation: LCF = 6.526 fwd

Under Water LP: 7.584 fwd of Origin, 0.479 below waterline.

Above Water LP: 8.331 fwd of Origin, 1.014 above waterline.

Estado de Flotación.

Draft FP	1.100m	Heel	zero	GM(Solid)	2.029m
Draft MS	1.100m	Equil	Yes	F/S Corr	0.000m
Draft AP	1.100m	Wind	0.0 kn	GM(Fluid)	2.029m
Trim	zero	Wave	No	KMT	2.029 m
LCG	6.782f	VCG	0.000 m	TPcm	0.44

Tabla 8. Estado de Flotación condición 1 aguas tranquilas

Fuente: Lugo (2012)

Resumen de Carga

Item	Weight (MT)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)
Light Ship	28.75	-6.782	0.000	0.000
Displacement	28.75	-6.782	0.000	0.000

Tabla 9. Estado de resumen de Carga condición 1 aguas tranquilas. Fuente: Lugo (2012)

Estado de Peso Fijo

Item	Weight (MT)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)
LIGHT SHIP	28.75	-6.782	0.000	0.000
Total Weight	**28.75**	**-6.782**	**0.000**	**0.000**

Tabla 10. Estado de Peso Fijo condición 1 aguas tranquilas. Fuente: Lugo (2012)

Estado de Desplazamientos.

Item	Status	Spgr	Displ (MT)	LCB (m)	TCB (m)	VCB (m)	Eff /Perm
CASCO	Intact	1.025	28.75	-6.782	0.000	0.737	1.000
SUPERESTRUCTURA	Intact	1.025	0.00	0.000	0.000	0.000	1.000
SubTotals:			**28.75**	**-6.782**	**0.000**	**0.737**	

Tabla 11. Estado de desplazamiento condición 1 aguas tranquilas. Fuente: Lugo (2012)

En la tabla anterior se aprecia que todos los elementos que componen el buque se encuentran intactos, de forma tal que se considera el buque sin ninguna inundación.

Propiedades Hidrostáticas

Draft is from Baseline.

No Trim, No heel, VCG = 0.000

LCF Draft (m)	Displ (MT)	LCB (m)	VCB (m)	LCF (m)	TPcm (MT/cm)	MTcm (MT-m /deg)	KML (m)	KMT (m)
<und>	**0.000**							
1.010	**24.787**	**-6.820**	**0.686**	**-6.543**	**0.44**	**11.70**	**27.039**	**2.125**
2.020	**73.136**	**-6.746**	**1.246**	**-9.357**	**0.21**	**3.19**	**2.502**	**1.436**

Tabla 12. Propiedades hidrostáticas condición 1 aguas tranquilas.

Fuente: Lugo (2012)

La tabla anterior muestra las propiedades hidrostáticas para los diferentes calados a los que pueda estar el diseño.

Adrizante residual Armas vs Angulo del talón

Heel Angle (deg)	Trim Angle (deg)	Origin Depth (m)	Residual Arm (m)	Area (m-Rad)
0.34s	0.67a	1.274	0.000	0.000
5.34s	0.66a	1.267	0.162	0.007
10.34s	0.66a	1.248	0.325	0.028
15.34s	0.65a	1.216	0.491	0.064
20.34s	0.62a	1.169	0.660	0.114
25.34s	0.55a	1.100	0.817	0.178
30.34s	0.50a	1.024	0.945	0.256
35.34s	0.49a	0.945	1.047	0.343
40.34s	0.50a	0.862	1.134	0.438
45.34s	0.55a	0.773	1.211	0.540
50.34s	0.62a	0.677	1.280	0.649
55.34s	0.71a	0.576	1.344	0.764
60.34s	0.84a	0.472	1.398	0.883

Tabla 13. **Adrizante residual Armas vs Angulo del talón**

Condición 1 aguas tranquilas

Fuente: Lugo (2012)

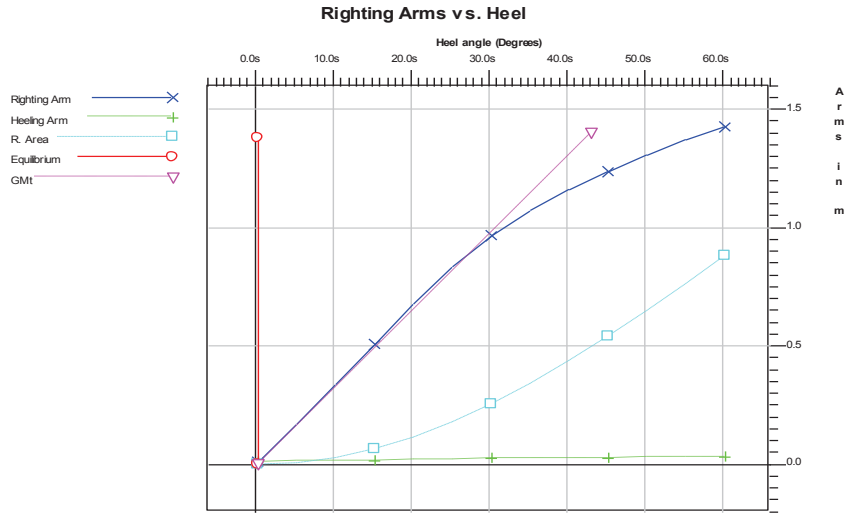
La tabla anterior muestra los valores que ayudan a conocer si el diseño cumple o no con los criterios de la Organización Marítima Internacional (OMI).

IMO RESOLUTION A.749 (18)

Limit	Min/Max	Actual	Margin	Pass
(1) Area from 0.00 deg to 30.00	>0.0550 m-R	0.256	0.201	Yes

(2) Area from 0.00 deg to 40.00 or Flood	**>0.0900 m-R**	**0.438**	**0.348**	**Yes**
(3) Area from 30.00 deg to 40.00 or Flood	**>0.0300 m-R**	**0.182**	**0.152**	**Yes**
(4) Angle from 0.00 deg to MaxRA	**>25.00 deg**	**60.00**	**35.00**	**Yes**
(5) Righting Arm at 30.00 deg	**>0.200 m**	**0.945**	**0.745**	**Yes**
(6) GM at Equilibrium	**>0.150 m**	**1.877**	**1.727**	**Yes**

Tabla 14. Fuente: IMO RESOLUTION A.749 (18)



Grafica 1. Adrizante residual Armas vs Angulo del talón

Condición 1 aguas tranquilas

Fuente: Lugo (2012)

Para esta condición se puede ver que el diseño cumple con los criterios de la OMI, los cuales son evaluados mediante la grafica 1.

CAPACIDADES DE LOS TANQUES

Condición de Salida (100% plena carga)

En esta condición de salida se tomara el buque en su plena carga de trabajo, en donde tendrá sus tanques de carga y de consumo llenos al 100%. De igual manera

que las condición de peso en rosca se mostrará los datos del casco, el estado de flotación en la que se encuentra el diseño, el esfuerzo longitudinal, las propiedades hidrostáticas, las curvas cruzadas de estabilidad y el brazo adrizante residual entre el ángulo de escoriación.

Datos del casco (with appendages)

Baseline Draft: 1.431 at Origin

Trim: aft 0.55 deg.

Heel: stbd 0.28 deg.

DIMENSIONS

Length Overall: 16.130 m LWL: 15.060 m Beam: 3.996 m BWL: 3.673 m

Volume: 39.875 m^3 Displacement: 40.872 MT

COEFFICIENTS

Prismatic: 0.760 Block: 0.550 Midship: 0.723 Waterplane: 0.817

RATIOS

Length/Beam: 4.037 Displacement/length: 333.487 Beam/Depth: 3.049

MT/ cm Immersion: 0.463

AREAS

Waterplane: 45.164 m^2 Wetted Surface: 65.901 m^2

Under Water Lateral Plane: 17.524 m^2 Above Water Lateral Plane: 21.408 m^2

CENTROIDS (Meters)

Buoyancy: LCB = 6.557 fwd TCB =0.005 port VCB = 0.886

Flotation: LCF = 6.582 fwd

Under Water LP: 7.449 fwd of Origin, 0.599 below waterline.

Above Water LP: 8.544 fwd of Origin, 0.933 above waterline.

Estado de flotación

Draft FP	1.276m	Heel	stbd 0.28 deg.	GM(Solid)	1.609m
Draft MS	1.353m	Equil	Yes	F/S Corr	0.000m
Draft AP	1.431m	Wind	29.9 kn	GM(Fluid)	1.609m

Trim	aft 0.55 deg.	Wave	No	KMT	1.909 m
LCG	6.551f	VCG	0.300 m	TPcm	0.46

Tabla 15.Estado de flotación condición 2 aguas tranquilas.Fuente: Lugo (2012)

Resumen de carga

Item	Weight (MT)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)
Light Ship	28.75	-6.782	0.000	0.000
Deadweight	12.13	-6.004	0.000	1.012
Displacement	40.88	-6.551	0.000	0.300

Tabla 16. Resumen de carga condición 2 aguas tranquilas

Fuente: Lugo (2012)

Estado de peso fijo

Item	Weight (MT)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)
LIGHT SHIP	28.75	-6.782	0.000	0.000
MOTORES	3.60	-3.553	0.000	1.235
PASAJERO	0.20	-7.282	0.000	-3.563
PASAJEROS 2	0.60	-10.950	0.000	-1.403
Total Fixed	**33.15**	**-6.510**	**0.000**	**0.087**

Tabla 17. Estado de Peso Fijo condición 2 aguas tranquilas. Fuente: Lugo (2012)

Estado de los tanques

FUEL OIL (SpGr 0.870)

Tank Name	Load (%)	Weight (MT)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)	Perm
TANQUE DE COMB	100.00%	7.73	-6.729	0.000	1.213	0.985
Subtotals:	**100.00%**	**7.73**	**-6.729**	**0.000**	**1.213**	

Tabla 18. Estado de los tanques combustible condición 2 aguas tranquilas . Fuente: Lugo (2012)

All Tanks

	Load (%)	Weight (MT)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)	Perm
Totals:		**7.73**	**-6.729**	**0.000**	**1.213**	

Tabla 19. Estado de los tanques todos los tanques condición 2 aguas tranquilas

Fuente: Lugo (2012)

Estado de desplazamientos

Item	Status	Spgr	Displ (MT)	LCB (m)	TCB (m)	VCB (m)	Eff /Perm
CASCO	**Intact**	**1.025**	**40.87**	**-6.557**	**0.005**	**0.886**	**1.000**
SUPERESTRUCTUR	**Intact**	**1.025**	**0.00**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**1.000**
SubTotals:			**40.87**	**-6.557**	**0.005**	**0.886**	

Tabla 20. Estado de desplazamiento condición 2 aguas tranquilas.

Fuente: Lugo (2012)

Brazo adrizante residual vs ángulo de escoramiento

Heel Angle (deg)	Trim Angle (deg)	Origin Depth (m)	Residual Arm (m)	Area (m-Rad)
0.28s	**0.55a**	**1.431**	**0.000**	**0.000**
5.28s	**0.55a**	**1.423**	**0.139**	**0.006**
10.28s	**0.55a**	**1.402**	**0.279**	**0.024**
15.28s	**0.54a**	**1.367**	**0.422**	**0.055**
20.28s	**0.53a**	**1.319**	**0.567**	**0.098**
25.28s	**0.60a**	**1.277**	**0.693**	**0.153**
30.28s	**0.69a**	**1.233**	**0.796**	**0.218**
35.28s	**0.82a**	**1.181**	**0.883**	**0.292**
40.28s	**0.96a**	**1.121**	**0.961**	**0.372**
45.28s	**1.13a**	**1.052**	**1.030**	**0.459**
50.28s	**1.31a**	**0.974**	**1.094**	**0.552**
55.28s	**1.50a**	**0.888**	**1.150**	**0.650**
60.28s	**1.69a**	**0.793**	**1.201**	**0.752**

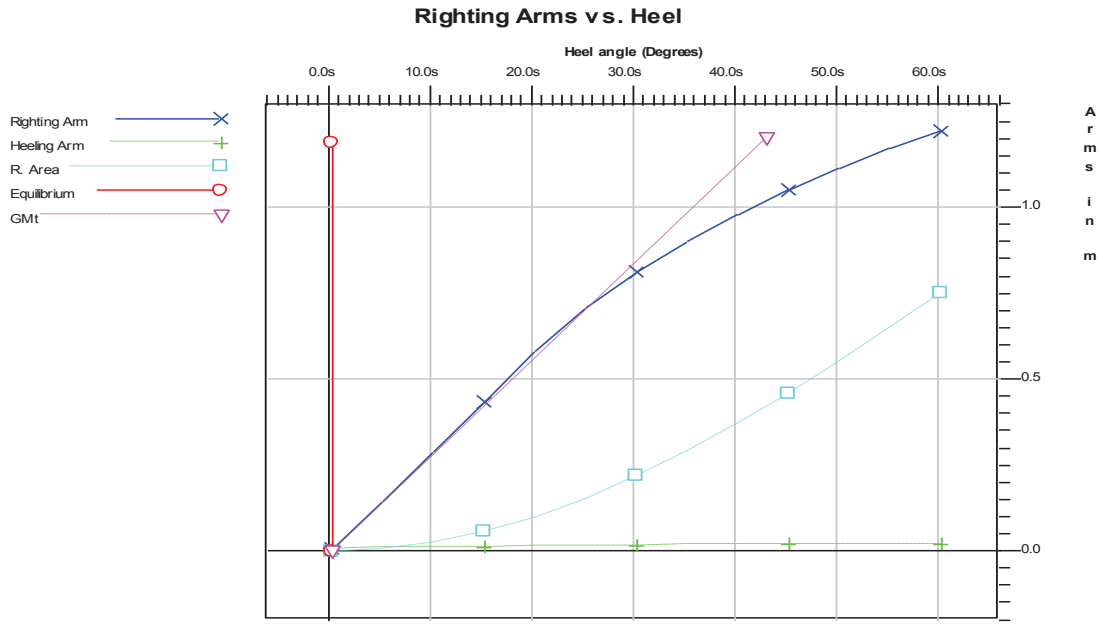
Tabla 21. Brazo adrizante vs ángulo de escoramiento condición 2 aguas tranquilas.

Fuente: Lugo (2012)

IMO RESOLUTION A.749 (18)

Limit	Min/Max	Actual	Margin	Pass
(1) Area from 0.00 deg to 30.00	>0.0550 m-R	0.218	0.163	Yes
(2) Area from 0.00 deg to 40.00 or Flood	>0.0900 m-R	0.372	0.282	Yes
(3) Area from 30.00 deg to 40.00 or Flood	>0.0300 m-R	0.154	0.124	Yes
(4) Angle from 0.00 deg to MaxRA	>25.00 deg	60.00	35.00	Yes
(5) Righting Arm at 30.00 deg	>0.200 m	0.796	0.596	Yes
(6) GM at Equilibrium	>0.150 m	1.609	1.459	Yes

Fuente: Lugo (2012)



Grafica 2: Propiedades hidrostáticas condición 2 aguas tranquilas

Fuente: Lugo (2012)

Condición de retorno

Se evaluará el diseño como si ya hubiese realizado su trabajo en donde sus tanques se encuentran en un 70%.

Datos Del Casco (with appendages)

Baseline Draft: 1.384 at Origin

Trim: aft 0.58 deg.

Heel: stbd 0.32 deg.

DIMENSIONS

Length Overall: 16.130 m LWL: 15.060 m Beam: 3.996 m BWL: 3.649 m

Volume: 37.622 m^3 Displacement: 38.563 MT

COEFFICIENTS

Prismatic: 0.757 Block: 0.544 Midship: 0.719 Waterplane: 0.814

RATIOS

Length/Beam: 4.037 Displacement/length: 314.646 Beam/Depth: 3.177

MT/ cm Immersion: 0.459

AREAS

Waterplane: 44.746 m^2 Wetted Surface: 64.125 m^2

Under Water Lateral Plane: 16.733 m^2 Above Water Lateral Plane: 22.234 m^2

CENTROIDS (Meters)

Buoyancy: LCB = 6.546 fwd TCB =0.006 port VCB = 0.859

Flotation: LCF = 6.562 fwd

Under Water LP: 7.422 fwd of Origin, 0.575 below waterline.

Above Water LP: 8.522 fwd of Origin, 0.951 above waterline.

Estado de flotación

Draft FP	1.220m	Heel	stbd 0.32 deg.	GM(Solid)	1.709m
Draft MS	1.302m	Equil	Yes	F/S Corr	0.146m
Draft AP	1.384m	Wind	29.9 kn	GM(Fluid)	1.563m
Trim	aft 0.58 deg.	Wave	No	KMT	1.920 m
LCG	6.540f	VCG	0.210 m	TPcm	0.46

Tabla 22.Estado de flotación condición 3 aguas tranquilas. Fuente: Lugo (2012)

Resumen de Carga

Item	Weight (MT)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)
Light Ship	28.75	-6.782	0.000	0.000
Deadweight	9.81	-5.832	0.003	0.827
Displacement	38.56	-6.540	0.000	0.210

Tabla 23. Resumen de carga condición 3 aguas tranquilas

Fuente: Lugo (2012)

Estado de Peso Fijo

Item	Weight (MT)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)
LIGHT SHIP	28.75	-6.782	0.000	0.000
MOTORES	3.60	-3.553	0.000	1.235
PASAJERO	0.20	-7.282	0.000	-3.563
PASAJEROS 2	0.60	-10.950	0.000	-1.403
Total Fixed	**33.15**	**-6.510**	**0.000**	**0.087**

Tabla 24. Estado de Peso Fijo condición 3 aguas tranquilas

Fuente: Lugo (2012)

Estado de los tanques

FUEL OIL (SpGr 0.870)

Tank Name	Load (%)	Weight (MT)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)	Perm
TANQUE DE COMB	69.99%	5.41	-6.727	0.006	0.965	0.985
Subtotals:	**69.99%**	**5.41**	**-6.727**	**0.006**	**0.965**	

All Tanks

	Load (%)	Weight (MT)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)	Perm
Totals:		**5.41**	**-6.727**	**0.006**	**0.965**	

Tabla 25. Estado de los tanques combustible condición 3 aguas tranquilas

Fuente: Lugo (2012)

All Tanks

Item	Status	Spgr	Displ (MT)	LCB (m)	TCB (m)	VCB (m)	Eff /Perm
CASCO	**Intact**	**1.025**	**38.56**	**-6.546**	**0.006**	**0.859**	**1.000**
SUPERESTRUCTUR	**Intact**	**1.025**	**0.00**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**1.000**
SubTotals:			**38.56**	**-6.546**	**0.006**	**0.859**	

Tabla 26. Estado de los tanques combustible condición 3aguas tranquilas

Fuente: Lugo (2012)

Brazo Adrizante Residual vs ángulo de Escoramiento

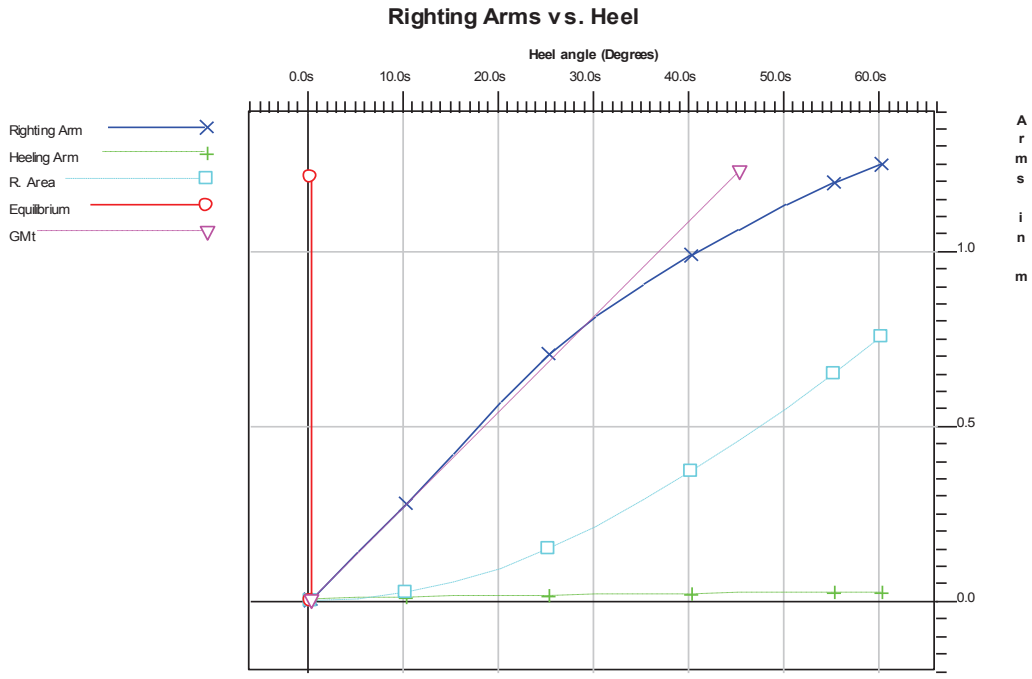
Heel Angle (deg)	Trim Angle (deg)	Origin Depth (m)	Residual Arm (m)	Area (m-Rad)
0.32s	0.58a	1.384	0.000	0.000
0.32s	0.58a	1.384	0.000	0.000
5.32s	0.58a	1.376	0.135	0.006
10.32s	0.57a	1.356	0.270	0.024
15.32s	0.57a	1.321	0.409	0.053
20.32s	0.55a	1.274	0.556	0.095
25.32s	0.57a	1.222	0.690	0.150
30.32s	0.63a	1.169	0.797	0.215
35.32s	0.71a	1.109	0.888	0.288
40.32s	0.81a	1.042	0.969	0.369
45.32s	0.94a	0.967	1.042	0.457
50.32s	1.08a	0.882	1.111	0.551
55.32s	1.25a	0.792	1.172	0.651
60.32s	1.42a	0.695	1.227	0.756

Fuente: Lugo (2012)

IMO RESOLUTION A.749 (18)

Limit	Min/Max	Actual	Margin	Pass
(1) Area from 0.00 deg to 30.00	>0.0550 m-R	0.215	0.160	Yes
(2) Area from 0.00 deg to 40.00 or Flood	>0.0900 m-R	0.369	0.279	Yes
(3) Area from 30.00 deg to 40.00 or Flood	>0.0300 m-R	0.155	0.125	Yes
(4) Angle from 0.00 deg to MaxRA	>25.00 deg	60.00	35.00	Yes
(5) Righting Arm at 30.00 deg	>0.200 m	0.797	0.597	Yes
(6) GM at Equilibrium	>0.150 m	1.563	1.413	Yes

Fuente: **IMO RESOLUTION A.749 (18)**



Grafica 3: Propiedades hidrostáticas condición 3 aguas tranquilas

Fuente: Lugo (2012)

Condición de Retorno

Se evaluará el diseño como si ya hubiese realizado su trabajo en donde sus tanques se encuentran en un 50%.

Datos del Casco (with appendages)

Baseline Draft: 1.353 at Origin

Trim: aft 0.60 deg.

Heel: stbd 0.32 deg.

DIMENSIONS

Length Overall: 16.130 m LWL: 15.060 m Beam: 3.996 m BWL: 3.633 m

Volume: 36.116 m^3 Displacement: 37.019 MT

COEFFICIENTS

Prismatic: 0.754 Block: 0.540 Midship: 0.716 Waterplane: 0.813

RATIOS

Length/Beam: 4.037 Displacement/length: 302.050 Beam/Depth: 3.268

MT/ cm Immersion: 0.456

AREAS

Waterplane: 44.466 m^2 Wetted Surface: 62.929 m^2

Under Water Lateral Plane: 16.200 m^2 Above Water Lateral Plane: 22.775 m^2

CENTROIDS (Meters)

Buoyancy: LCB = 6.539 fwd TCB =0.006 port VCB = 0.840

Flotation: LCF = 6.548 fwd

Under Water LP: 7.403 fwd of Origin, 0.560 below waterline.

Above Water LP: 8.509 fwd of Origin, 0.962 above waterline.

Estado de flotación

Draft FP	1.183m	Heel	stbd 0.32 deg.	GM(Solid)	1.769m
Draft MS	1.268m	Equil	Yes	F/S Corr	0.133m
Draft AP	1.353m	Wind	29.9 kn	GM(Fluid)	1.636m
Trim	aft 0.60 deg.	Wave	No	KMT	1.929 m
LCG	6.532f	VCG	0.161 m	TPcm	0.46

Tabla 27.Estado de flotación condición 4 aguas tranquilas. Fuente: Lugo (2012)

Resumen de carga

Item	Weight (MT)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)
Light Ship	28.75	-6.782	0.000	0.000
Deadweight	8.26	-5.664	0.003	0.720
Displacement	37.01	-6.532	0.000	0.161

Tabla 28: Resumen de carga condición 4 aguas tranquilas

Fuente: Lugo (2012)

Estado de Peso Fijo

Item	Weight (MT)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)
LIGHT SHIP	28.75	-6.782	0.000	0.000
MOTORES	3.60	-3.553	0.000	1.235

PASAJERO	0.20	-7.282	0.000	-3.563
PASAJEROS 2	0.60	-10.950	0.000	-1.403
Total Fixed	**33.15**	**-6.510**	**0.000**	**0.087**

Tabla 29. Estado de Peso Fijo condición 4 aguas tranquilas

Fuente: Lugo (2012)

Estado de los tanques

FUEL OIL (SpGr 0.870)

Tank Name	Load (%)	Weight (MT)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)	Perm
TANQUE DE COMB	49.97%	3.86	-6.726	0.007	0.791	0.985
Subtotals:	**49.97%**	**3.86**	**-6.726**	**0.007**	**0.791**	

Tabla 28. Estado de los tanques condición 4 aguas tranquilas

Fuente: Lugo (2012)

All Tanks

	Load (%)	Weight (MT)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)	Perm
Totals:		**3.86**	**-6.726**	**0.007**	**0.791**	

Tabla 30. Estado de los tanques condición 4 aguas tranquilas

Fuente: Lugo (2012)

Estado de Desplazamientos.

Item	Status	Spgr	Displ (MT)	LCB (m)	TCB (m)	VCB (m)	Eff /Perm
CASCO	**Intact**	**1.025**	**37.02**	**-6.539**	**0.006**	**0.840**	**1.000**
SUPERESTRUCTUR	**Intact**	**1.025**	**0.00**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**1.000**
SubTotals:			**37.02**	**-6.539**	**0.006**	**0.840**	

Tabla 31. Estado de Desplazamientos condición 4 aguas tranquilas

Fuente: Lugo (2012)

En la tabla anterior se muestra que el tanque de Pique de proa se encuentra inundado debido al daño que se supuso para considerarlo en esa condición de avería

Brazo Adrizante Residual vs Ángulo de Escoramiento.

Heel Angle (deg)	Trim Angle (deg)	Origin Depth (m)	Residual Arm (m)	Area (m-Rad)
0.32s	0.60a	1.353	0.000	0.000
5.32s	0.60a	1.345	0.141	0.006
10.32s	0.59a	1.325	0.283	0.025
15.32s	0.59a	1.291	0.427	0.056
20.32s	0.57a	1.244	0.575	0.099
25.32s	0.56a	1.187	0.712	0.155
30.32s	0.59a	1.127	0.820	0.222
35.32s	0.64a	1.062	0.912	0.298
40.32s	0.73a	0.991	0.994	0.381
45.32s	0.82a	0.911	1.068	0.471
50.32s	0.94a	0.822	1.138	0.568
55.32s	1.09a	0.730	1.200	0.670
60.32s	1.25a	0.630	1.256	0.777

Tabla 32. Brazo Adrizante residual vs ángulo de escoramiento

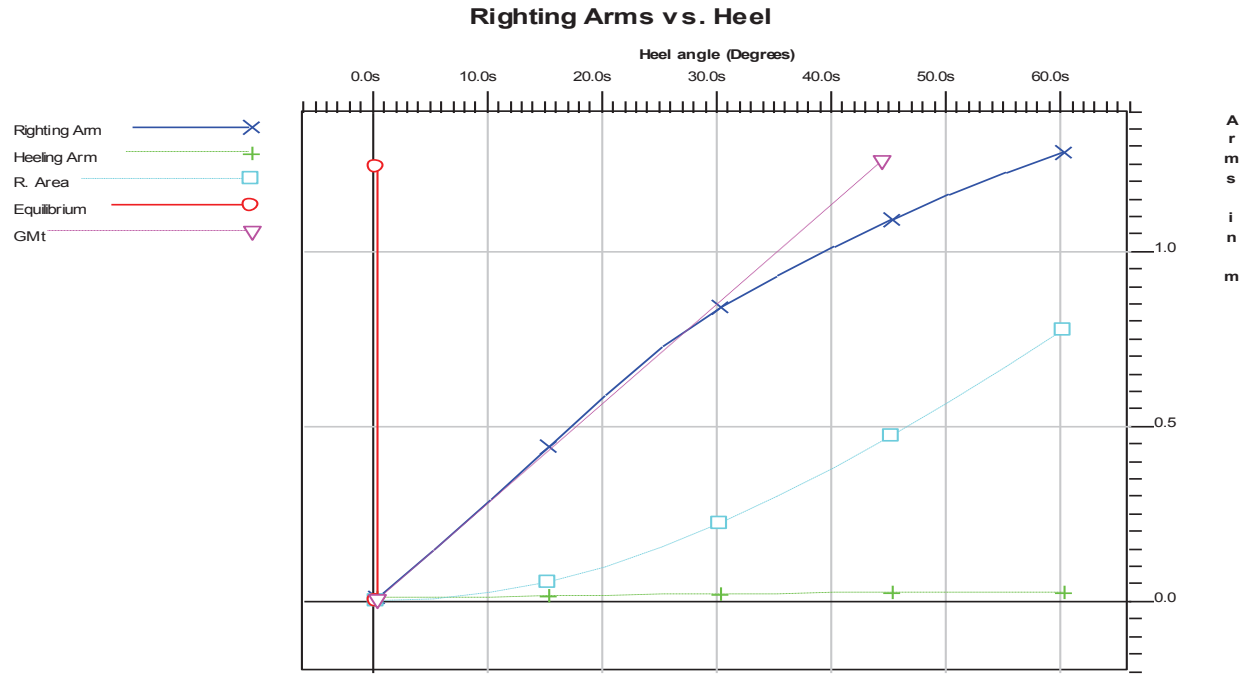
Condición 4 aguas tranquilas

Fuente: Lugo (2012)

IMO RESOLUTION A.749 (18)

Limit	Min/Max	Actual	Margin	Pass
(1) Area from 0.00 deg to 30.00	>0.0550 m-R	0.222	0.167	Yes
(2) Area from 0.00 deg to 40.00 or Flood	>0.0900 m-R	0.381	0.291	Yes
(3) Area from 30.00 deg to 40.00 or Flood	>0.0300 m-R	0.159	0.129	Yes
(4) Angle from 0.00 deg to MaxRA	>25.00 deg	60.00	35.00	Yes
(5) Righting Arm at 30.00 deg	>0.200 m	0.820	0.620	Yes
(6) GM at Equilibrium	>0.150 m	1.636	1.486	Yes

Fuente: **IMO RESOLUTION A.749 (18)**



Grafica 4. Brazo Adrizante residual vs ángulo de escoramiento

Condición 4 aguas tranquilas.

Fuente: Lugo (2012)

CONDICION 5: al 20 %

Hull Data (with appendages)

Baseline Draft: 1.306 at Origin

Trim: aft 0.64 deg.

Heel: stbd 0.34 deg.

DIMENSIONS

Length Overall: 16.130 m LWL: 15.060 m Beam: 3.996 m BWL: 3.609 m

Volume: 33.851 m^3 Displacement: 34.697 MT

COEFFICIENTS

Prismatic: 0.750 Block: 0.533 Midship: 0.711 Waterplane: 0.810

RATIOS

Length/Beam: 4.037 Displacement/length: 283.105 Beam/Depth: 3.420

MT/ cm Immersion: 0.451

AREAS

Waterplane: 44.043 m^2 Wetted Surface: 61.114 m^2

Under Water Lateral Plane: 15.389 m^2 Above Water Lateral Plane: 23.603 m^2

CENTROIDS (Meters)

Buoyancy: LCB = 6.526 fwd TCB =0.007 port VCB = 0.812

Flotation: LCF = 6.527 fwd

Under Water LP: 7.368 fwd of Origin, 0.536 below waterline.

Above Water LP: 8.491 fwd of Origin, 0.981 above waterline.

Estado de flotación

Draft FP	1.125m	Heel	stbd 0.34 deg.	GM(Solid)	1.842m
Draft MS	1.216m	Equil	Yes	F/S Corr	0.113m
Draft AP	1.306m	Wind	29.9 kn	GM(Fluid)	1.729m
Trim	aft 0.64 deg.	Wave	No	KMT	1.948 m
LCG	6.519f	VCG	0.106 m	TPcm	0.45

Tabla 33.Estado de flotación condición 5 aguas tranquilas

Fuente: Lugo (2012)

Resumen de Carga

Item	Weight (MT)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)
Light Ship	28.75	-6.782	0.000	0.000
Deadweight	5.94	-5.249	0.004	0.618
Displacement	34.69	-6.519	0.000	0.106

Tabla 34: Resumen de carga condición 5 aguas tranquilas

Fuente: Lugo (2012)

Estado de Peso Fijo

Item	Weight (MT)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)
LIGHT SHIP	28.75	-6.782	0.000	0.000
MOTORES	3.60	-3.553	0.000	1.235
PASAJERO	0.20	-7.282	0.000	-3.563
PASAJEROS 2	0.60	-10.950	0.000	-1.403
Total Fixed	**33.15**	**-6.510**	**0.000**	**0.087**

Tabla 35. Estado de Peso condición 5 aguas tranquilas

Fuente: Lugo (2012)

Estado de los tanques

FUEL OIL (SpGr 0.870)

Tank Name	Load (%)	Weight (MT)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)	Perm
TANQUE DE COMB	19.97%	1.54	-6.725	0.015	0.507	0.985
Subtotals:	**19.97%**	**1.54**	**-6.725**	**0.015**	**0.507**	

Tabla 36. Estado de los tanques Condición 5 aguas tranquilas

Fuente: Lugo (2012)

All Tanks

	Load (%)	Weight (MT)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)	Perm
Totals:		**1.54**	**-6.725**	**0.015**	**0.507**	

Tabla 37. Estado de los tanques Condición 5 aguas tranquilas

Fuente: Lugo (2012)

Estado de Desplazamiento

Item	Status	Spgr	Displ (MT)	LCB (m)	TCB (m)	VCB (m)	Eff /Perm
CASCO	**Intact**	**1.025**	**34.70**	**-6.526**	**0.007**	**0.812**	**1.000**
SUPERESTRUCTUR	**Intact**	**1.025**	**0.00**	**0.000**	**0.000**	**0.000**	**1.000**
SubTotals:			**34.70**	**-6.526**	**0.007**	**0.812**	

Tabla 38. Estado de desplazamiento condición 5 aguas tranquilas. Fuente: Lugo (2012)

Residual Righting Arms vs Heel Angle

Heel Angle (deg)	Trim Angle (deg)	Origin Depth (m)	Residual Arm (m)	Area (m-Rad)
0.34s	**0.64a**	**1.306**	**0.000**	**0.000**
5.34s	**0.64a**	**1.298**	**0.149**	**0.007**
10.34s	**0.63a**	**1.278**	**0.301**	**0.026**
15.34s	**0.62a**	**1.246**	**0.458**	**0.059**
20.34s	**0.60a**	**1.199**	**0.619**	**0.106**
25.34s	**0.55a**	**1.134**	**0.771**	**0.167**
30.34s	**0.53a**	**1.065**	**0.889**	**0.240**
35.34s	**0.55a**	**0.992**	**0.986**	**0.321**

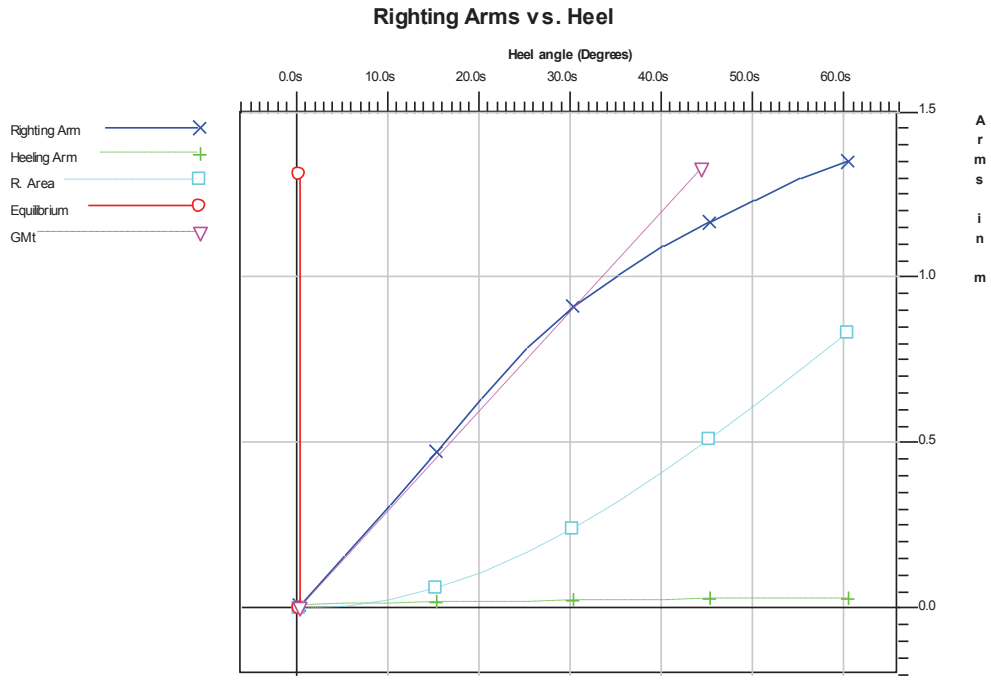
40.34s	**0.59a**	**0.913**	**1.068**	**0.411**
45.34s	**0.65a**	**0.827**	**1.141**	**0.508**
50.34s	**0.74a**	**0.735**	**1.208**	**0.610**
55.34s	**0.86a**	**0.637**	**1.270**	**0.718**
60.34s	**1.00a**	**0.535**	**1.326**	**0.832**

Fuente: Lugo (2012)

IMO RESOLUTION A.749 (18)

Limit	Min/Max	Actual	Margin	Pass
(1) Area from 0.00 deg to 30.00	**>0.0550 m-R**	**0.240**	**0.185**	**Yes**
(2) Area from 0.00 deg to 40.00 or Flood	**>0.0900 m-R**	**0.411**	**0.321**	**Yes**
(3) Area from 30.00 deg to 40.00 or Flood	**>0.0300 m-R**	**0.172**	**0.142**	**Yes**
(4) Angle from 0.00 deg to MaxRA	**>25.00 deg**	**60.00**	**35.00**	**Yes**
(5) Righting Arm at 30.00 deg	**>0.200 m**	**0.889**	**0.689**	**Yes**
(6) GM at Equilibrium	**>0.150 m**	**1.729**	**1.579**	**Yes**

Fuente: **IMO RESOLUTION A.749 (18)**



Grafica 5. Brazo Adrizante residual vs ángulo de escoramiento

Condición 5 aguas tranquilas.

Fuente: Lugo (2012)

Condición en Avería.

Para esta evaluación se supondrá que el casco del buque tenga una fisura en el pique de proa en donde esté inundando. Esta fisura se supondrá que fue producida por un gran impacto que ocasionara dicho daño y este permitiendo la entrada de agua

Hull Data (with appendages)

Baseline Draft: 2.200 at Origin

Trim: aft 2.79 deg.

Heel: stbd 0.29 deg.

DIMENSIONS

Length Overall: 16.130 m LWL: 14.273 m Beam: 3.996 m BWL: 3.934 m

Volume: 32.343 m^3 Displacement: 33.151 MT

COEFFICIENTS

Prismatic: 0.414 Block: 0.319 Midship: 0.771 Waterplane: 0.706

RATIOS

Length/Beam: 4.037 Displacement/length: 317.718 Beam/Depth: 2.216

MT/ cm Immersion: 0.407

AREAS

Waterplane: 39.671 m^2 Wetted Surface: 65.268 m^2

Under Water Lateral Plane: 17.170 m^2 Above Water Lateral Plane: 21.776 m^2

CENTROIDS (Meters)

Buoyancy: LCB = 6.547 fwd TCB =0.006 port VCB = 0.850

Flotation: LCF = 6.895 fwd

Under Water LP: 6.722 fwd of Origin, 0.612 below waterline.

Above Water LP: 8.971 fwd of Origin, 0.986 above waterline.

Estado de flotación

Draft FP	0.542m	Heel	stbd 0.29 deg.	GM(Solid)	1.861m
Draft MS	0.944m	Equil	Yes	F/S Corr	0.000m
Draft AP	2.200m	Wind	29.9 kn	GM(Fluid)	1.861m
Trim	aft 2.79 deg.	Wave	Yes	KMT	1.946 m
LCG	6.510f	VCG	0.087 m	TPcm	0.41

Tabla 39: Estado de flotación condición 6 aguas tranquilas. Fuente: Lugo (2012)

Resumen de Carga

Item	Weight (MT)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)
Light Ship	28.75	-6.782	0.000	0.000
Deadweight	4.40	-4.731	0.000	0.657
Displacement	33.15	-6.510	0.000	0.087

Tabla 40: Resumen de carga condición 6 aguas tranquilas. Fuente: Lugo (2012)

Estado de pesos arreglados

Item	Weight (MT)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)
LIGHT SHIP	28.75	-6.782	0.000	0.000
MOTORES	3.60	-3.553	0.000	1.235
PASAJERO	0.20	-7.282	0.000	-3.563
PASAJEROS 2	0.60	-10.950	0.000	-1.403
Total Weight	**33.15**	**-6.510**	**0.000**	**0.087**

Tabla 41.Estado de pesos arreglados condición 6 aguas tranquilas. Fuente: Lugo (2012)

Estado de Desplazamientos.

Item	Status	Spgr	Displ (MT)	LCB (m)	TCB (m)	VCB (m)	Eff /Perm
CASCO	Intact	1.025	36.93	-5.927	0.008	0.903	1.000
SUPERESTRUCTUR	Intact	1.025	0.00	0.000	0.000	0.000	1.000
PIQUE DE POPA	Flooded	1.025	-3.78	-0.487	0.021	1.375	0.985
SubTotals:			**33.15**	**-6.547**	**0.006**	**0.850**	

Tabla 42. Estado de Desplazamientos condición 6 aguas tranquilas. Fuente: Lugo (2012)

Brazo Adrizante Residual vs Ángulo de Escoramiento.

Heel Angle (deg)	Trim Angle (deg)	Origin Depth (m)	Residual Arm (m)	Area (m-Rad)
0.29s	**2.79a**	**1.705**	**0.000**	**0.000**
0.30s	**2.79a**	**1.705**	**0.000**	**0.000**
5.29s	**2.82a**	**1.703**	**0.163**	**0.007**
10.29s	**2.80a**	**1.684**	**0.322**	**0.028**
15.29s	**2.83a**	**1.657**	**0.479**	**0.063**
20.29s	**2.85a**	**1.616**	**0.629**	**0.112**

25.29s	**2.85a**	**1.562**	**0.768**	**0.173**
30.29s	**2.88a**	**1.501**	**0.894**	**0.245**
35.29s	**2.97a**	**1.436**	**1.004**	**0.328**
40.29s	**3.09a**	**1.368**	**1.098**	**0.420**
45.29s	**3.22a**	**1.292**	**1.180**	**0.520**
50.29s	**3.34a**	**1.208**	**1.254**	**0.626**
55.29s	**3.48a**	**1.116**	**1.322**	**0.738**
60.29s	**3.65a**	**1.016**	**1.392**	**0.857**

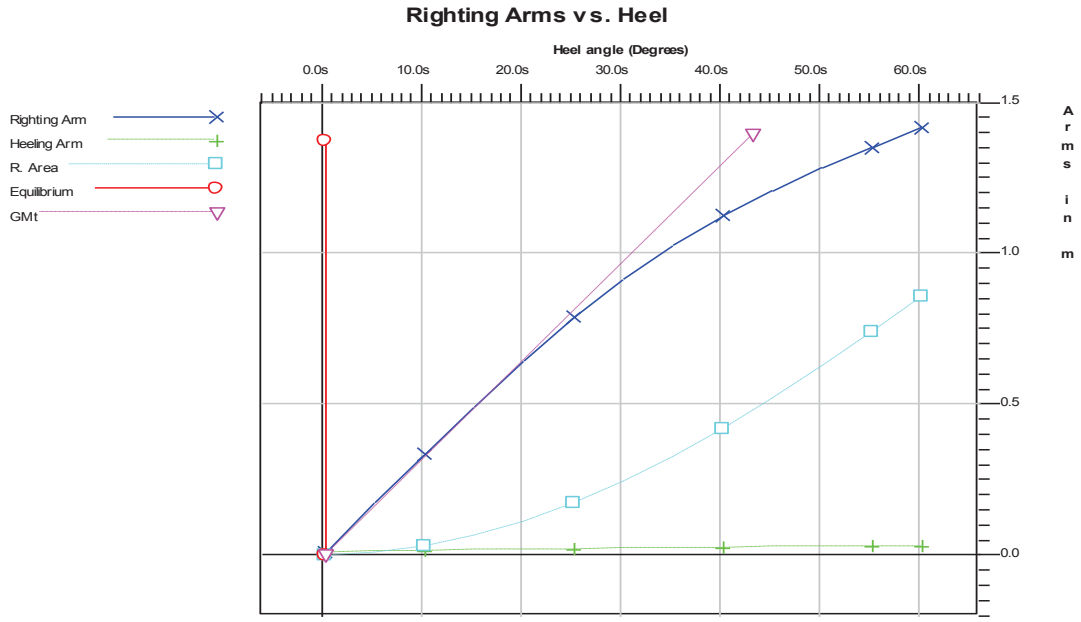
Tabla 43. Brazo Adrizante residual vs ángulo de escoramiento

Condición 6 aguas tranquilas. Fuente: Lugo (2012)

IMO RESOLUTION A.749 (18)

Limit	Min/Max	Actual	Margin	Pass
(1) Area from 0.00 deg to 30.00	**>0.0550 m-R**	**0.245**	**0.190**	**Yes**
(2) Area from 0.00 deg to 40.00 or Flood	**>0.0900 m-R**	**0.420**	**0.330**	**Yes**
(3) Area from 30.00 deg to 40.00 or Flood	**>0.0300 m-R**	**0.175**	**0.145**	**Yes**
(4) Angle from 0.00 deg to MaxRA	**>25.00 deg**	**60.00**	**35.00**	**Yes**
(5) Righting Arm at 30.00 deg	**>0.200 m**	**0.894**	**0.694**	**Yes**
(6) GM at Equilibrium	**>0.150 m**	**1.861**	**1.711**	**Yes**

Fuente: **IMO RESOLUTION A.749 (18)**



Grafica 6. Brazo Adrizante residual vs ángulo de escoramiento

Condición 6 aguas tranquilas.

Fuente: Lugo (2012)

Condición de avería en doble fondo

Hull Data (with appendages)

Baseline Draft: 1.844 at Origin

Trim: fwd 0.77 deg.

Heel: stbd 0.13 deg.

DIMENSIONS

Length Overall: 16.130 m LWL: 15.049 m Beam: 3.996 m BWL: 3.942 m

Volume: 32.340 m^3 Displacement: 33.149 MT

COEFFICIENTS

Prismatic: 0.388 Block: 0.273 Midship: 0.704 Waterplane: 0.761

RATIOS

Length/Beam: 4.037 Displacement/length: 271.076 Beam/Depth: 2.005

MT/ cm Immersion: 0.463

AREAS

Waterplane: 45.156 m^2 Wetted Surface: 65.737 m^2

Under Water Lateral Plane: 18.965 m^2 Above Water Lateral Plane: 19.828 m^2

CENTROIDS (Meters)

Buoyancy: LCB = 6.498 fwd TCB =0.007 port VCB = 0.984

Flotation: LCF = 6.667 fwd

Under Water LP: 7.877 fwd of Origin, 0.640 below waterline.

Above Water LP: 8.291 fwd of Origin, 0.889 above waterline.

Note: Coefficients calculated based on waterline length at given draft

Estado de Flotación

Draft FP	1.202m	Heel	stbd 0.13 deg.	GM(Solid)	2.139m
Draft MS	1.060m	Equil	Yes	F/S Corr	0.000m
Draft AP	1.844m	Wind	29.9 kn	GM(Fluid)	2.139m
Trim	fwd 0.77 deg.	Wave	Yes	KMT	2.226 m
LCG	6.510f	VCG	0.087 m	TPcm	0.46

Tabla 44 .Estado de flotación condición 7 aguas tranquilas

Fuente: Lugo (2012)

Resumen de Carga

Item	Weight (MT)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)
Light Ship	28.75	-6.782	0.000	0.000
Deadweight	4.40	-4.731	0.000	0.657
Displacement	33.15	-6.510	0.000	0.087

Tabla 45: Resumen de carga condición 7 aguas tranquilas

Fuente: Lugo (2012)

Estado de pesos arreglados

Item	Weight (MT)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)
LIGHT SHIP	28.75	-6.782	0.000	0.000
MOTORES	3.60	-3.553	0.000	1.235
PASAJERO	0.20	-7.282	0.000	-3.563
PASAJEROS 2	0.60	-10.950	0.000	-1.403
Total Weight	**33.15**	**-6.510**	**0.000**	**0.087**

Tabla 46 .Estado de pesos arreglados condición 7 aguas tranquilas

Fuente: Lugo (2012)

Estado de los tanques

Item	Status	Spgr	Displ (MT)	LCB (m)	TCB (m)	VCB (m)	Eff /Perm
CASCO	Intact	1.025	38.87	-7.022	0.006	0.913	1.000
DOBLE FONDO	Flooded	1.025	-5.72	-10.059	0.000	0.501	0.985
SUPERESTRUCTUR	Intact	1.025	0.00	0.000	0.000	0.000	1.000
SubTotals:			**33.15**	**-6.498**	**0.007**	**0.984**	

Tabla 47.Estado de los tanques condición 7 aguas tranquilas. Fuente: Lugo (2012)

Brazo Adrizante Residual vs Ángulo de Escoramiento.

Heel Angle (deg)	Trim Angle (deg)	Origin Depth (m)	Residual Arm (m)	Area (m-Rad)
0.13s	**0.77f**	**1.344**	**0.000**	**0.000**
0.13s	**0.76f**	**1.344**	**0.000**	**0.000**
5.13s	**0.80f**	**1.335**	**0.184**	**0.008**
10.13s	**0.83f**	**1.317**	**0.363**	**0.032**
15.13s	**0.84f**	**1.285**	**0.535**	**0.071**

20.13s	**0.84f**	**1.239**	**0.699**	**0.125**
25.13s	**0.82f**	**1.182**	**0.848**	**0.193**
30.13s	**0.79f**	**1.113**	**0.984**	**0.273**
35.13s	**0.76f**	**1.033**	**1.107**	**0.364**
40.13s	**0.71f**	**0.948**	**1.210**	**0.465**
45.13s	**0.60f**	**0.859**	**1.299**	**0.575**
50.13s	**0.46f**	**0.764**	**1.378**	**0.692**
55.13s	**0.28f**	**0.664**	**1.447**	**0.815**
60.13s	**0.07f**	**0.556**	**1.513**	**0.944**

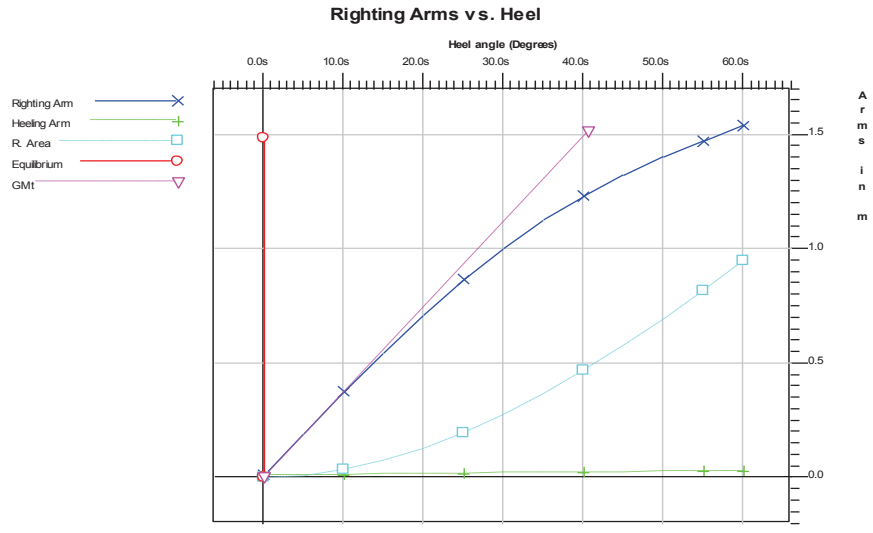
Tabla 48. Brazo Adrizante residual vs ángulo de escoramiento

Condición 7 aguas tranquilas.. Fuente: Lugo (2012)

IMO RESOLUTION A.749 (18)

Limit	Min/Max	Actual	Margin	Pass
(1) Area from 0.00 deg to 30.00	**>0.0550 m-R**	**0.273**	**0.218**	**Yes**
(2) Area from 0.00 deg to 40.00 or Flood	**>0.0900 m-R**	**0.465**	**0.375**	**Yes**
(3) Area from 30.00 deg to 40.00 or Flood	**>0.0300 m-R**	**0.193**	**0.163**	**Yes**
(4) Angle from 0.00 deg to MaxRA	**>25.00 deg**	**60.00**	**35.00**	**Yes**
(5) Righting Arm at 30.00 deg	**>0.200 m**	**0.984**	**0.784**	**Yes**
(6) GM at Equilibrium	**>0.150 m**	**2.139**	**1.989**	**Yes**

Fuente: **IMO RESOLUTION A.749 (18**



Grafica 7. Brazo Adrizante residual vs ángulo de escoramiento

Condición 7 aguas tranquilas.. Fuente: Lugo (2012)

Condición de avería en pique de proa

Hull Data (with appendages)

Baseline Draft: 1.887 at Origin

Trim: aft 0.68 deg.

Heel: stbd 0.18 deg.

DIMENSIONS

Length Overall: 16.130 m LWL: 14.561 m Beam: 3.996 m BWL: 3.889 m

Volume: 32.334 m^3 Displacement: 33.142 MT

COEFFICIENTS

Prismatic: 0.434 Block: 0.329 Midship: 0.758 Waterplane: 0.758

RATIOS

Length/Beam: 4.037 Displacement/length: 299.202 Beam/Depth: 2.305

MT/ cm Immersion: 0.440

AREAS

Waterplane: 42.934 m^2 Wetted Surface: 61.659 m^2

Under Water Lateral Plane: 16.583 m^2 Above Water Lateral Plane: 22.259 m^2

CENTROIDS (Meters)

Buoyancy: LCB = 6.518 fwd TCB =0.008 port VCB = 0.852

Flotation: LCF = 6.372 fwd

Under Water LP: 7.388 fwd of Origin, 0.572 below waterline.

Above Water LP: 8.540 fwd of Origin, 0.954 above waterline.

Estado de flotación

Draft FP	0.831m	Heel	stbd 0.18 deg.	GM(Solid)	1.938m
Draft MS	0.908m	Equil	Yes	F/S Corr	0.000m
Draft AP	1.887m	Wind	29.9 kn	GM(Fluid)	1.938m
Trim	aft 0.68 deg.	Wave	Yes	KMT	2.025 m
LCG	6.510f	VCG	0.087 m	TPcm	0.44

Tabla 49: Estado de flotación condición 8 aguas tranquilas. Fuente: Lugo (2012)

Resumen de Carga

tem	Weight	LCG	TCG	VCG

	(MT)	(m)	(m)	(m)
Light Ship	28.75	-6.782	0.000	0.000
Deadweight	4.40	-4.731	0.000	0.657
Displacement	33.15	-6.510	0.000	0.087

Tabla 50: Resumen de carga condición 8 aguas tranquilas. Fuente: Lugo (2012)

Estado de pesos arreglados.

Item	Weight (MT)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)
LIGHT SHIP	28.75	-6.782	0.000	0.000
MOTORES	3.60	-3.553	0.000	1.235
PASAJERO	0.20	-7.282	0.000	-3.563
PASAJEROS 2	0.60	-10.950	0.000	-1.403
Total Weight	**33.15**	**-6.510**	**0.000**	**0.087**

Tabla 51. Estado de Pesos arreglados condición 8 aguas tranquilas

Fuente: Lugo (2012)

Estado de Desplazamientos.

Item	Status	Spgr	Displ (MT)	LCB (m)	TCB (m)	VCB (m)	Eff /Perm
CASCO	Intact	1.025	33.34	-6.562	0.008	0.851	1.000
PIQUE DE PROA	Flooded	1.025	-0.20	-13.857	0.014	0.739	0.985
SUPERESTRUCTUR	Intact	1.025	0.00	0.000	0.000	0.000	1.000
SubTotals:			**33.14**	**-6.518**	**0.008**	**0.852**	

Tabla 52. Estado de desplazamientos condición 8 aguas tranquilas

Fuente: Lugo (2012)

Brazo Adrizante Residual vs ángulo de Escoramiento

Heel Angle (deg)	Trim Angle (deg)	Origin Depth (m)	Residual Arm (m)	Area (m-Rad)
0.18s	0.68a	1.387	0.000	0.000
0.18s	0.68a	1.388	0.000	0.000
5.18s	0.66a	1.379	0.171	0.007
10.18s	0.67a	1.363	0.336	0.030
15.18s	0.68a	1.334	0.493	0.066
20.18s	0.68a	1.289	0.642	0.115
25.18s	0.67a	1.233	0.781	0.178
30.18s	0.67a	1.165	0.908	0.251
35.18s	0.69a	1.087	1.023	0.336
40.18s	0.73a	1.003	1.123	0.429
45.18s	0.80a	0.916	1.207	0.531
50.18s	0.87a	0.822	1.279	0.640
55.18s	0.99a	0.723	1.344	0.754
60.18s	1.15a	0.620	1.407	0.874

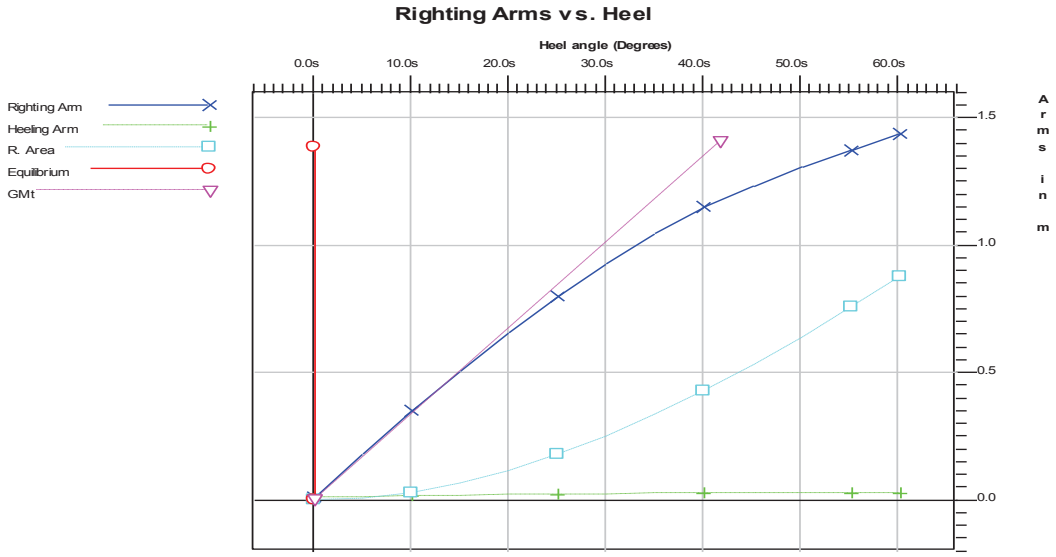
Tabla 53. Brazo adrizante residual vs ángulo de escoramiento condición 8 aguas tranquilas

Fuente: Lugo (2012)

IMO RESOLUTION A.749 (18)

Limit	Min/Max	Actual	Margin	Pass
(1) Area from 0.00 deg to 30.00	>0.0550 m-R	0.251	0.196	Yes
(2) Area from 0.00 deg to 40.00 or Flood	>0.0900 m-R	0.429	0.339	Yes
(3) Area from 30.00 deg to 40.00 or Flood	>0.0300 m-R	0.178	0.148	Yes
(4) Angle from 0.00 deg to MaxRA	>25.00 deg	60.00	35.00	Yes
(5) Righting Arm at 30.00 deg	>0.200 m	0.908	0.708	Yes
(6) GM at Equilibrium	>0.150 m	1.938	1.788	Yes

Fuente: **IMO RESOLUTION A.749 (18)**



Grafica 8. Brazo Adrizante residual vs ángulo de escoramiento

Condición 8 aguas tranquilas.

Fuente: Lugo (2012)

Resistencia Al Avance Y Propulsión.

Como la resistencia al avance se calcula respecto a la forma del casco, se realizó un modelo en el software MaxSurf Pro 13.01, para luego ser evaluado en el software HullSpeed 13.01, arrojando las siguientes tablas y gráficas.

Características	Valores	Unidad	Método
LWL	14.66	m	14.66
Beam	3.546	m	3.546
Draft	1.086	m	--
Displaced volume	26.627	m^3	26.627
Wetted area	53.576	m^2	--
Prismatic coeff.	0.73		--
Waterplane area coeff.	0.8		--

1/2 angle of entrance	22	deg.	--
LCG from midships(+ve for'd)	-1.123	m	-1.123
Transom area	0.118	m^2	--
Transom wl beam	3.086	m	--
Transom draft	0.038	m	--
Max sectional area	2.489	m^2	--
Bulb transverse area	0.001	m^2	--
Bulb height from keel	0	m	--
Draft at FP	0	m	--
Deadrise at 50% LWL	19.85	deg.	19.85
Hard chine or Round bilge	Round bilge		--
Frontal Area	0	m^2	
Headwind	0	kts	
Drag Coefficient	0		
Air density	1.293	kg/m^3	
Appendage Area	0	m^2	
Nominal App. length	0	m	
Appendage Factor	1		
Correlation allow.	0.00040		
Kinematic viscosity	0.0000011883	m^2/s	
Water Density	1025.9	kg/m^3	

Tabla 54. Características para la Propulsión por HullSpeed 13.01

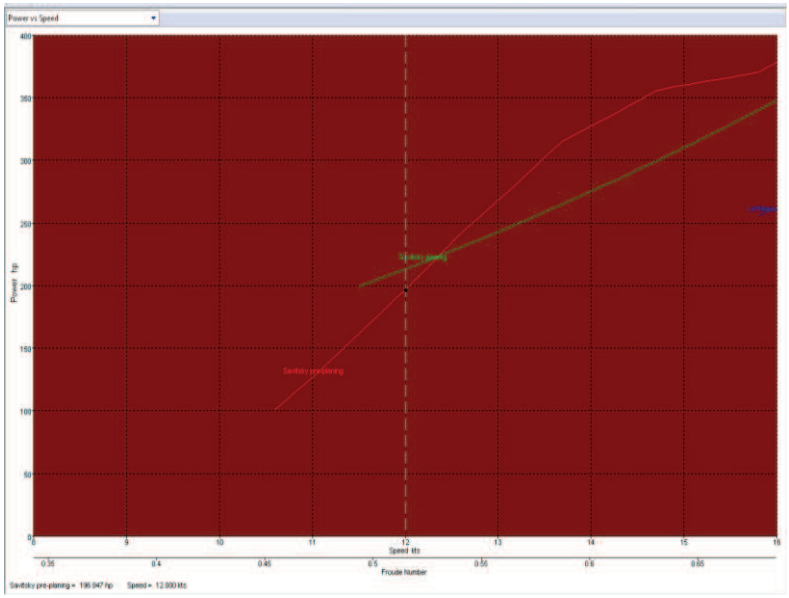
Fuente: Lugo (2012).

En la tabla se expresan los valores que son necesarios para calcular la resistencia al avance y propulsión en función de la velocidad, velocidad requerida 30 nudos

	Speed (kts)	Savitsky planing Resist. (kN)	Savitsky planing Power (hp)
1	0	--	--
2	0.75	--	--
3	1.5	--	--
4	2.25	--	--
5	3	--	--
6	3.75	--	--
7	4.5	--	--
8	5.25	--	--
9	6	--	--
10	6.75	--	--
11	7.5	--	--
12	8.25	--	--
13	9	--	--
14	9.75	--	--
15	10.5	--	--
16	11.25	--	--
17	12	21.89	226.53
18	12.75	22.73	249.91
19	13.5	23.61	274.84
20	14.25	24.52	301.36
21	15	25.47	329.48
22	15.75	26.45	359.2
23	16.5	27.44	390.49
24	17.25	28.45	423.24
25	18	29.46	457.33
26	18.75	30.46	492.56
27	19.5	31.44	528.68
28	20.25	32.38	565.4
29	21	33.26	602.41
30	21.75	34.09	639.38
31	22.5	34.84	676.02
32	23.25	35.52	712.07
33	24	36.11	747.32
34	24.75	36.62	781.62
35	25.5	37.06	814.91
36	26.25	37.42	847.16
37	27	37.73	878.39
38	27.75	37.97	908.67
39	28.5	38.17	938.08
40	29.25	38.33	966.75
41	30	38.45	994.78

Tabla 55: Método de Holtrop por HullSpeed 13.01. Fuente: Lugo (2012).

Los valores de la tabla anterior generan una grafica haciendo una relación entre la velocidad y la potencia dando una noción de cómo se comporta la forma del casco al momento de general cualquier resistencia al avance. La grafica es la siguiente.



Grafica 9. Potencia entre Velocidad por HullSpeed 13.01. Fuente: Lugo (2012).

Metodología desarrollada para el Recupero de Seguros de los Proyectos Navales en ejecución, afectados por el Terremoto - Tsunami del 27 de Febrero de 2010 en ASMAR(T.)

Manuel Alberto Massoglia Vargas
ASMAR

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo detallará él cómo Astilleros y Maestranzas de la Armada (ASMAR) luego de la catástrofe provocada por un Terremoto seguido de un Tsunami, ocurrida el 27 de Febrero del año 2010, se organizó para administrar los reclamos a las compañías aseguradoras, de las naves siniestradas que se encontraban en diferentes etapas de su construcción en las instalaciones del Astillero de Talcahuano.

Considerando el alto costo y largo plazo que significaba la recuperación de las naves, el efectuar el recupero total del dinero por nave al finalizar la reparación y contar con toda la documentación de respaldo como debiera ser habitualmente, implicaba al astillero hacer uso de su propia caja durante dicho periodo, con el costo financiero que ello trae consigo. Tal condición movió al astillero a solicitar a las compañías de seguro pagar anticipos en base a la aprobación de estados de avance de gastos que pudieran ser respaldados con toda la documentación requerida, lo que fue aceptado por estas.

Con el propósito entonces, de poder elaborar dichos estados de avance en forma sencilla, con la información de respaldo relevante, presentados en un esquema que fuera amable en su revisión y comprobación por parte del liquidador designado y así obtener su rápida aprobación, el Astillero desarrolló una metodología para clasificar y compilar la información de las acciones de reparación de las naves según los montos en dinero involucrados y su ocurrencia en el tiempo, siguiendo los

programas de trabajo convenidos con los clientes, que resultaron de los plazos de entrega de los equipos, repuestos y materiales por parte de los proveedores más los trabajos estimados por el Astillero.

CAPITULO 2
PROYECTOS EN EJECUCIÓN:

El 27 de Febrero 2010 a las 03:34 AM, un sismo de magnitud 8.8 en la escala Richter sacudió a Chile en la zona sur. El Terremoto tuvo su epicentro a 317 kilómetros al suroeste de Santiago y a una profundidad de 59,4 kilómetros, condición que generó un Tsunami que causó serios daños en la zona costera, en especial en Talcahuano, afectando en forma relevante las instalaciones de Astilleros y Maestranzas de la Armada y en consecuencia a los Proyectos Vikingo – Isfelag – Medusa .





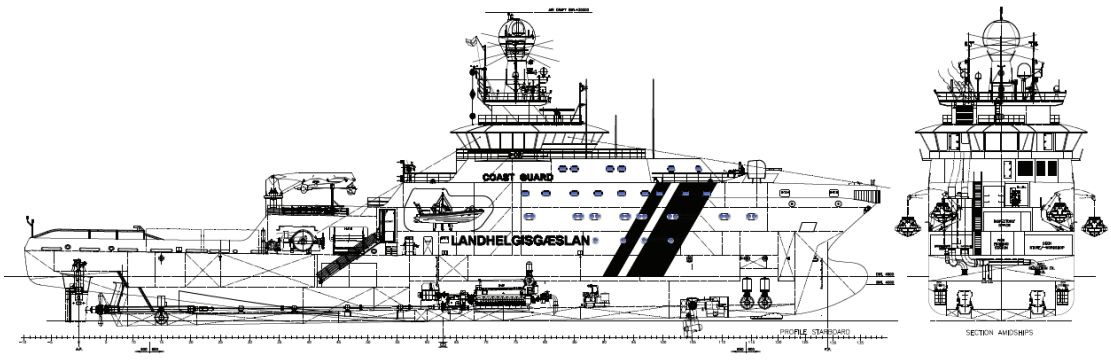




Al día 26-Febrero de 2010 se encontraban en etapa de construcción los siguientes proyectos navales en los Astilleros y Maestranza de la Armada:

VIKINGO (THOR)

- **Propósito**: Buque Guardacostas multipropósito de diseño tipo UT 512 L, equipado para las siguientes tareas a operar en el Atlántico Norte:
  - Patrullaje de pesca, administración de recursos y aplicación de la ley al interior de la zona económica exclusiva de Islandia.
  - Búsqueda y rescate (SAR) incluyendo evacuaciones médicas, salvataje, remolque y asistencia de buceo.
  - Transporte de grupos de rescate, vehículos y equipos para operaciones de búsqueda y rescate.
  - Comando y coordinación en el lugar de la acción de extensas situaciones de rescate y auxilio en operaciones humanitarias.
  - Potencial plataforma paramilitar y de resguardo de la paz interior y exterior del Atlántico Norte.
  - Control de contaminación y polución ambiental.
- **Armador**: Ministerio de Hacienda de la República de Islandia.



MAIN PARTICULARS:

LENGTH OVER ALL	APPR.:	approx. 93,80 M
LENGTH BETWEEN P.P.		approx. 82,45 M
BREADTH MLD.		approx. 16,00 M
DEPTH TO MAIN DECK		approx. 7,20 M
DESIGN DRAUGHT		approx. 4,90 M
SCANTLING DRAUGHT		approx. 5,80 M
AIR DRAFT		approx. 30,00 M
FRAMESPACING		600/650 MM
EQUIPPED FOR:	48 PERSONS	

CAPACITIES

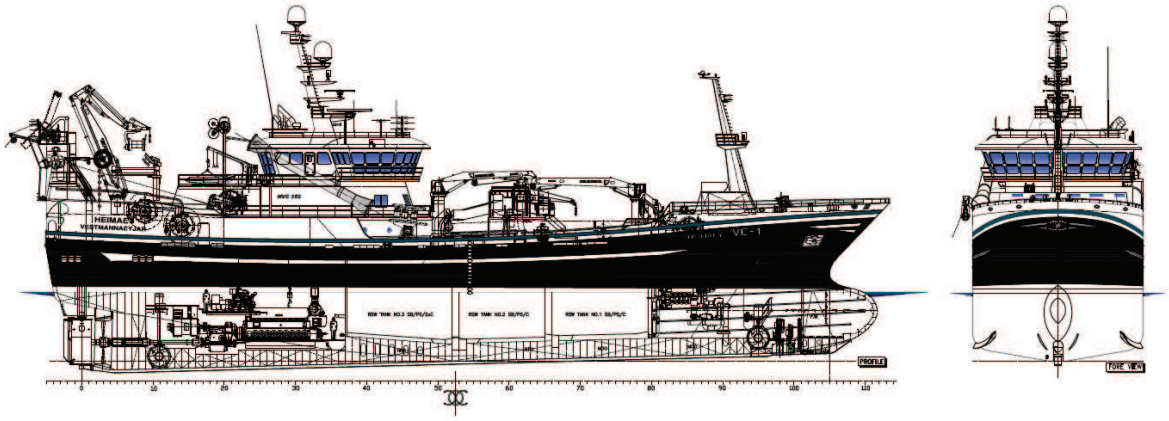
BALLAST WATER	APPR.: 861 CU.M.
FRESHWATER	APPR.: 297 CU.M.
FUEL OIL, DEDICATED TANKS	APPR.: 1109 CU.M.
FUEL OIL, DUAL TANKS	APPR.: 267 CU.M.
RECOVERED OIL	APPR.: 675 CU.M.
GROSS TONNAGE	APPR.: 4201 GRT

CLASS: LRS ✠100A1, LMC, ✠Ice class 1B, UMS, Occasional Oil Recovery Duties, EP, DP(AM), CAC3, Fire-fighting ship 1(2400) with water spray.

ISFELAG (F/V HEIMAY)

- **Propósito**: Pesquero de Cerco y Arrastre de 2.000 m³ de capacidad de bodegas refrigeradas (RSW), diseñado por la empresa RRM de Noruega para la pesca de arenque, caballa, capelán y bacaladilla. A operar en el Océano Atlántico Norte, el Mar del Norte y el Canal de la Mancha.

- **Armador**: ISFELAG VESTMANNAEYA HF de la isla Vestmannaeyjum de Islandia.



MAIN PARTICULARS		
LENGTH OVER ALL	:	71,10 M
LENGTH BETWEEN P.P.	:	63,00 M
BREADTH MLD	:	14,40 M
DEPTH TO MAIN DECK	:	6,80 M
DEPTH TO SHELTER DECK	:	9,50 M

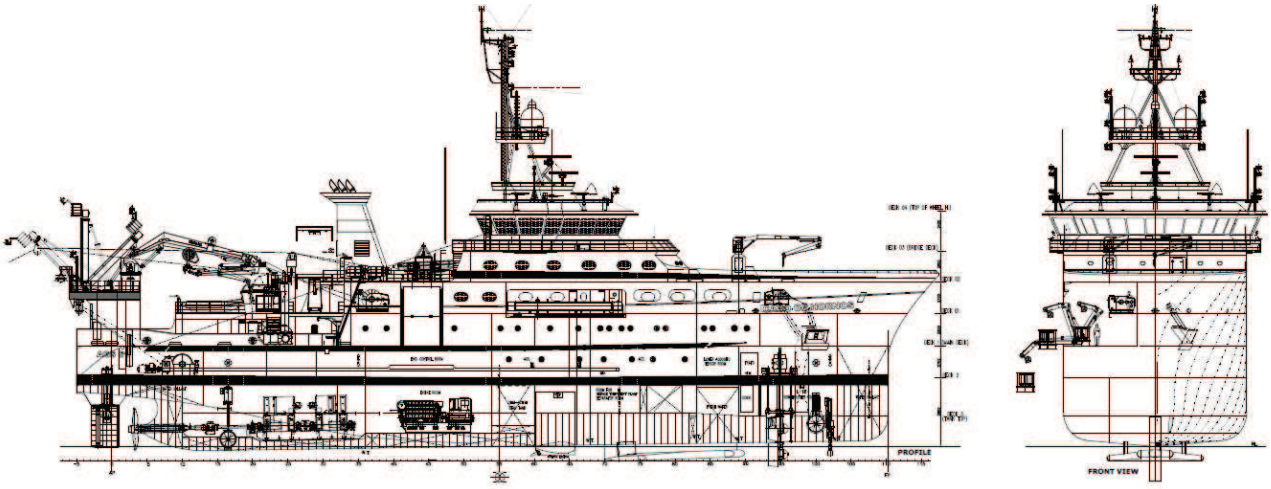
CAPACITIES :		
VOLUME RSW	:	2000 CUB.M.
HEAVY FUEL OIL	:	approx 371 CUB.M.
MARINE DIESEL OIL	:	approx 189 CUB.M.
FRESHWATER	:	43 CUB.M.

MEDUSA (AGS 61 CABO DE HORNOS)

- **Propósito**: Buque de oceanográfico Investigación Multipropósito, entre sus roles principales la investigación pesquera, geofísica, oceanográfica e hidrográfica. Sus roles específicos consisten en realizar investigaciones acústicas, medioambientales e investigación tanto de especies como fondo marino. Para el cumplimiento de sus misiones, fue construido para alcanzar los niveles de emisión de ruido bajo superficie establecido en el Informe ICES Cooperative Research Report 209 y cuenta con modernos equipos, sistemas, acomodaciones y laboratorios a bordo que permitirán tomar y analizar

muestras de peces, sedimentos del fondo marino, químicos y líquidos en general. Buque diseñado para operar en el Mar Presencial Chileno.

- **Armador**: Armada de Chile y la Subsecretaría de Pesca.



MAIN DIMENSIONS:

LENGTH O.A.	74,10 m
LENGTH P.P.	66,10 m
BEAM	15,60 m
BEAM AT BRIDGE DECK	19,14 m
DEPTH TO DECK 2	5,80 m
DEPTH TO DECK 1	8,50 m
DEPTH TO DECK 01	11,30 m
DEPTH TO DECK 02	14,00 m
FRAME SPACING	600 mm

ACCOMMODATION FOR 68 PERSONS + HOSPITAL
-25 SCIENTISTS
- 9 OFFICERS
-34 CREW

CLASS:
GL⊕ 100 A5 E MC AUT "E" - RESEARCH VESSEL

CAPITULO 3
SITUACIÓN PRE-TERREMOTO-TSUNAMI DE LOS PROYECTOS EN EJECUCIÓN:

Vikingo:

Este proyecto se encontraba en la etapa final de su construcción, habiéndose desarrollado en el mes de Enero y la mitad de Febrero 2010, las puestas en marcha y pruebas de equipos y sistemas, tanto en molo, como en navegaciones en la mar, estas puestas en servicio y comisionamiento fueron ejecutadas por representantes Técnicos nacionales como extranjeros, representantes del Armador, Clase y el apoyo de especialistas del Astillero.

El 27 de Febrero el Buque cumplía 3 días de su último periodo de Dique, el cual consideraba, preparación de superficies, término y entrega de trabajos de estanques, limpieza e inspección de válvulas de fondo, de filtros en cajas de mar, inspecciones de casco, pintura final de obra viva y repaso de obra muerta y cubiertas, medición de claros de ejes y timones. La estadía prevista consideraba 10 días.

Posterior al término del periodo de Dique, los Talleres de Producción básicamente se disponían a completar el proceso de fabricación e instalación de sistemas auxiliares, para comisionarlos, equipos y sistemas que no requerían ser probados en navegación, además corregir observaciones internas y externas, generadas producto inspecciones del cliente, Clase y de las mencionadas pruebas. Respecto a los materiales y equipos a instalar, se encontraban en las instalaciones del Astillero, Almacenes, Talleres, Patios de acopio.



Isfelag:

El casco se encontraba en un 95% terminado, además que se encontraban abordo los equipos principales, tales como: motor principal, caja reductora, generador de cola, tablero principal, algunas bombas, purificadores de petróleo y aceite, generador diesel auxiliar, generador diesel de puerto, los equipos principales de sistema de refrigeración (RSW) y otros equipos y elementos menores, teniendo programado su lanzamiento 29-Abril-2010 y su posterior entrega 30-09-2010.

En lo referido a los materiales y equipos pendientes a instalar o para fabricación de los sistemas, estos se encontraban en las instalaciones del Astillero (Almacenes y/o Talleres).

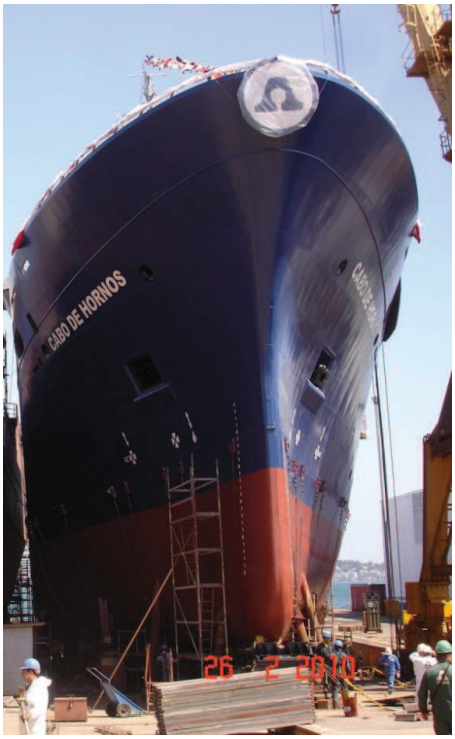


Medusa:

El día 26-Febrero-2010, el buque se encontraba ubicado en el lado oeste de la Grada de Construcción, en proceso de terminación de los últimos trabajos pertinentes para el lanzamiento, el cual estaba programado para las 23:02 hrs. del día 27-Febrero-2010, día del terremoto/tsunami.

En el buque se encontraban 5 personas trabajando en los detalles de soldadura en la superestructura y dando término a trabajos en los sistemas de cañerías. En general el buque se encontraba preparado y en condiciones para ser lanzado al mar, con todas las aberturas y descargas cerradas y/o selladas, los estanques en proceso de cierre, la maniobra de lanzamiento armada y parcialmente efectuada la transferencia del buque desde las camas de construcción hacia la imada (senda de deslizamiento), para que a continuación en los muelles de atraque, se diera término al outfitting e iniciar la Pruebas de Muelle y Mar, teniendo como fecha de entrega a la Armada de Chile el 01-Marzo-2011

En lo referido a los materiales y equipos pendientes a instalar o para la fabricación de los sistemas, estos se encontraban en las instalaciones del Astillero (Almacenes y/o Talleres.





CAPITULO 4
ANÁLISIS DE SINIESTRO

En el Entorno, Talcahuano, Base Naval y Astillero, los efectos de la catástrofe fueron cuantiosas, interrupción de los servicios básicos (Luz, Agua, Gas y Comunicaciones), además, la gran cantidad de sedimentos, escombros, vehículos, naves siniestradas, containers, etc. que dificultaron en algunos sectores el tránsito vehicular, por lo que hizo difícil poder acceder al Astillero en las 48 horas iniciales y en forma restringida en los días siguiente.

Talcahuano: Calle Principal



ASMAR (T) perdió su capacidad Productiva, sufriendo cuantiosos daños en Infraestructura, Diques, Molos, Edificios, Grúas, Talleres, Equipamiento, Herramientas y Almacenes. Ante esta condición y la ausencia de los servicios básicos, la capacidad del astillero de emprender acciones correctivas o preventivas, para disminuir efectos negativos progresivos sobre equipos, elementos y materiales siniestrados.

Asmar: Puerta Principal



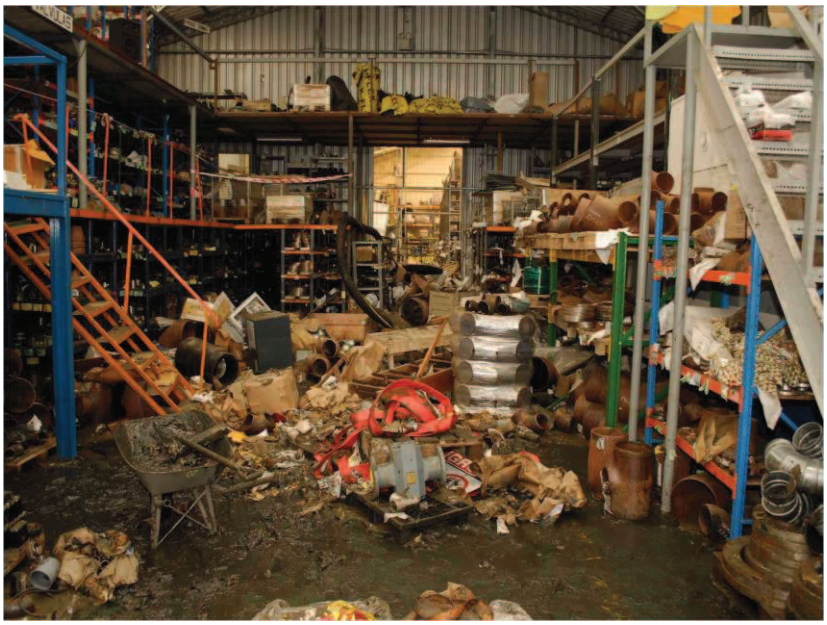
Calle principal del Astillero



Taller de Asmar



Almacén de materiales menores



CAPITULO 5
EFECTOS DE LOS DAÑOS EN LOS BUQUES, TALLERES Y ALMACENES

1. Efectos del Terremoto y Tsunami en Buques

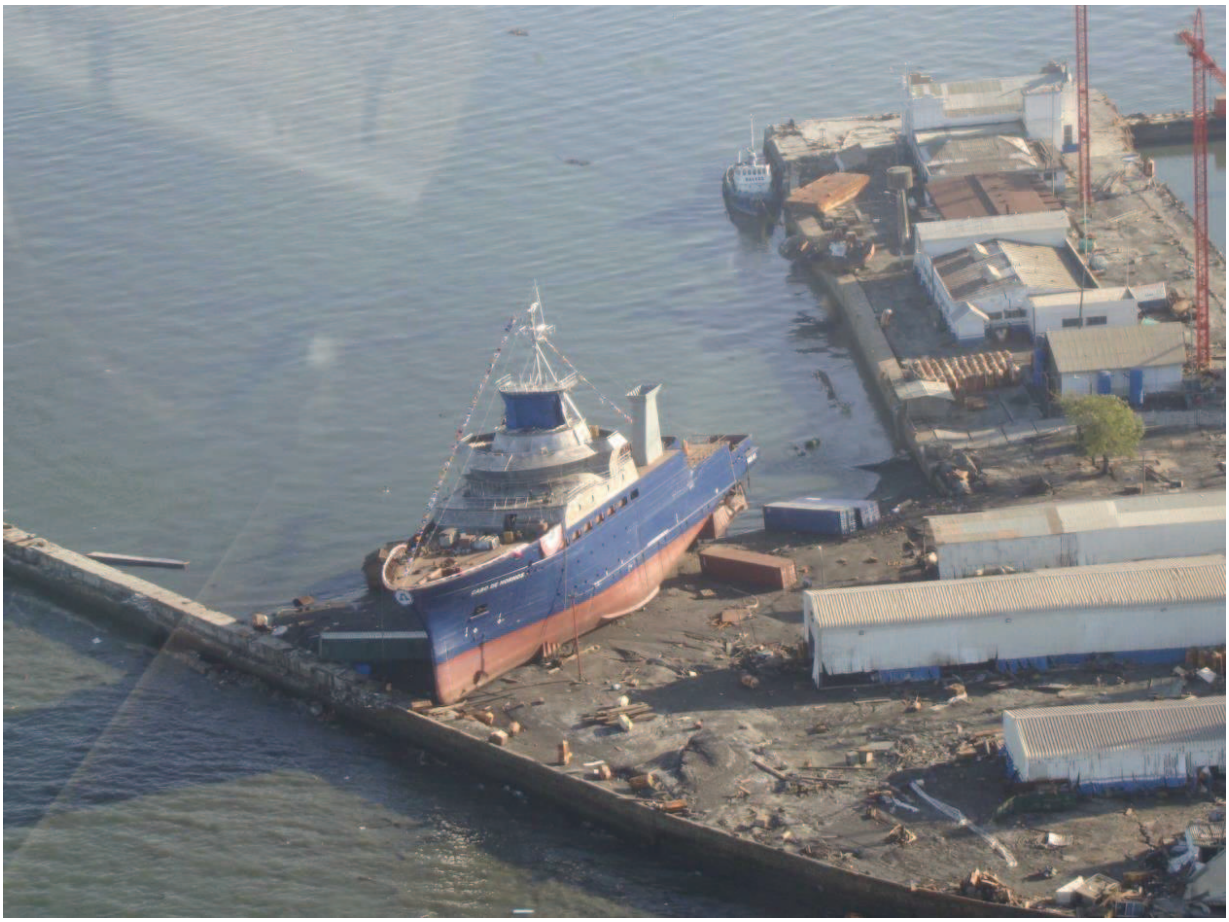
El **Proyecto Vikingo**, tal como se señala anteriormente, se encontraba cumpliendo su último periodo de dique.

En, la noche previa y la madrugada del Siniestro, personal del astillero realizaba la limpieza y lavado de estanques, y válvulas de fondo, por lo cual los tapones de casco y aspiración del Circuito de lastre se encontraban abiertos. Las olas del Tsunami, inundaron el dique, desplazando el buque desde su posición de varada, quedando finalmente atravesado en el dique, escorado a Estribor aproximadamente 6° y encabuzado a un calado de proa de 5,2 m, inundado interiormente las salas de bombas, Máquinas y Azimutal, alcanzando un nivel de 1.2 m en sala de máquinas.



Para el caso del **Proyecto Medusa**, su lanzamiento, que era el 27 – Febrero - 2010 y de acuerdo a la información proporcionada por personal que estaba a bordo del buque, al momento del terremoto este se sacudió, ocasionando su desconexión del sistema de retención y procediendo a deslizarse hacia el agua. En esos momentos la compuerta de la grada se encontraba instalada, siendo un obstáculo para el movimiento libre del buque hacia el mar. Cabe mencionar que al buque se le habían instalado 2 contenedores bajo el casco en la popa, a cada lado de la hélice, con el propósito de mejorar ciertos parámetros en el lanzamiento. En su carrera descendente los contenedores hechos firmes al casco golpearon la compuerta de la grada, sacándola de su posición y dejando al buque deslizar libremente por la imada, esta última que ya se encontraba suelta producto del movimiento con el terremoto y el corte de varios tensores.

El buque quedó al garete por algún tiempo hasta que el nivel del mar comenzó a bajar rápidamente y quedar la nave posada en el fondo marino. En ese momento el buque se encontraba cerca del Dique Seco Nr 2, instante en que el personal abordo aprovechó para saltar hacia la calle contigua al Dique. Con la llegada de la primera y/o sucesivas olas o crecidas de nivel, el buque flotó y se desplazó hacia la playa que se forma en la intersección del Rompeolas Marinao y el Molo 0520 (ver Foto), donde finalmente quedó varado. El casco experimentó varios golpes, probablemente con el hormigón/cemento de los muros en la grada y/o cercano al Dique Seco Nr 2 y/o contra el Molo 0510 o Molo 0520.



En el caso del **Proyecto Isfelag** se produjeron inundaciones en el Buque, el agua entró por las cajas de mar de la sala de máquinas y por el tubo codaste, el cual estaba en proceso de instalación. El agua subió y rebasó la sentina llegando a una altura aproximada de 0,94 mts. Esto mojó el cárter del motor principal, salpicó el generador de cola y la caja reductora, llegando hasta la bocina de su machón de acoplamiento al eje e inundando los estanques inferiores (Petróleo Diesel, Aceite lubricante, aguas grises y aguas de sentina) que se encontraban aún sin sus tapas de registro,

El motor principal al estar aún sobrepuesto en su base y producto del movimiento del Terremoto, se golpeó contra un refuerzo de su fundación, produciendo un pequeño abollón en su cárter, durante la inspección de Casco en grada se detectaron deformaciones y roturas del casco producto, del movimiento de las camas.



2. Efectos del Terremoto y Tsunami en Talleres de Producción

Los Talleres de Producción perdieron sus capacidades productivas, puesto que sus Instalaciones se destruyeron e inundaron, Maquinaria y Herramientas inoperativas y los Materiales y Equipos en proceso, fueron dañados o perdidos en su totalidad. A lo anterior se sumó, la perdida de los servicios básicos, baños, habitabilidad del personal y comunicaciones. Tal condición implicó la detención total de los trabajos en maestranzas y a bordo de los buques.

Las primeras semanas desde ocurrido el evento, las dotaciones de talleres, supervisores e Ingenieros se ocuparon de actividades de limpieza, evaluación de daños en Talleres y a bordo de los Buques, recuperación y adquisición paulatina de las herramientas, y materiales para reiniciar procesos productivos. La ausencia de algunas maquinarias y equipos de producción, fueron inicialmente suplidas mediante el arriendo de ellas, hasta lograr la compra o reparación total de estas.

A bordo del buque la dirección de trabajos, fue dirigida por los Jefes de Buque, quienes priorizaron las actividades referidas a la seguridad de la nave, inspección, preservación y mantención de equipos, trabajos derivados de la emergencia, como también retomar los trabajos pendientes y la corrección de las observaciones previas a la emergencia.







3. Efectos del Terremoto y Tsunami en Almacenes y Zonas De Acopio

Los almacenes y zonas de acopio, sufrieron considerables daños en infraestructura, materiales, herramientas, equipos, registros, catálogos e información técnica. Los daños y pérdidas implicaron:

- Equipos y materiales mecánicos
- Equipos y materiales eléctricos
- Equipos y materiales electrónicos
- Materiales e Insumos pinturas, barnices, antideslizante, cementos, resinas
- Materiales e Insumos habitabilidad paneles, maderas, terminaciones
- Alhajamientos de acomodaciones
- Herramientas y repuestos de equipos.
- Materiales ferrosos, planchas, perfiles, barras, ángulos
- Materiales relacionados con aislamientos térmicos
- Fittings, cañerías, codos, reducciones, etc.
- Equipamiento de Seguridad y salvataje del Buque
- Botes de goma con motores y accesorios
- Aceites, refrigerantes, y fluidos para el buque o maquinarias
- Equipos de entretención y equipos de comunicaciones
- Grúa de carga y accesorios

· Botes de rescate

· Otros








MITSUBISHI

CAPITULO 6
EVALUACIÓN Y VALORIZACIÓN DE LOS DAÑOS

Controlada la emergencia y estando seguro los buques, se procede a secar las zonas afectadas por la inundación y a realizar una limpieza interior para determinar daños, esto se ejecuta en los Buques, Talleres de Producción y Almacenes, logrado esto, se da comienzo a la evaluación de los daños, acción que se ejecuta con personal de las distintas especialidades, electricidad, electrónica, mecánica, habitabilidad y pinturas, los cuales efectúan inspecciones, permitiendo con ello elaborar el Informe de daños y pérdidas generadas por la catástrofe, está evaluación se estructuro de la siguiente forma:

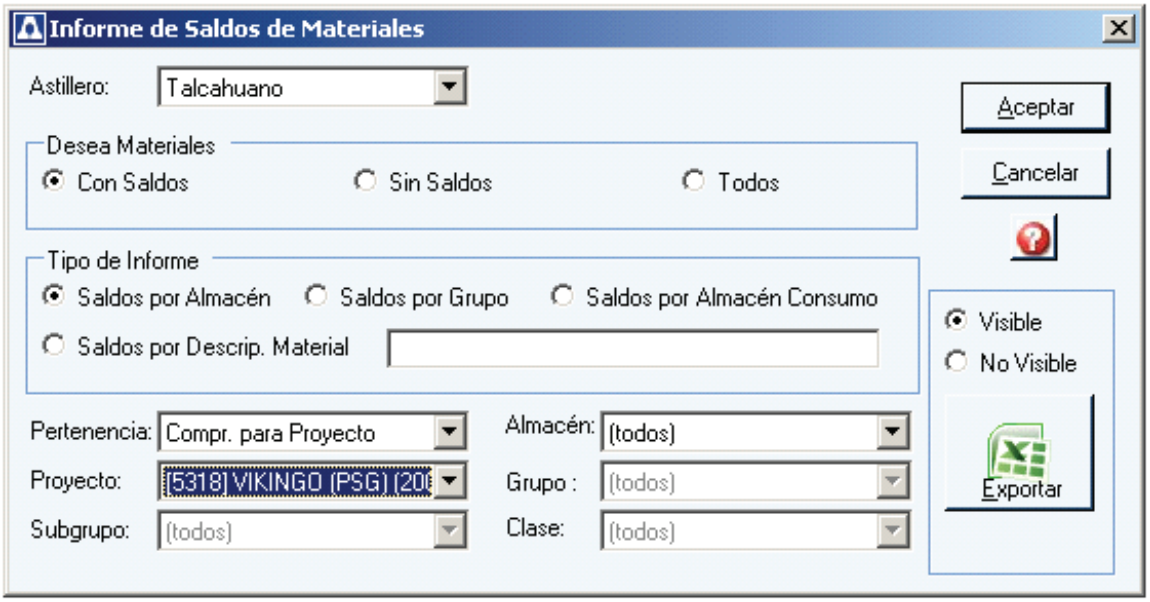
1. Materiales y Equipos pertenecientes al Proyecto con custodia en Almacenes.
2. Trabajos de Fabricación y Montajes en ejecución en los Centros Productivos.
3. Trabajos e Instalaciones concluidas y recepcionados por Control de Calidad.

Concluida esta fase de inspecciones efectuadas por el astillero, se contrató el servicio de los representantes de equipos principales, así como también de aquellos equipos auxiliares relevantes para efectuar las evaluaciones de daño correspondiente, para los equipos menores, se contactó a los proveedores para informar de daño a sus equipos, solicitándoles cursos de acción.

Para la evaluación de posibles daños en el casco y apéndices, para el caso del proyecto Vikingo, fue necesario sacar el buque de dique, limpiar el fondo de este, reemplazar las camas dañadas para luego reingresarlo y para el proyecto Medusa, se realizó primeramente su desvarada, para posteriormente ingresarlo a dique y efectuar la evaluación. Estas evaluaciones se realizaron en conjunto con Armadores y Sociedades Clasificadoras. Para el caso del Proyecto Isfelag, como se mantuvo en la Grada de Lanzamiento post terremoto/tsunami se efectuaron en dicho lugar las evaluaciones correspondientes.

Materiales y Equipos pertenecientes al Proyecto con custodia en Almacenes.

Para la evaluación física de los Daños y Pérdidas de Materiales y Equipos, pertenecientes a los Proyectos, se emite desde sistema informático de Asmar (T) listado que contiene lo que físicamente debe estar en las instalaciones de los Almacenes y Zonas de Acopio:



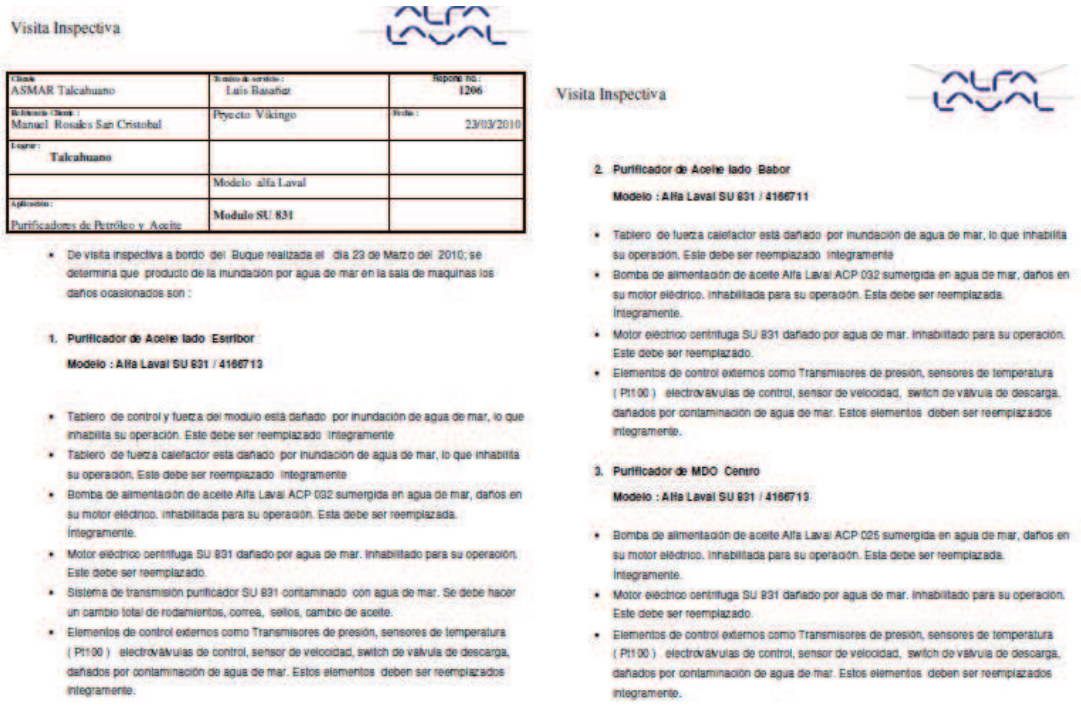
Almace	Códig	Descripción Material	UM	Proyecto	Saldo Fisi
01 Fierros	1236	BARRA PLANA ACERO A-3724-ES 5 X 32 X 6000 MM	MT	VIKINGO (PSG)	24
01 Fierros	1239	BARRA PLANA ACERO A-3724-ES 5 X 38 X 6000 MM	MT	VIKINGO (PSG)	53
01 Fierros	1240	BARRA PLANA ACERO A-3724-ES 5 X 50 X 6000 MM	MT	VIKINGO (PSG)	27
01 Fierros	1242	BARRA PLANA ACERO A-3724-ES 6 X 20 X 6000 MM	MT	VIKINGO (PSG)	4
01 Fierros	1247	BARRA PLANA ACERO A-3724-ES 6 X 75 X 6000 MM	MT	VIKINGO (PSG)	14
01 Fierros	1251	BARRA PLANA ACERO A-3724-ES 10 X 75 X 6000 MM	MT	VIKINGO (PSG)	270
01 Fierros	1345	PERFIL ANGULAR ACERO LAMINADO A-3724-ES 60 X 60 X 6 X 6000 MM	MT	VIKINGO (PSG)	12
01 Fierros	1347	PERFIL ANGULAR ACERO LAMINADO A-3724-ES 75 X 75 X 8 X 6000 MM	MT	VIKINGO (PSG)	36,5
02 Articulos	2129	BROCA CILINDRICA ACERO RAPIDO 4,20 MM	NR	VIKINGO (PSG)	45
02 Articulos	2154	BROCA CILINDRICA ACERO RAPIDO 15,00 MM	NR	VIKINGO (PSG)	10
02 Articulos	2235	JUEGO MACHO ACERO RAPIDO M10 X 1,00 MM 3PZ	JG	VIKINGO (PSG)	2
02 Articulos	2236	JUEGO MACHO ACERO RAPIDO M16 X 1,50 MM 3PZ	JG	VIKINGO (PSG)	2
08 Canerja	3734	BANDEJA RANURADA RECTA NORMAL AC ELECTROGALV. 50 X 25 X 1,5 M	MT	VIKINGO (PSG)	415
01 Fierros	3737	BANDEJA RANURADA RECTA NORMAL AC ELECTROGALV. 100 X 25 X 1,5 I	MT	VIKINGO (PSG)	31
01 Fierros	3738	BANDEJA RANURADA RECTA NORMAL AC ELECTROGALV. 100 X 50 X 1,5 I	MT	VIKINGO (PSG)	29
08 Canerja	3738	BANDEJA RANURADA RECTA NORMAL AC ELECTROGALV. 100 X 50 X 1,5 I	MT	VIKINGO (PSG)	2
02 Articulos	3821	TERMINAL COMP CU ESTAÐ. 6AWG 1 OJO 5/16PG DIAM INT 5MM REF.30016	NR	VIKINGO (PSG)	180
02 Articulos	3845	CONECTOR COMPRESION HEMBRA 18-22 AWG REF.B-29-1101 3M (MVU18-2	NR	VIKINGO (PSG)	50
02 Articulos	3871	TERMINAL COMP CU ESTAÐ. AISL 12-10AWG HORQ. 4,4MM REF.D-10-402 3	NR	VIKINGO (PSG)	170
02 Articulos	4255	TUBO TERMOCONTR. RIGIDO C/ADHES DIA.NON.105 A30MM WCSM 105/30 F	NR	VIKINGO (PSG)	4
02 Articulos	4317	MARCA CABLE/BORNE VIKING3 DIG. "0" 0,5 A 1,5MM2 NEGRO REF.36210 LI	NR	VIKINGO (PSG)	2000
02 Articulos	4318	MARCA CABLE/BORNE VIKING3 DIG. "1" 0,5 A 1,5MM2 CAFE REF.36211 LE	NR	VIKINGO (PSG)	2180
02 Articulos	4319	MARCA CABLE/BORNE VIKING3 DIG. "2" 0,5 A 1,5MM2 ROJO REF.36212 LE	NR	VIKINGO (PSG)	1510
02 Articulos	4320	MARCA CABLE/BORNE VIKING3 DIG. "3" 0,5 A 1,5MM2 NARANJO REF.362	NR	VIKINGO (PSG)	1500
02 Articulos	4321	MARCA CABLE/BORNE VIKING3 DIG. "4" 0,5 A 1,5MM2 AMARILLO REF.362	NR	VIKINGO (PSG)	20
02 Articulos	4322	MARCA CABLE/BORNE VIKING3 DIG. "5" 0,5 A 1,5MM2 VERDE REF.36215 L	NR	VIKINGO (PSG)	1520

Con los antecedes antes mostrado, se efectuó el levantamiento de la situación de los materiales de cada una de los proyectos, permitiendo obtener el total de los dañados y/o perdidos.

Almace	Código	Descripción Material	UM	Proyecto	Saldo Fisi	Bueno	Malo
Almacen D	7323	LIQUIDO DE IMPREGNAR E-824 GEAQUELLO (ENV 1 LT)	LT	VIKINGO (PSG)	62	62	0
02 Articulo	7324	PASTA RELLENO COMPONENTES A-B E-795 GEAQUELLO -	KG	VIKINGO (PSG)	39	39	0
Almacen D	7324	PASTA RELLENO COMPONENTES A-B E-795 GEAQUELLO -	KG	VIKINGO (PSG)	160	160	0
03 Soldadu	7602	ALAMBRE SOLIDO AWS EL-12 DIAM. 3/32 PG (ARCO SUMERGIDO) MARCA (	KG	VIKINGO (PSG)	6575	0	6575
03 Consum	7784	GRILLETE ACERO GALV. C/PASADOR ROSC. TIPO D/CADENA DN 3/8 PG	NR	VIKINGO (PSG)	10	0	10
03 Consum	7910	TORNILLO P/MADERA ACERO NEGRO C/PLANA AVELLANADA NR-6 X 1/2 I	NR	VIKINGO (PSG)	590	0	590
03 Consum	8115	TORNILLO ROSCLTA ACERO ZINC/ELECT C/BINDING RAN.COMB. PUNTA AB	NR	VIKINGO (PSG)	785	0	785
03 Consum	8121	TORNILLO ROSCAL ACERO ZINC/ELECT C/BINDING RAN.COMB. PUNTA AB N	NR	VIKINGO (PSG)	885	0	885
03 Consum	8123	TORNILLO ROSCLTA ACERO ZINC/ELECT C/BINDING RAN.COMB. PUNTA AB	NR	VIKINGO (PSG)	60	0	60
03 Consum	8338	PERNO HEXAGONAL DIN 931 ACERO NEGRO GRADO 8 H/BSW 1/2 X 2 PG	NR	VIKINGO (PSG)	10	0	10
03 Consum	8372	PERNO HEXAGONAL DIN 931 ACERO NEGRO GRADO 8 H/UNC 1 X 4 PG	NR	VIKINGO (PSG)	48	0	48
03 Consum	8539	PERNO HEXAGONAL DIN 931 ACERO ZINC/ELECT CLASE 5.8 M8 X 1.25 X 60	NR	VIKINGO (PSG)	209	0	209
03 Consum	8542	PERNO HEXAGONAL ACERO ZINC/ELECT CLASE 5.8 M10 X 1.5 X 30 MM	NR	VIKINGO (PSG)	2	0	2
03 Consum	8545	PERNO HEXAGONAL ACERO ZINC/ELECT CLASE 5.8 M14 X 2 X 30 MM	NR	VIKINGO (PSG)	14	0	14
03 Consum	8548	PERNO HEXAGONAL DIN 931 ACERO ZINC/ELECT CLASE 5.8 M16 X 2 X 55 M	NR	VIKINGO (PSG)	18	0	18
03 Consum	8550	PERNO HEXAGONAL ACERO ZINC/ELECT CLASE 5.8 M16 X 2 X 65 MM, LAR(	NR	VIKINGO (PSG)	494	0	494
03 Consum	8664	ESPARRAGO ACERO NEGRO GRADO 8 H/UNC 1 PG X 1 MT	MT	VIKINGO (PSG)	2	0	2
03 Consum	8677	PERNO U ACERO ZINC/ELECT GRADO 2 P/CAÐERIA 1/2 PG C/4 TUERCA MC (	NR	VIKINGO (PSG)	10	0	10
03 Consum	8816	TUERCA HEXAGONAL ACERO ZINC/ELECT CLASE 5 M5 X 0.8 MM	NR	VIKINGO (PSG)	7	0	7
03 Consum	8817	TUERCA HEXAGONAL ACERO ZINC/ELECT CLASE 5 M6 X 1 MM	NR	VIKINGO (PSG)	36	0	36
03 Consum	8819	TUERCA HEXAGONAL ACERO ZINC/ELECT CLASE 5 M10 X 1.5 MM	NR	VIKINGO (PSG)	305	0	305
03 Consum	8820	TUERCA HEXAGONAL ACERO ZINC/ELECT CLASE 5 M12 X 1.75 MM	NR	VIKINGO (PSG)	8	0	8
03 Consum	8821	TUERCA HEXAGONAL ACERO ZINC/ELECT CLASE 5 M14 X 2 MM	NR	VIKINGO (PSG)	3	0	3
03 Consum	8824	TUERCA HEXAGONAL ACERO ZINC/ELECT CLASE 5 M20 X 2.5 MM	NR	VIKINGO (PSG)	21	0	21
02 Articulo	9193	HUINCHA ACERO AISI-201 1/4 PG REF. C-202 BAND-IT ENVASE 30.5 MT	MT	VIKINGO (PSG)	1695	0	1695
02 Articulo	9196	HEBILLA BAND-IT ACERO INOX AISI-201 1/4 PG	NR	VIKINGO (PSG)	1000	0	1000
03 Consum	9213	JUNTURA CAUCHO S/TELA ESP.1/8 PG 80°C E-100 CHESTERTON	KG	VIKINGO (PSG)	6	0	6
03 Consum	9214	JUNTURA CAUCHO S/TELA ESP.3/16 PG 80°C E-100 CHESTERTON	KG	VIKINGO (PSG)	6,3	0	6,3
03 Consum	9222	JUNTURA CAUCHO RESISTENTE AL ACEITE S/TELA 1/8 PG 90°C EST-124 CH	KG	VIKINGO (PSG)	2,6	0	2,6
02 Articulo	9356	MOLDURA DE GOMA DUREZA 70 SHORE SECCION 1/4 PG(P/CINTA BAND-IT)	MT	VIKINGO (PSG)	321	321	0
03 Consum	9374	PLANCHA ELASTOMERO 3/4 PG ESP.X 48 X 36 PG (AEROTUBE II)	NR	VIKINGO (PSG)	21	31	0
03 Consum	9376	PLANCHA ELASTOMERO 8 MM ESP.X 18 X 18 PG (REF. FABCEL 50)	PL	VIKINGO (PSG)	0,5	0,5	0
03 Libreria	9636	CINTA ADHESIVA TRANSPARENTE 24 MM X 50 MT SELLOCINTAýCOD. 8552	RL	VIKINGO (PSG)	1	0	1
03 Libreria	9971	PAPEL FOTOCOPIADORA 75 GR/M2 CARTA MARCA BOREALýCOD. 17500 F	RM	VIKINGO (PSG)	15	0	15
03 Libreria	9977	PAPEL BOND OPAQUE 36 PG X 40 MT 24 80 GR. DIAZOL COD 81412 PRISA	RL	VIKINGO (PSG)	15	15	0

Obtenido el levantamiento de la situación de la materiales que estaban en los almacenes de Asmar, se ingresaron estos a la base de los proyectos, para poder iniciar el proceso de cotización y adquisición.

Para el tema de los equipos, se solicitó inspección por parte de los representantes técnicos, para su evaluación.



Visita Inspectiva

Cliente: ASMAR Talcahuano	Técnico de servicio: Luis Basañez	Reporte No.: 1206
Referencia Cliente: Manuel Rosales San Cristobal	Proyecto Vikingo	Fecha: 23/03/2010
Lugar: Talcahuano		
	Modelo alfa Laval	
Aplicación: Purificadores de Petróleo y Aceite	Modulo SU 831	

- De visita inspectiva a bordo del Buque realizada el dia 23 de Marzo del 2010; se determina que producto de la inundación por agua de mar en la sala de maquinas los daños ocasionados son :

1. **Purificador de Aceite lado Estribor**

   Modelo : Alfa Laval SU 831 / 4166713

- Tablero de control y fuerza del modulo está dañado por inundación de agua de mar, lo que inhabilita su operación. Este debe ser reemplazado integramente
- Tablero de fuerza calefactor esta dañado por inundación de agua de mar, lo que inhabilita su operación. Este debe ser reemplazado integramente
- Bomba de alimentación de aceite Alfa Laval ACP 032 sumergida en agua de mar, daños en su motor eléctrico. Inhabilitada para su operación. Esta debe ser reemplazada. Integramente.
- Motor electrico centrifuga SU 831 dañado por agua de mar. Inhabilitado para su operación. Este debe ser reemplazado.
- Sistema de transmisión purificador SU 831 contaminado con agua de mar. Se debe hacer un cambio total de rodamientos, correa, sellos, cambio de aceite.
- Elementos de control externos como Transmisores de presión, sensores de temperatura (Pt100) electrovalvulas de control, sensor de velocidad, switch de válvula de descarga, dañados por contaminación de agua de mar. Estos elementos deben ser reemplazados integramente.

Visita Inspectiva

2. **Purificador de Aceite lado Babor**

   Modelo : Alfa Laval SU 831 / 4166711

- Tablero de fuerza calefactor está dañado por inundación de agua de mar, lo que inhabilita su operación. Este debe ser reemplazado integramente
- Bomba de alimentación de aceite Alfa Laval ACP 032 sumergida en agua de mar, daños en su motor eléctrico. Inhabilitada para su operación. Esta debe ser reemplazada. Integramente.
- Motor electrico centrifuga SU 831 dañado por agua de mar. Inhabilitado para su operación. Este debe ser reemplazado.
- Elementos de control externos como Transmisores de presión, sensores de temperatura (Pt100) electrovalvulas de control, sensor de velocidad, switch de válvula de descarga, dañados por contaminación de agua de mar. Estos elementos deben ser reemplazados integramente.

3. **Purificador de MDO Centro**

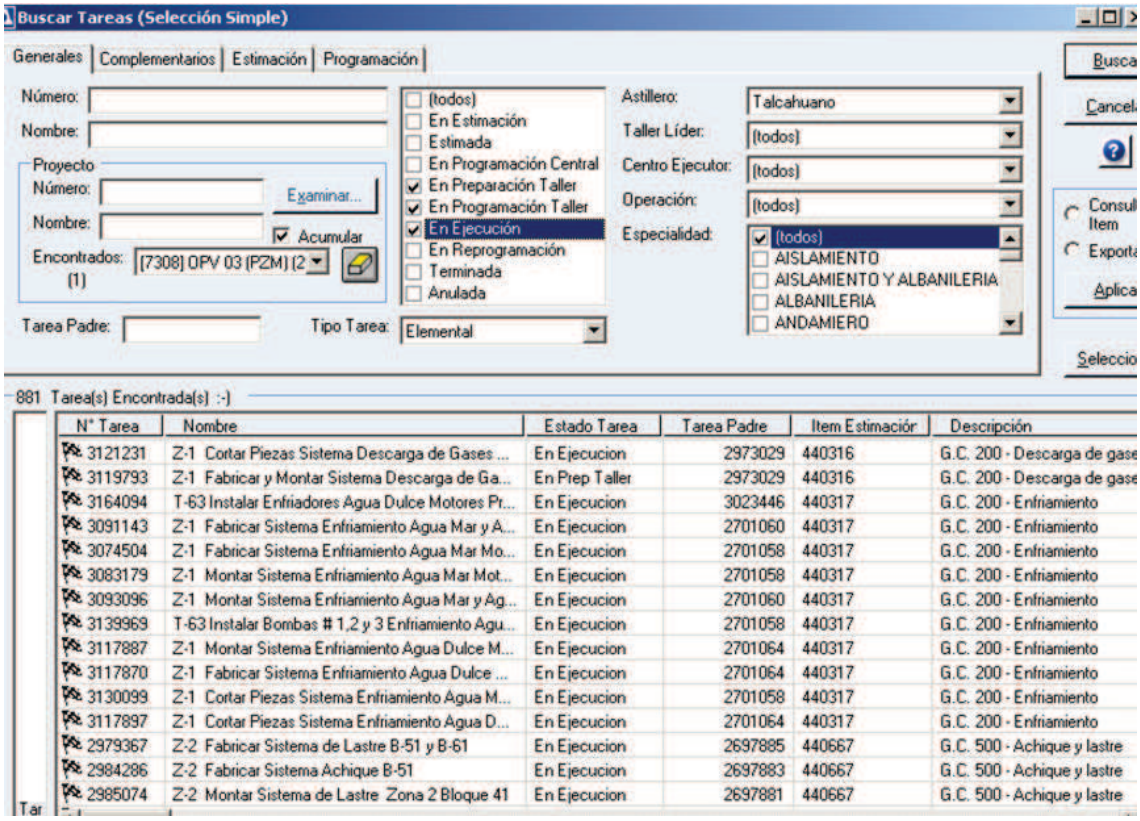
   Modelo : Alfa Laval SU 831 / 4166713

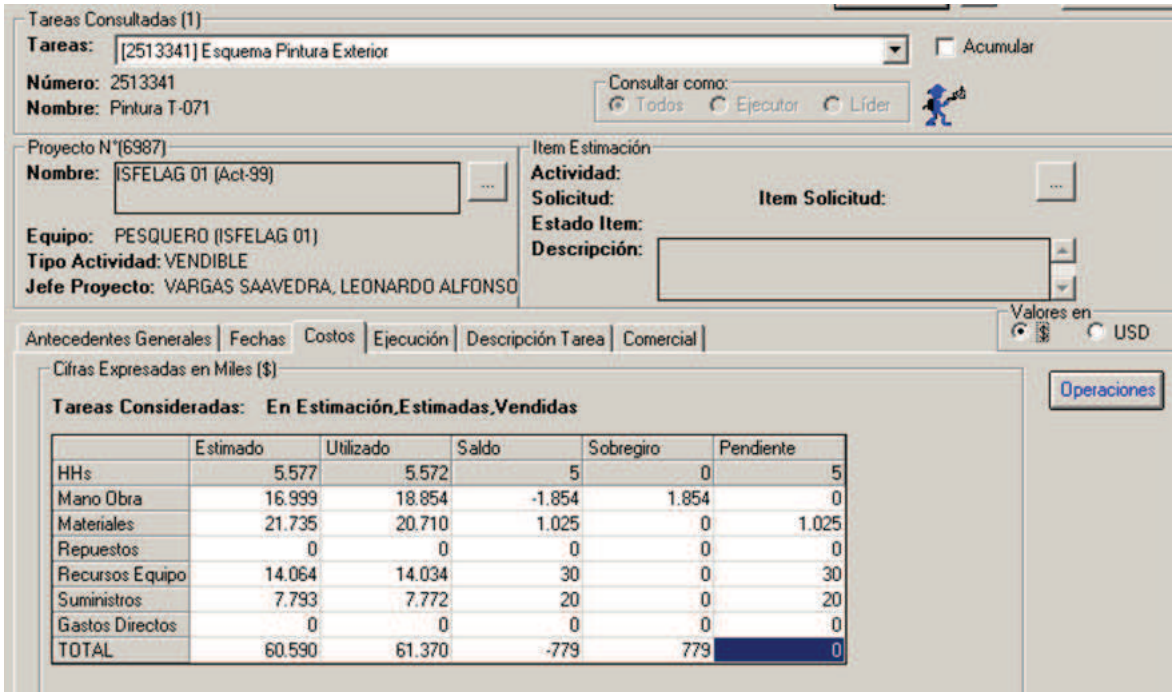
- Bomba de alimentación de aceite Alfa Laval ACP 025 sumergida en agua de mar, daños en su motor eléctrico. Inhabilitada para su operación. Esta debe ser reemplazada. Integramente.
- Motor electrico centrifuga SU 831 dañado por agua de mar. Inhabilitado para su operación. Este debe ser reemplazado.
- Elementos de control externos como Transmisores de presión, sensores de temperatura (Pt100) electrovalvulas de control, sensor de velocidad, switch de válvula de descarga, dañados por contaminación de agua de mar. Estos elementos deben ser reemplazados integramente.

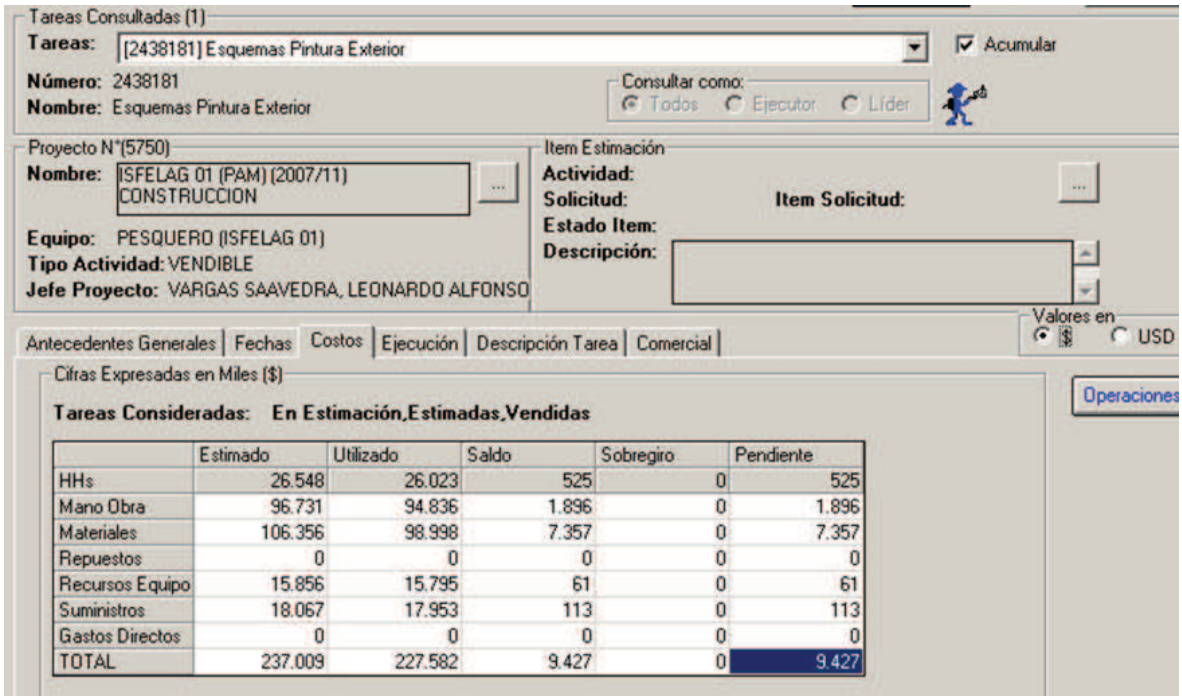
Obtenido el levantamiento de la situación de los equipos que estaban en los almacenes o zonas de acopio de Asmar, se ingresaron estos a la base de los proyectos, para el proceso de cotización y adquisición.

Trabajos de Fabricación y Montajes en ejecución en los Centros Productivos.

Para cada uno de los proyectos se listaron todas las tareas que estaban en ejecución y a partir de este documento, se evaluaron los daños y pérdidas producto de terremoto/tsunami.


Buscar Tareas (Selección Simple)
Generales
Complementarios
Estimación
Programación
Número:
Nombre:
Proyecto
Número:
Nombre:
Examinar...
Acumular
Encontrados: (1)
[7308] OPV 03 (PZM) (2
(todos)
En Estimación
Estimada
En Programación Central
En Preparación Taller
En Programación Taller
En Ejecución
En Reprogramación
Terminada
Anulada
Astillero: Talcahuano
Taller Líder: (todos)
Centro Ejecutor: (todos)
Operación: (todos)
Especialidad:
(todos)
AISLAMIENTO
AISLAMIENTO Y ALBANILERIA
ALBANILERIA
ANDAMIERO
Tarea Padre:
Tipo Tarea: Elemental
Busca
Cancel
Aplica
Seleccio
881 Tarea(s) Encontrada(s) :-)
N° Tarea | Nombre | Estado Tarea | Tarea Padre | Item Estimación | Descripción
3121231 | Z-1 Cortar Piezas Sistema Descarga de Gases ... | En Ejecucion | 2973029 | 440316 | G.C. 200 - Descarga de gase
3119793 | Z-1 Fabricar y Montar Sistema Descarga de Ga... | En Prep Taller | 2973029 | 440316 | G.C. 200 - Descarga de gase
3164094 | T-63 Instalar Enfriadores Agua Dulce Motores Pr... | En Ejecucion | 3023446 | 440317 | G.C. 200 - Enfriamiento
3091143 | Z-1 Fabricar Sistema Enfriamiento Agua Mar y A... | En Ejecucion | 2701060 | 440317 | G.C. 200 - Enfriamiento
3074504 | Z-1 Fabricar Sistema Enfriamiento Agua Mar Mo... | En Ejecucion | 2701058 | 440317 | G.C. 200 - Enfriamiento
3083179 | Z-1 Montar Sistema Enfriamiento Agua Mar Mot... | En Ejecucion | 2701058 | 440317 | G.C. 200 - Enfriamiento
3093096 | Z-1 Montar Sistema Enfriamiento Agua Mar y Ag... | En Ejecucion | 2701060 | 440317 | G.C. 200 - Enfriamiento
3139969 | T-63 Instalar Bombas # 1,2 y 3 Enfriamiento Agu... | En Ejecucion | 2701058 | 440317 | G.C. 200 - Enfriamiento
3117887 | Z-1 Montar Sistema Enfriamiento Agua Dulce M... | En Ejecucion | 2701064 | 440317 | G.C. 200 - Enfriamiento
3117870 | Z-1 Fabricar Sistema Enfriamiento Agua Dulce ... | En Ejecucion | 2701064 | 440317 | G.C. 200 - Enfriamiento
3130099 | Z-1 Cortar Piezas Sistema Enfriamiento Agua M... | En Ejecucion | 2701058 | 440317 | G.C. 200 - Enfriamiento
3117897 | Z-1 Cortar Piezas Sistema Enfriamiento Agua D... | En Ejecucion | 2701064 | 440317 | G.C. 200 - Enfriamiento
2979367 | Z-2 Fabricar Sistema de Lastre B-51 y B-61 | En Ejecucion | 2697885 | 440667 | G.C. 500 - Achique y lastre
2984286 | Z-2 Fabricar Sistema Achique B-51 | En Ejecucion | 2697883 | 440667 | G.C. 500 - Achique y lastre
2985074 | Z-2 Montar Sistema de Lastre Zona 2 Bloque 41 | En Ejecucion | 2697881 | 440667 | G.C. 500 - Achique y lastre


Tareas Consultadas (1)
Tareas: [2513341] Esquema Pintura Exterior
Acumular
Número: 2513341
Nombre: Pintura T-071
Consultar como: Todos Ejecutor Líder
Proyecto N°(6987)
Nombre: ISFELAG 01 (Act-99)
Equipo: PESQUERO (ISFELAG 01)
Tipo Actividad: VENDIBLE
Jefe Proyecto: VARGAS SAAVEDRA, LEONARDO ALFONSO
Item Estimación
Actividad:
Solicitud:
Item Solicitud:
Estado Item:
Descripción:
Valores en $ USD
Antecedentes Generales | Fechas | Costos | Ejecución | Descripción Tarea | Comercial
Cifras Expresadas en Miles ($)
Tareas Consideradas: En Estimación,Estimadas,Vendidas
Operaciones
Estimado | Utilizado | Saldo | Sobregiro | Pendiente
HHs | 5.577 | 5.572 | 5 | 0 | 5
Mano Obra | 16.999 | 18.854 | -1.854 | 1.854 | 0
Materiales | 21.735 | 20.710 | 1.025 | 0 | 1.025
Repuestos | 0 | 0 | 0 | 0 | 0
Recursos Equipo | 14.064 | 14.034 | 30 | 0 | 30
Suministros | 7.793 | 7.772 | 20 | 0 | 20
Gastos Directos | 0 | 0 | 0 | 0 | 0
TOTAL | 60.590 | 61.370 | -779 | 779 | 0



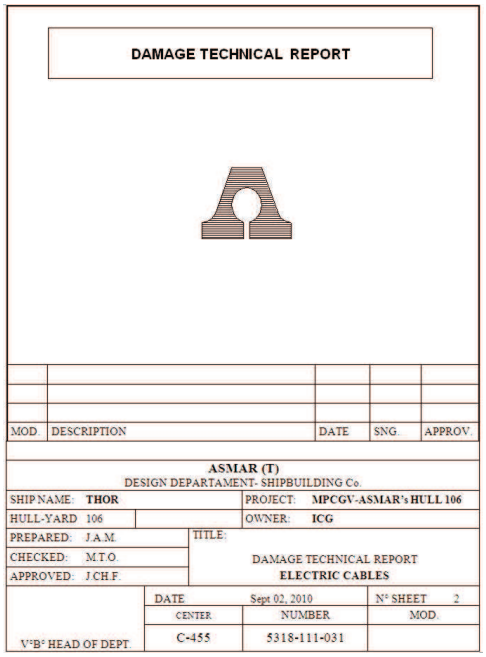
	Estimado	Utilizado	Saldo	Sobregiro	Pendiente
HHs	26.548	26.023	525	0	525
Mano Obra	96.731	94.836	1.896	0	1.896
Materiales	106.356	98.998	7.357	0	7.357
Repuestos	0	0	0	0	0
Recursos Equipo	15.856	15.795	61	0	61
Suministros	18.067	17.953	113	0	113
Gastos Directos	0	0	0	0	0
TOTAL	237.009	227.582	9.427	0	9.427

Trabajos terminados y recepcionados por Control de Calidad.

Para está situación de trabajos ya concluidos por los centros productivos, se solicito a Control de Calidad, unidad receptora de los trabajos terminados en el Astillero, su inspección para evaluar el estado de estos post terremoto/tsunami.

Informes Técnicos de Daños de Sistemas Terminados.

Para cada de los sistemas instalados y terminados se efectuaron inspecciones visuales y pruebas, para saber su real estado, como ejemplo se muestra la inspección del estado de los cables eléctricos de varios sistemas.



DAMAGE TECHNICAL REPORT

MOD.	DESCRIPTION	DATE	SNG.	APPROV.

ASMAR (T)
DESIGN DEPARTAMENT- SHIPBUILDING Co.

SHIP NAME: THOR		PROJECT: MPCGV-ASMAR's HULL 106	
HULL-YARD 106		OWNER: ICG	
PREPARED: J.A.M.	TITLE:		
CHECKED: M.T.O.	DAMAGE TECHNICAL REPORT ELECTRIC CABLES		
APPROVED: J.CH.F.			
	DATE	Sept 02, 2010	N° SHEET 2
	CENTER	NUMBER	MOD.
V°B° HEAD OF DEPT.	C-455	5318-111-031	

DAMAGE TECHNICAL REPORT.

SYSTEM: Electrical Cables

INTRODUCTION

The February 27th of running year, the Chilean region were Asmar yard is located was affected by an Earthquake of high intensity (8.8 Ritcher scale) accompanied by a tsunami which both provoked heavy damages to the infrastructure of Asmar yard facilities and involved goods.

The tsunami itself produced, between others, the inundation of the equipments supplied by Vardeldur that were located at Asmar warehouse freight yard , after its inspection, Asmar yard has concluded that the equipments (elements) listed below are damaged and the tasks that should be carried out to leave these elements working in good order.

SCOPE OF REVISION

This is a report based on a visual inspection and 1000Volt Megger test, whish was lower than 2 Megohm.

TECHNICAL REPORT:

1. DAMAGED COMPONENTS DETAILS:

Electric Cables

1. The following is the cable list based on inform delivered by electrical supervisor of production department.
2. There are not any recommendations from supplier because of the cables are Yard's delivery and are not part of scope supply of any damaged electrical equipment.
3. The cables damaged as result of tsunami mainly correspond to feeders, power, control and instrumentation circuits belong to electrical systems located in engine rooms, such as:

- Auxiliary engines
- Tunnel Thrusters
- Azimuth Thruster
- Pyro Electric Heater
- Fuel Oil Pumps system
- Lub. Oil Pumps system
- Sewage Treatment Plant
- Water Mist system
- F.W. Maker
- Steam system

Cable List

DESCRIPTION (HELKAMA & NEXANS Manufacturers)
ELECTRIC CABLE ARMOURED LKSM-HF 0,6/1KV 90 °C 2 X 2.5 MM2,
ELECTRIC CABLE ARMOURED 0,6/1KV 90 °C LKSM-HF 2 X 1.5 MM2
ELECTRIC CABLE ARMOURED 0,6/1KV 90 °C LKSM-HF 3 X 120 MM2
ELECTRIC CABLE ARMOURED 0,6/1KV 90 °C LKSM-HF 3 X 70 MM2
ELECTRIC CABLE ARMOURED 0,6/1KV 90 °C LKSM-HF 3 X 50 MM2
ELECTRIC CABLE ARMOURED 0,6/1KV 90 °C LKSM-HF 3 X 16 MM2
ELECTRIC CABLE ARMOURED 0,6/1KV 90 °C LKSM-HF 3 X 6 MM2
ELECTRIC CABLE ARMOURED 0,6/1KV 90 °C LKSM-HF 3 X 2.5 MM2
ELECTRIC CABLE ARMOURED 0,6/1KV 90 °C LKSM-HF 3 X 1.5 MM2
ELECTRIC CABLE ARMOURED 0,6/1KV 90 °C LKSM-HF 4 X 1.5 MM2
ELECTRIC CABLE ARMOURED 0,6/1KV 90 °C LKSM-HF 5 X 1.5 MM2
ELECTRIC CABLE ARMOURED 0,6/1KV 90 °C LKSM-HF 7 X 1.5 MM2
ELECTRIC CABLE ARMOURED 0,6/1KV 90 °C LKSM-HF 14 X 1.5 MM2
ELECTRIC CABLE ARMOURED INSTRUM. 250V 90°C RFE-HF(I) 2 X 2 X 0,75 MM2
ELECTRIC CABLE ARMOURED INSTRUM. 250V 90°C RFE-HF(I) 4 X 2 X 0.75 MM2
ELECTRIC CABLE ARMOURED INSTRUM. 250V 90°C RFA-HF(I) 2 X 2 X 0.50 MM2
ELECTRIC CABLE ARMOURED INSTRUM. 250V 90°C RFA-HF(I) 4 X 2 X 0.50 MM2
ELECTRIC CABLE ARMOURED INSTRUM. 250V 90°C RFA-HF(I) 7 X 2 X 0.50 MM2
ELECTRIC CABLE ARMOURED PER PAIR RFA-HF 60V 14 X 2 X 0.5 MM2
ELECTRIC CABLE ARMOURED INSTRUM. 250V 90°C RFA-HF 19 X 2 X 0.5 MM2
ELECTRIC CABLE ARMOURED INSTRUM. 250V 90°C RFE-HF(I) 1 X 2 X 1.5 MM2
ELECTRIC CABLE ARMOURED 150/250V 90°C MPRXCX 27 X 1.5 MM2
ELECTRIC CABLE ARMOURED INSTRUM. 250V 90°C RFE-HF(I) 7 X 2 X 0.75 MM2

Para el tema de Equipos instalados en los Buques, se solicito su evaluación a los represente técnicos de cada uno de ellos:

Informes Técnicos Externos

FINNING CAT
MARINE ENGINE SERVICE

SERVICE REPORTS
REPORTS N° PS 000/10

Concepción, 01 de Abril de 2010

Cliente	: ASMAR (T) / Proyecto Vikingo		
W/O actual N°	: CN63719-20-21-22	W/O relacionada	:
Modelo del Equipo	: C 18	Componente	:
S/N del Equipo	: MGS00575-6-7-8	S/N del Componente	:
Arreglo del equipo	:	N° parte del Componente	:
Horas del Equipo	: Equipo nuevo	Hrs. Componente	:
Nave/localidad	: Vikingo	Equipo	: Generador Set.
Fecha del Servicio	: 29/03/2010	Técnico Responsable	: Juan Carlos Arancibia Núñez
Trabajo Solicitado	: Inspección a grupos generadores por inundación de sala de maquina.		
Motivo del Servicio	: Medición de aislamiento a estatores principales.		

1.- Trabajos Solicitados:

- Prueba de aislamiento a grupo generadores C18.
  - N°1 C18 Serie MGS00575
  - N°2 C18 Serie MGS00576
  - N°3 C18 Serie MGS00577
  - N°4 C18 Serie MGS00578

2.-Procedimiento del Servicio:

- Se realiza extracción de tapas laterales de generadores.
- Se realiza extracción de cubierta de generadores.
- Se desconectan cables de alimentación de fuerza, tres fases y neutro.
- Se desconectan regulador de voltaje CDVR.
- Se realiza medición de estator principal a los grupos generadores.
- En el generador N°1 se realiza medición de aislamiento a todos los grupos de bobina, esto es debido a que la aislamiento es aceptable.

FINNING CAT
MARINE ENGINE SERVICE

3.- Observaciones y evaluación:

- Generador N°1

Datos del equipo		Componentes	Medición en MOhms
Modelo	C18	Estator Principal	1,40
		Rotor Principal	0,36
Serie GEN-SET	MGS00575	Estator Excitatriz	0,75
		Rotor Excitatriz	18,7
		Estator PMG	0,59

- Generador N°2

Datos del equipo		Componentes	Medición en MOhms
Modelo	C18	Estator Principal	0,41
Serie GEN-SET	MGS00576	Medición no aceptable	

- Generador N°3

Datos del equipo		Componentes	Medición en MOhms
Modelo	C18	Estator Principal	0,005
Serie GEN-SET	MGS00577	Medición no aceptable	

- Generador N°4

Datos del equipo		Componentes	Medición en MOhms
Modelo	C18	Estator Principal	0,0
Serie GEN-SET	MGS00578	Medición no aceptable	

4.- Recomendacion y conclusion:

- **Debido a la contaminación de los bobinados por agua salada y a las mediciones realizadas en los generadores se recomienda el cambio de los conjuntos alternadores trifásicos completos en los cuatro generadores.**

Juan Carlos Arancibia Núñez
Sucursal Concepción

FINNING CAT

SERVICIO CONCEPCION
INFORME TÉCNICO N°

Concepción, 24 marzo de 2010

Cliente	: ASMAR THNO.		
W/O actual N°	: CN63719-20-21-22	W/O relacionada	:
Modelo del Equipo	: C-18	Componente	:
S/N del Equipo	: MGS00575-6-7-8	S/N del Componente	:
Arreglo del equipo	:	N° parte del Componente	:
Horas del Equipo	:	Hrs. Componente	:
Nave/localidad	: Proyecto Vikingo	Equipo	: Motores Auxiliares.
Fecha del Servicio	: 23/03/2010	Técnico Responsable	: José Concha M
Trabajo Solicitado	: Evaluación de Grupos Generadores.		
Motivo del Servicio	: Inundación en Sala de maquinas.		

1.- Trabajos Solicitados:

- Evaluación de motores

2.-Procedimiento del Servicio:

- Revisión de motor N° 1. Serie grupo generador **MGS-00575.** Serie Motor **CYG- 00636,** Arreglo **261-7720.** Modelo generador **SR-4.** Serie **5NJ-01427.** Arreglo **325-7590.** Se efectúa virado con herramienta para determinar si los cilindros están con agua, al virar motor gira normalmente no presentando gripamiento en los giros. Se instala herramienta electrónica **ET** para chequearlo electrónicamente. Se extraen **Códigos de eventos registrados, Códigos de diagnósticos activos, Configuración, Histogramas, Calibración códigos de inyectores.** Motor no presenta fallas. Se adjuntan informes de testeo.
- Revisión de motor N° 2. Serie grupo generador **MGS-00576.** Serie motor **CYG- 0637,** Arreglo **261-7720.** Modelo generador **SR-4.** Serie **5NJ-01427.** Arreglo **325-7590.** Se efectúa mismo procedimiento anterior no encontrando falla en las pruebas realizadas. Se instala herramienta electrónica **ET** y se extraen parámetros de testeo. Se adjuntan informes de testeo.
- Revisión de motor N° 3. Serie grupo generador **MGS-00577.** Serie motor **CYG-0638.** Arreglo **261-7720.** Modelo generador **SR-4.** Serie **5NJ-01427.** Arreglo **325-7590.** Se

FINNING CAT

efectúa procedimiento de virado de motor encontrándose con traba hidráulica en los cilindros. Por lo que se procede al desmontaje de los inyectores y posterior inspección de los cilindros y turbo. Se encuentra agua salada en turbo y cilindros N° 2-5-6. Esta contaminación de los cilindros con agua salada provoca una corrosión en las camisas, pistones, culata, inyectores, turbo, múltiple de escape, anillos de pistones, bielas, cigüeñal, bujes de distribución, bujes de eje levas, eje de levas, engranajes de distribución, filtros y componentes de control electrónico en motor y generador. No se instala herramienta electrónica **ET.**

- Revisión de motor N° 4. Serie grupo generador **MGS-0578.** Serie motor **CYG-0639.** Arreglo **261-7720.** Modelo generador **SR-4.** Serie **5NJ-01427.** Arreglo **325-7590.** motor presenta traba hidráulica en los cilindros por estar sumergido en agua salada. Los componentes dañados visualmente son grupo generador, Controles electrónicos, turbo, modulo control electrónico, arnés de conexión. Al desmontar los inyectores se encuentra agua en cilindros N° 1-2-5-6. Lo cual produce daños en los componentes destacados en informe en motor n° 3

4.- Recomendaciones y conclusiones.

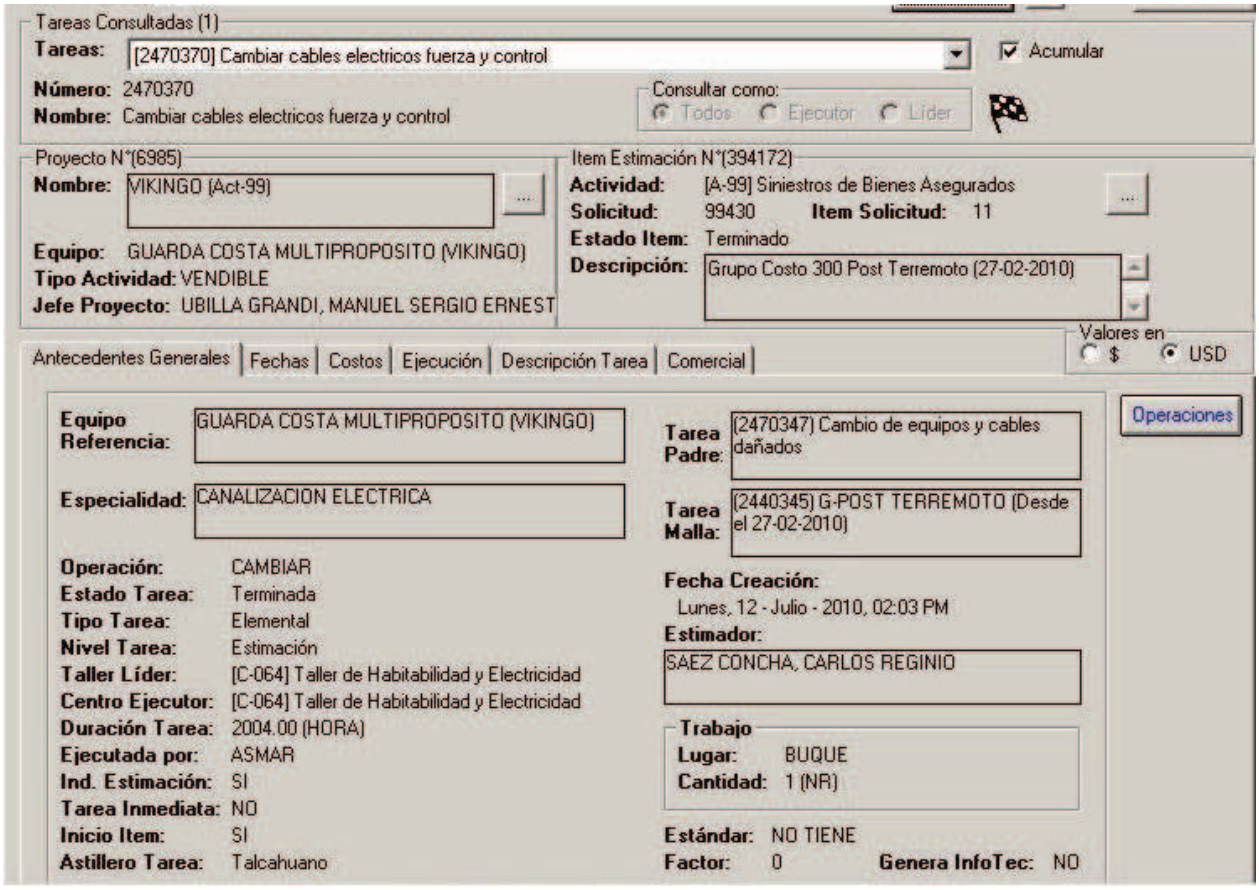
- Por los daños encontrados en los equipos se recomienda efectuar lo siguiente.

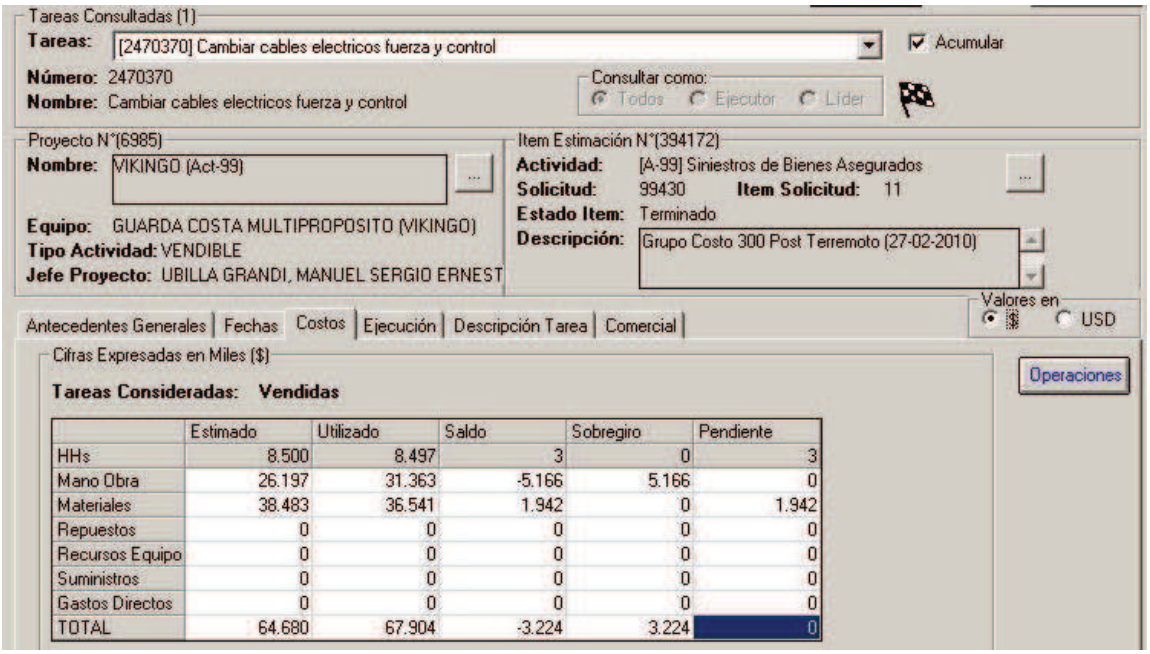
Grupo generador n° 1. Medir aislación del generador.
Grupo generador n° 2. Medir aislación de generador.
Grupo generador n° 3. Reemplazo de equipo.
Grupo generador n° 4. Reemplazo de equipo.

José Concha Morales
Servicio Técnico Motores
Sucursal Concepción
Fono: 56 41 2261700
Fax: 56 41 2261777
Cel: 098272337
Email: jose.concha@finning.cl

Obtenido el levantamiento de la situación de los materiales y equipos que estaban en los Proyectos en ejecución, se ingresaron estos a la base de los proyectos, para el proceso de cotización y adquisición.

Para el reemplazo de materiales dañados de los sistemas ya instalados o en proceso de fabricación, como también para la sustitución de piezas o partes o cambio del equipo, se estimaron los recursos necesarios, para su retiro y posterior instalación o fabricación, recursos como: Mano de Obra, Servicios, Materiales Consumibles y Gastos Directos.





	Estimado	Utilizado	Saldo	Sobregiro	Pendiente
HHs	8.500	8.497	3	0	3
Mano Obra	26.197	31.363	-5.166	5.166	0
Materiales	38.483	36.541	1.942	0	1.942
Repuestos	0	0	0	0	0
Recursos Equipo	0	0	0	0	0
Suministros	0	0	0	0	0
Gastos Directos	0	0	0	0	0
TOTAL	64.680	67.904	-3.224	3.224	0

CAPITULO 7

EVALUACIÓN Y VALORIZACIÓN DE LOS ASPECTO CONTRACTUALES INTANGIBLES.

Para cumplir los acuerdos alcanzados por el Astillero y honrar su obligación para con el Cliente, ASMAR debió realizar el pago de cada uno de los ítems que forman parte de los reclamos presentados. Lo que suponía volver a colocar la nave en condiciones de cumplir con las especificaciones del respectivo contrato.

Por lo mismo, los ítems a indemnizar no corresponden sólo a materiales, equipos o mano de obra, que fue necesario redestinar a los proyectos, sino también a pagos asociados o relacionados al cumplimiento de obligaciones de ASMAR bajo los contratos de construcción, o relativas a prestaciones que debieron ser reejecutadas como consecuencia directa de los acuerdos complementarios alcanzados entre Asmar y los Armadores.

Ejemplo de estos:

(1) Costos de aumento de Estadía inspectores del Armador.

(2) Costos de servicios de Casa Clasificadora;

(3) Costos de Seguros Adicionales y Costos Adicionales Bancarios;

Para el Vikingo, la obligación no sólo está establecida en el Contrato, sino que es reforzada por las Partes en el Addendum. La extensión de la vigencia de la Repayment Bank Guarantee es una de las condiciones que exigió el Armador para aceptar la reparación y perseverar en el Contrato, no obstante el daño sufrido por la nave.

Otro tanto ocurre con la Technical Guarantee, que se prorroga en la medida que el Contrato exige que su vigencia exceda en 12 meses a la fecha de entrega de la nave.

(4) Costos de Garantías de Equipos;

De la misma manera en que ocurrió respecto de las partidas anteriores, la extensión de la garantía de materiales y equipos fue una condición impuesta por los Armadores para acceder a la reparación de las naves. El retraso justificado por la Fuerza Mayor, afectó las garantías de partes y piezas que, de no mediar el siniestro, se habrían encontrado vigentes al momento de la entrega en la forma prevista por los contratos.

Tratándose de materiales y equipos reemplazados, los costos de garantía quedaron incluidos en el precio de compra.

Por lo mismo, para los equipos reparados, se adquieren las garantías en razón del procedimiento adoptado para minimizar la extensión del daño.

Por ejemplo, en el caso de los motores del Vikingo, el proveedor sólo estaba dispuesto a otorgar garantía en el supuesto que el Constructor accediera a renovar el paquete completo de equipos, lo que precisamente hacía técnica y económicamente inviable la alternativa de reparación: sólo la recompra del paquete de equipos habría costado cerca de USD 16.000.000, a lo que debiera sumarse los costos de retiro de los equipos siniestrados (incluyendo la reparación de los daños que dicho proceso causaría en la nave, pues era necesario abrir rutas a través de la estructura/casco, estimados en USD 2,8 millones) y la reinstalación de los nuevos equipos (lo que en total, haciendo una estimación gruesa con un cambio de 1,31 USD por Eur, supera los € 14.000.000)

Por su parte, el Armador sólo aceptaría “equipos reparados” en la medida que estos estuvieran cubiertos por una adecuada garantía técnica, según queda expresado en el Addendum acordado entre las partes.

En resumen, o ASMAR solicitaba al Asegurador € 14.000.000, compraba el nuevo motor y lo instalaba, asegurándose de que el Comprador aceptaría la Nave; o negociaba una garantía adicional por un menor precio.

Obviamente ASMAR optó por este último curso de acción y negoció con el proveedor de los motores (Rolls-Royce Marine AS, en adelante “RRM”), una modificación del contrato de suministro. Ello significó la compra de una garantía adicional (por la cual RRM exigió un pago de aproximadamente € 527.000 que cubriera equipos reparados, de modo que satisficiera las exigencias del Armador y permitiera contener la extensión del daño al evitar los costos de renovación referidos más arriba.

CAPITULO 8
ELABORACIÓN DE INFORMES DE RECLAMOS

Efectuadas innumerables reuniones e inspecciones con los aseguradores, Asmar presentó a estos la estructura de datos del reclamo y acordamos en conjunto la documentación necesaria como respaldo, para con ello lograr la indemnización del Asegurado, dejando a este en las mismas condiciones en que se encontraba al momento anterior al siniestro, por lo que el pago debe comprender todos los costos en que ha debido incurrir el Asegurado para la reconstrucción de la nave aseguradas.

La estructura de la data se definió de la siguiente forma:

1. Equipos – Inspecciones - Comisionamiento
2. Materiales con costo superior a USD 5.000
3. Materiales costo bajo USD 5.0000
4. Mano de Obra - Materiales Consumibles - Servicios – Gasto Directo

Equipos – Inspecciones – Comisionamiento

La data solicitada por la aseguradora para este reclamo debía contener:
Orden de Compra Original – Código del Material – Descripción – Unidad de Medida – Cantidad en O.C. – Nueva Orden de Compra – Factura – Proveedor – Moneda Origen - % Handling Fee – Incoterms – Valor Final del Ítem - Valor en Euro

ORDEN DE COMPRA ORIGINAL	Código	DESCRIPCION DEL MATERIAL	UM	CANTIDAD EN OC	NUEVA ORDEN DE COMPRA P/O	FACTURA	PROVEEDOR	MONEDA ORIGINAL	VALOR DEL ITEM EN OC	% HANDLING FEE	INCOTERMS	VALOR FINAL DEL ITEM	TOTAL EURO
251080	47868	SENSOR NIVEL VERTICAL INA/INC-240VAVDC OPERAC MAGN IP65 1340MM REF. A01-140 BESTA	NR	8	317444	110052	NAVAL TECHNICA EXPORT GMBH	EURO	**3.672**	10	EXWorks	4.039	**4.039**
251080	126411	SVITCH DE NIVEL TIPO FLOTADOR MONTAJE VERTICAL PINI6 MAX.TEMP.OPER.: 0-330GRD C	NR	1	317444	110052	NAVAL TECHNICA EXPORT GMBH	EURO	**1.032**	10	EXWorks	1135	**1.135**
232014	147795	RECOMMENDED SPARE PARTS FOR UNIT VP 45 L FOR TVO YEARS ACCORDING TO QUOTAT	JG	1	329678	110417	NAVAL TECHNICA EXPORT GMBH	EURO	**7.009**	10	EXWorks	7.710	**7.710**
245025	152841	SFI 722/130.10 & 722/130.20: CENTRIFUGAL PUMP ITUR TYPE ILNC-80/250B ALTERNATIV	NR	2	299657	100753	NAVAL TECHNICA EXPORT GMBH	EURO	**4.409**	10	EXWorks	4.850	**4.850**
254695	155943	VIKING INFLATABLE THROV OVERBOARD LIFERAFT PACKED IN GREY COLOR GRP CONTAINE	NR	2	301532	9435	VIKING LIFE-SAVING EQUIPMENT A/S	EURO	**6.646**	10	EXWorks	7.311	**7.311**
254695	155947	UNIVERSAL SOLAS IMMERSION-RESCUE SUIT, VITH ICELANDIC MARITIME ADMINISTRATION T	NR	52	301532	9435	VIKING LIFE-SAVING EQUIPMENT A/S	EURO	**16.224**	10	EXWorks	17.846	**17.846**
261359	157475	SEA-WATER-RESISTANT ALUMINUM ALLOY FOLDABLE GANGWAY, TELESCOPIC TYPE, VITH PU	NR	1	300464	1004	UNDERTUN INDUSTRI AS	EURO	**64.848**	10	EXWorks	71.333	**71.333**
275369	158611	SET DE CORTINA BLACKOUT TIPO RODILLO RETRACTIL GKAREGARD SILVER MARTEK MARIN	NR	1	299588	100484	NAVAL TECHNICA EXPORT GMBH	EURO	**7.912**	10	EXWorks	8.703	**8.703**
283050	161683	SILLA DE OFICINA TAPIZ CUERO COLOR DARK BLUE MODELO FOS MARCA FAMOS (HIGH BAC	NR	28	301258	100639	NAVAL TECHNICA EXPORT GMBH	EURO	**10.500**	10	EXWorks	11.550	**11.550**
294758	169732	MICROCOMPONENTE 230V 50-60 HZ MODELO SHARP XL-DH350NH	NR	32	302101	10061	NAVAL TECHNICA EXPORT GMBH	EURO	**4.320**	10	EXWorks	4.752	**4.752**
-	172802	INSPECTION OF FIRM EQUIPMENT AFTER EARTHQUAKE/TSUNAMI AS PER OFFER FIRM NO.P	NR	1	296331	8175	ROLLS-ROYCE MARINE A/S	CORONA	**1.100.000**	10	CFR	1.210.000	**156.528**
-	173336	INSPECCION GENERAL DE GRUPOS GENERADORES PROYECTO 5318	NR	1	296907	497568	FINNING CHILE SA	PESO	**9.648.000**	5	NACIONAL	10.130.400	**15.897**
227465	173493	MARINE GENERATOR SET C18 550 EKW @ 1800 RPM 60 HZ	NR	2	297530	22042010	*FINNING	DOLAR OE	**350.000**	10	CFR	385.000	**291.738**
227465	173494	ALTERNADOR CATERPILLAR DE 550 EKV 1800 RPM 60 HZ MODELO SR4B	NR	2	297530	22042010	*FINNING	DOLAR OE	**110.000**	10	CFR	121.000	**91.689**
-	173805	INSPECCION ICCP PRODUCTO , GENERACION DE INFORME, CATHELCO	NR	1	298036	434	CATHELCO LTD.	DOLAR OE	**8.500**	5	DDU	8.925	**6.763**
237219	174146	SCRE PRIMING HORIZONTAL ECCENTRIC SCREV PUMP TYPE AEBIE200-IE 011 GOK 122PP 5FV	NR	1	298515	100689	NAVAL TECHNICA EXPORT GMBH	EURO	**3.875**	10	EXWorks	4.263	**4.263**
230093	174187	KIT DE SERVICIO PARA PURIFICADORES DE ACEITE Y PETROLEO SEGUN COT. LB 10.1206	NR	1	298560	57414	ALFA LAVAL	PESO	**52.439.151**	5	NACIONAL	55.061.109	**86.405**
233675	174251	SENSOR DE PRESION VEGABAR 52 (EX: SHIP POS 6.1 ITEM NR 221152 (ALFONS HAAR)	NR	2	299211	100566	NAVAL TECHNICA EXPORT GMBH	EURO	**6.070**	10	EXWorks	6.677	**6.677**
229009	174258	ACTUADOR NEUMATICO TIPO EB 8 FS 6 (BAR) (2X2D, EE/IME II T 4/6), HERION 8020747	NR	5	301337	100601	NAVAL TECHNICA EXPORT GMBH	EURO	**3.300**	10	EXWorks	3.630	**3.630**
211327	174290	FLUJOMETRO OVAL FLOVPET LS 4976-4 OA	NR	4	305384	8293	ROLLS-ROYCE MARINE A/S	CORONA	**106.724**	10	EXWorks	117.396	**15.187**
211327	174291	FLUJOMETRO ALIMENTACION PETROLEO MOT.PROP. MOD.LS5076 FLOVPET-NAV NP 704309	NR	2	305384	8293	ROLLS-ROYCE MARINE A/S	CORONA	**53.360**	10	EXWorks	58.696	**7.593**
224757	174694	COMPONENTS FOR MULTI BEAM ECHO SOUNDER AS PER TABLE A TO TABLE E IN OFFER NR	JG	1	299911	113631	RESON AS	EURO	**234.627**	5	DDU	246.358	**246.358**

FC-5/PE - 7 - 18 MOD.O

ASMAR ISO-9001

PURCHASE ORDER 5318-227465

(ORDEN DE COMPRA)

TALCAHUANO , CHILE 20-Noviembre-2007

PLEASE REFER TO THIS NUMBER IN ALL CORRESPONDENCE

ASTILLEROS Y MAESTRANZAS DE LA ARMADA
DEPARTAMENTO DE ABASTECIMIENTO
JORGE MONTT 250, BASE NAVAL
P.O.BOX: 9-D TALCAHUANO
PHONE: (56-41) 2744532
FAX: (56-41) 2744003

MESSRS (SRES.) *FINNING
MANZANA N° 9, SITIO O, GALPON N° 18, RECINTO AMURALLADO
IQUIQUE CHILE
PHONE: IQUIQUE FAX: IQUIQUE
TIPO PRECIO : DDU

REPRESENTATIVE (REPRESENTANTE)
FINNING CHILE S.A.
AVDA. LAS REJAS N° 113
SANTIAGO CHILE
PHONE : 02-6797251 FAX: 02-6797383

IMPORTACION PARA
ASTILLERO TALCAHUANO

ITEM PRESUPUESTARIO

YOUR REFERENCE (SU REFERENCIA)	OUR REFERENCE (NUESTRA REFERENCIA)	DELIVERY DATE (PLAZO ENTREGA)	DAYS (DIAS)	PRIORITY (PRIORIDAD)	CANAL DE COMPRA
	271739		180	Normal	Via e-Mail

TERMS OF PAYMENT (CONDICIONES DE PAGO) According to Contract

AGAINST THE FOLLOWING DOCUMENTS PRESENTATION(CONTRA PRESENTACION DE LOS SIGUIENTES DOCUMENTOS

COMMERCIAL INVOICE	(3)	PACKING LIST	(3)
AIRWAY BILL (AWB)	( )	FORWARDERS RECEIPT	( )
BILL OF LADING (B/L)	(3)	QUALITY CERTIFICATE	(3)
INSURANCE CERTIFICATE	( )	ORIGIN CERTIFICATE	( )

SHIPPED BY (TRANSPORTE)	FINAL DESTINATION (DESTINO FINAL)	MARKS (MARCAS)
	Talcahuano	ASTILLEROS Y MAESTRANZAS DE LA ARMADA
FORWARDERS (EMBARCADOR)	INSURANCE TAKEN BY (SEGURO)	BUYER (COMPRADOR)
	Proveedor	MUÑOZ PEÑAILILLO ROXANA DEL ROSARIO

INCOTERMS 2000

CODE(CODIGO)	IT	QTY	UNIT	DESCRIPCTION	UNIT PRICE	TOTAL AMOUNT
144524	1	1,00	NR	GRUPO GENERADOR MARINO MARCA CATERPILLAR, MODELO C-9 DE 215 EKW @ 1800 RPM, 60 HZ, 440 VOLTS CON ENFRIAMIENTO MEDIANTE RADIADOR Y CLASIFICACIÓN LR, DE ACUERDO A OFERTA DEL 11-OCT-2007 Y A CONTRATO N° 016/106/2007.	80,200.0000	80,200.00
144525	2	4,00	NR	GRUPO GENERADOR MARCA CATERPILLAR MODELO C18 DE 550 EKW @ 1800 RPM, 60 HZ, 440 VOLTS CON ENFRIAMIENTO MEDIANTE QUILLA O BOX COOLER Y CLASIFICACIÓN LR, DE ACUERDO A OFERTA DEL 11-OCT-2007 Y A CONTRATO N° 016/106/2007.	151,000.0000	604,000.00

OBSERVACIONES

RESTRICCIONES:

C.COSTO SOLICITANTE : C-452
CLIENTE : VIKINGO (PSG) (2006/12) CONSTRUCCION
SOLICITUD COMPRA : 197705

Hoja 1 de 2

FC-5/PE - 7 - 18 MOD.O

ASMAR ISO-9001

PURCHASE ORDER
(ORDEN DE COMPRA)

5318-227465

TALCAHUANO , CHILE 20-Noviembre-2007

PLEASE REFER TO THIS NUMBER IN ALL CORRESPONDENCE

ASTILLEROS Y MAESTRANZAS DE LA ARMADA
DEPARTAMENTO DE ABASTECIMIENTO
JORGE MONTT 250, BASE NAVAL
P.O.BOX: 9-D TALCAHUANO
PHONE: (56-41) 2744532
FAX: (56-41) 2744003

MESSRS (SRES.) *FINNING
MANZANA N° 9, SITIO O, GALPON N° 18, RECINTO AMURALLADO
IQUIQUE CHILE
PHONE: IQUIQUE FAX: IQUIQUE
TIPO PRECIO : DDU

REPRESENTATIVE (REPRESENTANTE)
FINNING CHILE S.A.
AVDA. LAS REJAS N° 113
SANTIAGO CHILE
PHONE : 02-6797251 FAX: 02-6797383

IMPORTACION PARA
ASTILLERO TALCAHUANO

ITEM PRESUPUESTARIO

YOUR REFERENCE (SU REFERENCIA)	OUR REFERENCE (NUESTRA REFERENCIA)	DELIVERY DATE (PLAZO ENTREGA)	DAYS (DIAS)	PRIORITY (PRIORIDAD)	CANAL DE COMPRA
	271739		180	Normal	Via e-Mail

TERMS OF PAYMENT (CONDICIONES DE PAGO) According to Contract

AGAINST THE FOLLOWING DOCUMENTS PRESENTATION(CONTRA PRESENTACION DE LOS SIGUIENTES DOCUMENTOS

COMMERCIAL INVOICE	(3)	PACKING LIST	(3)
AIRWAY BILL (AWB)	( )	FORWARDERS RECEIPT	( )
BILL OF LADING (B/L)	(3)	QUALITY CERTIFICATE	(3)
INSURANCE CERTIFICATE	( )	ORIGIN CERTIFICATE	( )

SHIPPED BY (TRANSPORTE)

FINAL DESTINATION (DESTINO FINAL)
Talcahuano

MARKS (MARCAS)
ASTILLEROS Y MAESTRANZAS DE LA ARMADA

FORWARDERS (EMBARCADOR)

INSURANCE TAKEN BY (SEGURO)
Proveedor

BUYER (COMPRADOR)
MUÑOZ PEÑAILILLO ROXANA DEL ROSARIO

INCOTERMS 2000

CODE(CODIGO)	IT	QTY	UNIT	DESCRIPCTION	UNIT PRICE	TOTAL AMOUNT

MULTAS:

GASTOS EX-FAB	1	Embalaje	0,00	GOODS VALUE		684,200.00
	2	Otros	0,00	% DISCOUNT	-	0.00
GASTOS HASTA FOB	3	Fletes	0,00	SUB-TOTAL	USD	684,200.00
	4	Otros	0,00			
GASTOS HASTA CIF	5	Fletes	0,00			
	6	Seguros	0,00			
	7	Otros	0,00	TOTAL	USD	684,200.00

CHECKING ON THE PRODUCT

ASMAR keeps the right to verify the product at the Supplier's Works to ensure that product complies with the contract requirements. This verification can be undertaken either by a representative of ASMAR or ASMAR'S Customer as previously coordinated between ASMAR and the Supplier prior to the visit.

LUIS ERNESTO SIEBERT CRISTI

PURCHASE MANAGER
ASMAR TALCAHUANO

C.COSTO SOLICITANTE : C-452
CLIENTE : VIKINGO (PSG) (2006/12) CONSTRUCCION
SOLICITUD COMPRA : 197705

Hoja 2 de 2

ORDEN DE COMPRA ORIGINAL	Código	DESCRIPCION DEL MATERIAL	UM	CANTIDAD EN OC	NUEVA ORDEN DE COMPRA P/O	FACTURA	PROVEEDOR
227465	173483	MARINE GENERATOR SET C18 550 EKW @ 1800 RPM 60 HZ	NR	2	297530	22042010	*FINNING
227465	173484	ALTERNADOR CATERPILLAR DE 550 EKW 1800 RPM 60 HZ MODELO SR4B	NR	2	297530	22042010	*FINNING

FC-5/PE - 7 - 18 MOD.O

ASMAR ISO-9001

PURCHASE ORDER
(ORDEN DE COMPRA)

6985-297530

Issued Date : Apr 21, 2010

TALCAHUANO , CHILE 13-Octubre-2010

PLEASE REFER TO THIS NUMBER IN ALL CORRESPONDENCE

ASTILLEROS Y MAESTRANZAS DE LA ARMADA
DEPARTAMENTO DE ABASTECIMIENTO
JORGE MONTT 250, BASE NAVAL
P.O.BOX: 9-D TALCAHUANO
PHONE: (56-41) 2744532
FAX: (56-41) 2744003

MESSRS (SRES.) *FINNING
MANZANA N 9
IQUIQUE CHILE
PHONE: IQUIQUE FAX: IQUIQUE
TIPO PRECIO : CFR

REPRESENTATIVE (REPRESENTANTE)
FINNING CHILE S.A.
AVDA. LAS REJAS N° 113
SANTIAGO CHILE
PHONE 02-6797251 FAX 02-6797383

IMPORTACION PARA
ASTILLERO TALCAHUANO

ITEM PRESUPUESTARIO

YOUR REFERENCE (SU REFERENCIA)	OUR REFERENCE (NUESTRA REFERENCIA)	DELIVERY DATE (PLAZO ENTREGA)	DAYS (DIAS)	PRIORITY (PRIORIDAD)	CANAL DE COMPRA
	264406		140	Normal	Compra Directa

TERMS OF PAYMENT (CONDICIONES DE PAGO) Segun Contrato

AGAINST THE FOLLOWING DOCUMENTS PRESENTATION(CONTRA PRESENTACION DE LOS SIGUIENTES DOCUMENTOS

COMMERCIAL INVOICE	(3)	PACKING LIST	(3)
AIRWAY BILL (AWB)	( )	FORWARDERS RECEIPT	( )
BILL OF LADING (B/L)	( )	QUALITY CERTIFICATE	( )
INSURANCE CERTIFICATE	( )	ORIGIN CERTIFICATE	( )

SHIPPED BY (TRANSPORTE)

FINAL DESTINATION (DESTINO FINAL)
TALCAHUANO

MARKS (MARCAS)
ASTILLEROS Y MAESTRANZAS DE LA ARMADA
ASMAR (T) Talcahuano-Chile

FORWARDERS (EMBARCADOR)

INSURANCE TAKEN BY (SEGURO)
Asmar

BUYER (COMPRADOR)
AGUAYO BRAVO SUSANA ALICIA

INCOTERMS 2000

CODE(CODIGO)	IT	QTY	UNIT	DESCRIPCTION	UNIT PRICE	TOTAL AMOUNT
173483	1	2,00	NR	MARINE GENERATOR SET C18 550 EKW @ 1800 RPM 60 HZ	175,000.0000	350,000.00
173484	2	2,00	NR	ALTERNADOR CATERPILLAR DE 550 EKW 1800 RPM 60 HZ MODELO SR4B	55,000.0000	110,000.00

OBSERVACIONES
Equipos con garantia de 12 meses despues de la entrega del buque, recertificación por el LRS, comisionamiento y los manuales correspondientes

RESTRICCIONES:

MULTAS:

FC-SIPE - 7 - 18 MOD.0

ASMAR ISO-9001

PURCHASE ORDER
(ORDEN DE COMPRA)

6985-297530

Issued Date : Apr 21, 2010

PLEASE REFER TO THIS NUMBER IN ALL CORRESPONDENCE

TALCAHUANO , CHILE 13-Octubre-2010

ASTILLEROS Y MAESTRANZAS DE LA ARMADA
DEPARTAMENTO DE ABASTECIMIENTO
JORGE MONTT 250, BASE NAVAL
P.O.BOX: 9-D TALCAHUANO
PHONE: (56-41) 2744532
FAX: (56-41) 2744003

MESSRS (SRES.) *FINNING MANZANA N 9 IQUIQUE CHILE PHONE: IQUIQUE FAX: IQUIQUE TIPO PRECIO : CFR		REPRESENTATIVE (REPRESENTANTE) FINNING CHILE S.A. AVDA. LAS REJAS N° 113 SANTIAGO CHILE PHONE : 02-6797251 FAX: 02-6797383	IMPORTACION PARA ASTILLERO TALCAHUANO ITEM PRESUPUESTARIO
YOUR REFERENCE (SU REFERENCIA)	OUR REFERENCE (NUESTRA REFERENCIA) 264406	DELIVERY DATE (PLAZO ENTREGA) DAYS (DIAS) 140	PRIORITY (PRIORIDAD) Normal	CANAL DE COMPRA Compra Directa
TERMS OF PAYMENT (CONDICIONES DE PAGO) Segun Contrato AGAINST THE FOLLOWING DOCUMENTS PRESENTATION(CONTRA PRESENTACION DE LOS SIGUIENTES DOCUMENTOS		SHIPPED BY (TRANSPORTE)	FINAL DESTINATION (DESTINO FINAL) TALCAHUANO	MARKS (MARCAS) ASTILLEROS Y MAESTRANZAS DE LA ARMADA ASMAR (T) Talcahuano-Chile
COMMERCIAL INVOICE (3) PACKING LIST (3) AIRWAY BILL (AWB) ( ) FORWARDERS RECEIPT ( ) BILL OF LADING (B/L) ( ) QUALITY CERTIFICATE ( ) INSURANCE CERTIFICATE ( ) ORIGIN CERTIFICATE ( )		FORWARDERS (EMBARCADOR)	INSURANCE TAKEN BY (SEGURO) Asmar	BUYER (COMPRADOR) AGUAYO BRAVO SUSANA ALICIA
			INCOTERMS 2000	

CODE(CODIGO)	IT	QTY	UNIT	DESCRIPCTION	UNIT PRICE	TOTAL AMOUNT

GASTOS EX-FAB	1 Embalaje	0,00	GOODS VALUE			460.000,00
	2 Otros	0,00	% DISCOUNT		-	0,00
GASTOS HASTA FOB	3 Fletes	0,00	SUB-TOTAL	USD		460.000,00
	4 Otros	0,00				
GASTOS HASTA CIF	5 Fletes	0,00				
	6 Seguros	0,00				
	7 Otros	0,00	TOTAL	USD		460.000,00

CHECKING ON THE PRODUCT

ASMAR keeps the right to verify the product at the Supplier's Works to ensure that product complies with the contract requirements. This verification can be undertaken either by a representative of ASMAR or ASMAR'S Customer as previously coordinated between ASMAR and the Supplier prior to the visit.

GIANFRANCO DE BARBIERI BOERO

PURCHASE MANAGER
ASMAR TALCAHUANO

ORDEN DE COMPRA ORIGINAL	Código	DESCRIPCION DEL MATERIAL	UM	CANTIDAD EN OC	NUEVA ORDEN DE COMPRA PIO	FACTURA	PROVEEDOR
227485	173403	MARINE GENERATOR SET C18 550 EKW @ 1800 RPM 60 HZ	NR	2	297530	22042010	*FINNING
227485	173404	ALTERNADOR CATERPILLAR DE 550 EKW 1800 RPM 60 HZ MODELO SR4B	NR	2	297530	22042010	*FINNING

PAGE N 01

PROFORMA INVOICE

INVOICE NUMBER **22042010**

DATE 22-Abr-10

SELLER: FINNING CHILE S.A.
AV. LAS REJAS NORTE 113
ESTACION CENTRAL
SANTIAGO, CHILE

BUYER: ASTILLEROS Y MAESTRANZAS DE LA ARMADA
AVDA JORGE MONTT 250, BASE NAVAL - TALCAHUANO
TALCAHUANO
CHILE

SHIP TO: ASTILLEROS Y MAESTRANZAS DE LA ARMADA
AVDA JORGE MONTT 250, BASE NAVAL - TALCAHUANO
TALCAHUANO
CHILE
RUT: 61.306.000-9

ID NUMBER
P/O N° 5318 - 297530 del 21/04/2010
SHIPPED DATE
ORIGIN OF GOODS
PAYMENT TERMS 30% Contra Orden de Compra
VIA / SHIP VIA POWER SYSTEMS
FORWARDER
CURRENCY DOLAR U.S.A.
GLOSA ARANCELARIA

ITEM	QTY	PART NUMBER	COMPLETE DETAILED DESCRIPTION OF GOODS	UNIT VALUE	SUB TOTAL
			Pago de Anticipo por el 30% según Orden de Compra 5318-297530 del 21 de Abril 2010 por la compra de 02 Generadores CAT Modelo C-18 más alternadores marinos SR4B. Precio total CIF de USD 460.000 . REF : PROJECT VENEMAR	USD 138.000,00	USD 138.000,00

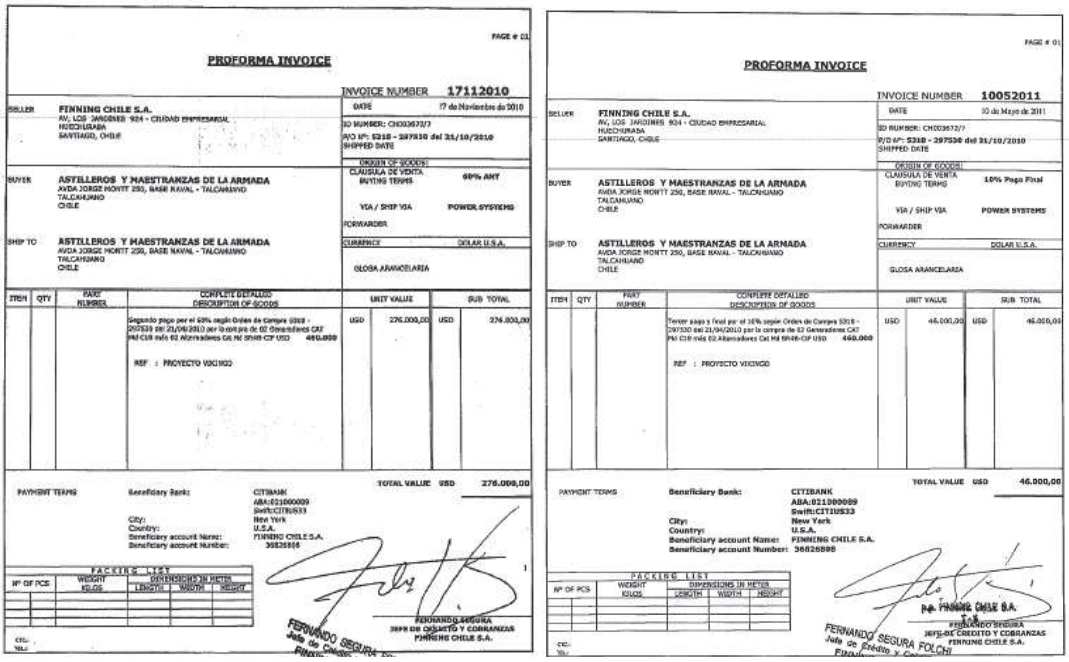
TOTAL VALUE USD 138.000,00

PAYMENT TERMS
Beneficiary Bank: CITIBANK NA
ABA: 021000089
Swift: CITIUS33
City: New York
Country: USA
Beneficiary Account Name: FINNING CHILE S.A.
Beneficiary Account Number: 36826550

PACKING LIST

N° OF PCS	WEIGHT KILOS	DIMENSIONS IN METER LENGTH	WIDTH	HEIGHT

FERNANDO BRUNA FOLCHI
JEFE DE CUENTAS
FINNING CHILE S.A.



PROFORMA INVOICE

INVOICE NUMBER 17112010

SELLER FINNING CHILE S.A.
AV. LOS JARDINES 924 - CIUDAD EMPRESARIAL
HUECHURABA
SANTIAGO, CHILE

DATE 17 de Noviembre de 2010

ID NUMBER: CH0036717
P/O Nº: 5318 - 297530 del 21/10/2010
SHIPPED DATE

ORIGIN OF GOODS:

BUYER ASTILLEROS Y MAESTRANZAS DE LA ARMADA
AVDA JORGE MONTT 250, BASE NAVAL - TALCAHUANO
TALCAHUANO
CHILE

CLAUSULA DE VENTA 60% ANT
BUYING TERMS

VIA / SHIP VIA POWER SYSTEMS

FORWARDER

SHIP TO ASTILLEROS Y MAESTRANZAS DE LA ARMADA
AVDA JORGE MONTT 250, BASE NAVAL - TALCAHUANO
TALCAHUANO
CHILE

CURRENCY DOLAR U.S.A.

GLOSA ARANCELARIA

ITEM	QTY	PART NUMBER	COMPLETE DETAILED DESCRIPTION OF GOODS	UNIT VALUE	SUB TOTAL
			Segundo pago por el 60% según Orden de Compra 5318 - 297530 del 21/04/2010 por la compra de 02 Generadores CAT Md C18 más 02 Alternadores Cat Nº 6R4R-CP USD 460.000	USD 276.000,00	USD 276.000,00
			REF : PROYECTO VIKINGO		

TOTAL VALUE USD 276.000,00

PAYMENT TERMS Beneficiary Bank: CITIBANK
ABA:021000089
Swift:CITIUS33
City: New York
Country: U.S.A.
Beneficiary account Name: FINNING CHILE S.A.
Beneficiary account Number: 36826806

PACKING LIST

Nº OF PCS	WEIGHT KILOS	DIMENSIONS IN METER LENGTH	WIDTH	HEIGHT

FERNANDO SEGURA
JEFE DE CREDITO Y COBRANZAS
FINNING CHILE S.A.

PROFORMA INVOICE

INVOICE NUMBER 10052011

SELLER FINNING CHILE S.A.
AV. LOS JARDINES 924 - CIUDAD EMPRESARIAL
HUECHURABA
SANTIAGO, CHILE

DATE 10 de Mayo de 2011

ID NUMBER: CH0036717
P/O Nº: 5318 - 297530 del 21/10/2010
SHIPPED DATE

ORIGIN OF GOODS:

BUYER ASTILLEROS Y MAESTRANZAS DE LA ARMADA
AVDA JORGE MONTT 250, BASE NAVAL - TALCAHUANO
TALCAHUANO
CHILE

CLAUSULA DE VENTA 10% Pago Final
BUYING TERMS

VIA / SHIP VIA POWER SYSTEMS

FORWARDER

SHIP TO ASTILLEROS Y MAESTRANZAS DE LA ARMADA
AVDA JORGE MONTT 250, BASE NAVAL - TALCAHUANO
TALCAHUANO
CHILE

CURRENCY DOLAR U.S.A.

GLOSA ARANCELARIA

ITEM	QTY	PART NUMBER	COMPLETE DETAILED DESCRIPTION OF GOODS	UNIT VALUE	SUB TOTAL
			Tercer pago y final por el 10% según Orden de Compra 5318 - 297530 del 21/04/2010 por la compra de 02 Generadores CAT Md C18 más 02 Alternadores Cat Nº 6R4R-CP USD 460.000	USD 46.000,00	USD 46.000,00
			REF : PROYECTO VIKINGO		

TOTAL VALUE USD 46.000,00

PAYMENT TERMS Beneficiary Bank: CITIBANK
ABA:021000089
Swift:CITIUS33
City: New York
Country: U.S.A.
Beneficiary account Name: FINNING CHILE S.A.
Beneficiary account Number: 36826806

PACKING LIST

Nº OF PCS	WEIGHT KILOS	DIMENSIONS IN METER LENGTH	WIDTH	HEIGHT

Pp. FINNING CHILE S.A.

FERNANDO SEGURA
JEFE DE CREDITO Y COBRANZAS
FINNING CHILE S.A.

Materiales con costo superior a USD 5.000

La data solicitada por la aseguradora para el reclamo de los materiales directo del proyecto debía contener:

Código del Material – Descripción – Unidad de Medida – Cantidad en O.C. – Nueva Orden de Compra – Factura – Proveedor – Moneda Origen - % Handling Fee – Incoterms – Total USD

CODIGO	DESCRIPCION	UM	CANTIDAD TOTAL EN ORDEN DE COMPRA	ORDEN DE COMPRA 1	FACTURA	PROVEEDOR	VALOR TOTAL	MONEDA ORIGINAL	%HANDLING FEE	INCOTERMS	TOTAL USD
9213	JUNTURA CAUCHO S/TELA ESP.1/8 PG 80°C E-100 CHESTERTON	KG	240	316775	72208	CHESTERTON INTERNATIONAL CH	2.588.328	PESO	8,01	NACIONAL	5.939
17207	CAÑERIA ACERO NEGRO ASTM A-106S GRADO-B SCH-80 S/C DN 8 PG.	MT	60	316302	7268	EVELING LICHTENEGGER RODRIGU	3.011.940	PESO	8,01	NACIONAL	6.519
47574	TERMINAL COMP CU EST AD. 250MCM 1 OJO M2PG DIAM INT 15.9MM REF.31049 3M	NR	710	315968	36771	DARTEL CONCEPCION LTDA	513.150	PESO	8,01	NACIONAL	1.129
92043	PLANCHA ACERO INOX. AISI-316-L 16 X 1000 X 4000 MM	NR	1	325776	849756	MAQUIMETAL LTDA.	2.610.000	PESO	8,01	NACIONAL	6.023
122510	PLANCHA ACERO NEG. METAL DESPLEGADO 1000 X 3000 MM MALLA 88 X 36 X 12 X 5 MM	NR	32	325776	849756	MAQUIMETAL LTDA.	2.809.600	PESO	8,01	NACIONAL	6.483
154540	VALVULA SELF CLOSING DN 40 MM BRONCE RG5 CON FLANGES DIN PN16 CON PALANCA	NR	16	318449	GI05000539	GOFFERT AG-ARMATURENFABRIK	3.816	EURO	8,01	EXWorks	5.731
163920	DOOR NR 122, 129 VTS.DOOR/EAGLE/2CYL/RIGHT CLOSING	NR	2	309827	110054	NAVAL TECHNICA EXPORT GMBH	19.000	EURO	8,01	EXWorks	29.196
163921	DOOR NR 002, 004 VTS.DOOR/EAGLE/2CYL/LEFT CLOSING	NR	2	309827	110054	NAVAL TECHNICA EXPORT GMBH	19.000	EURO	8,01	EXWorks	29.196
163922	DOOR NR 118 VTS.DOOR/EAGLE/2CYL/LEFT CLOSING	NR	1	309827	110054	NAVAL TECHNICA EXPORT GMBH	9.500	EURO	8,01	EXWorks	14.598
163923	WHEELHOUSE PANEL SUITABLE FOR FIVE DOORS, ACCORDING SPECIFICATION	NR	1	309827	110054	NAVAL TECHNICA EXPORT GMBH	4.635	EURO	8,01	EXWorks	7.122

Materiales costo bajo USD 5.0000

Código del Material – Descripción – Cantidad en O.C. – # Orden de Compra – Proveedor - Valor total ítem OC1 – Moneda Origen - % Handling Fee – Incoterms – Valor Final Moneda Origen – Valor USD Entrega Informe - Total USD

CODIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD TOTAL EN O/C	ORDEN DE COMPRA 1	PROVEEDOR	VALOR TOTAL ITEM OC1	MONEDA ORIGINAL	%HANDLING FEE	INCOTERMS	VALOR FINAL MONEDA ORIGEN	VALOR USD ENTREGA INFORME	VALOR FINAL EN USD
164229	LAMP BULB MATT OSRAM 230V, 60 W, E27 REF 001-406 DECKMA	58	326590	NAVAL TECHNICA EXPOR	39	EURO	8,01	EXWorks	42	60	60
164230	LAMPSHADE WALL LAMP FOR SIGMA REF 002-078 DECKMA	21	326590	NAVAL TECHNICA EXPOR	479	EURO	8,01	EXWorks	517	739	739
164245	LAMP DOWNLIGHTS MODEL QPAR16 50/GZ10 40GR CB GLAMOX	74	326821	NAVAL TECHNICA EXPOR	215	EURO	8,01	EXWorks	233	332	332
164246	DOWNLIGHTS SOCKET MALE 3 POLE BLOCK FOR 230V MODEL NAC 31.S.V MA	70	326821	NAVAL TECHNICA EXPOR	68	EURO	8,01	EXWorks	73	105	105
164247	DOWNLIGHTS SOCKET FEMALE 3 POLE BLOCK FOR 230V MD. NAC 32.S.V FEM	70	326821	NAVAL TECHNICA EXPOR	85	EURO	8,01	EXWorks	92	131	131
164248	FLUORESCENT TUBE 18W MODEL T26 18/840 G13 REF 77000276 GLAMOX	814	326821	NAVAL TECHNICA EXPOR	1.484	EURO	8,01	EXWorks	1.603	2.290	2.290
164249	MIR E14 EMERGENCY KIT REF PA010205001 GLAMOX	13	326821	NAVAL TECHNICA EXPOR	110	EURO	8,01	EXWorks	119	170	170
164253	FLUORESCENT TUBE LOW TEMPERTURE 590MM WHITE 10PCS REF 984010220	2	326821	NAVAL TECHNICA EXPOR	145	EURO	8,01	EXWorks	157	224	224
164266	SPARE PART FOR MIR218(012065) HOLDER G13 STUCCHI 142/MAU-P GLAMOX F	4	325634	NAVAL TECHNICA EXPOR	4	EURO	8,01	EXWorks	4	6	6
164267	SPARE PART FOR MIR218(012065) BALLAST 136/218 3/5 EC36LA501K GLAMOX R	2	325634	NAVAL TECHNICA EXPOR	11	EURO	8,01	EXWorks	12	17	17
164274	SPARE PART FOR MAX(004845) LAMPHOLDER MAX/GRX3 96B BROWN REF F	1	325634	NAVAL TECHNICA EXPOR	6	EURO	8,01	EXWorks	6	9	9
164275	SPARE PART FOR MAX(004845) LAMPHOLDER MAX/GRX3 96B BLUE REF PA0	1	325634	NAVAL TECHNICA EXPOR	6	EURO	8,01	EXWorks	6	9	9
164307	DAMPA DCC CEILING SYSTEM TYPE 308, 0.6 MM STEEL, UN-PERFORATED, 25	1224	317440	*DAMPA APS	1.204	EURO	8,01	CIF	1.301	1.858	1.858
164308	DAMPA DCC CEILING SYSTEM TYPE 308, 0.5 MM STEEL, UN-PERFORATED, 25	93	317440	*DAMPA APS	203	EURO	8,01	CIF	219	312	312
164309	MODULAR CARRIER NR. 16, L= 4000 MM	480	317440	*DAMPA APS	106	EURO	8,01	CIF	115	164	164
164310	RUNNER SPLICE NR. 12	463	317440	*DAMPA APS	15	EURO	8,01	CIF	16	23	23
164311	SUSPENSION NR. 3 (VIBRATION ABSORBER)	1863	317440	*DAMPA APS	101	EURO	8,01	CIF	109	155	155

Mano de Obra - Materiales Consumibles - Servicios – Gasto Directo

La estructura y data acordada con la aseguradora para el reclamo de los Recursos de Mano de Obra (HH) – Materiales Consumibles, Servicios y Gasto Directo de los Proyectos sería:

- Materiales y Equipos Almacén
- Materiales y Equipos Almacén – Grada - Buque
- Componentes en Fabricación Taller
- Componentes Fabricación en Buque
- Componentes terminados en Buque

El contenido de esta estructura es como sigue:

	HH	Mano Obra $	Materiales Consumibles $	Recursos Equipo $	Servicios $	Gastos Directos $	Sub totales CLP	Sub totales USD	
01 Materiales y equipos Almacén	0	0	2.288.855	10.716.222	0	0	13.005.077	**25.788**	link
02 Materiales y equipos Almacén / Grada / Buque	0	0	0	11.577.634	0	0	11.577.634	**24.212**	link
03 Componentes en fabricación en Taller	7.616	70.883.635	7.885.666	5.371.925	1.245.426	410.000	107.061.743	**218.361**	link
04 Componentes en fabricación en Buque	13.385	124.576.872	1.472.377	1.772.843	686.556	0	165.881.709	**330.520**	link
05 Componentes terminados en Buque	103.869	966.736.537	60.074.205	167.618.622	99.037.312	360.274.465	1.943.762.103	**3.981.510**	link

1. Materiales y Equipos Almacén

Tarea	Descripción	HH	Mano Obra $	Materiales Consum $	Recursos Equipo $	Servicios $	Gastos Directos $	Total $	TOTAL USD
2643784	LLMM : Materiales Estructura	0	0	0	1.030.406	0	0	1.030.406	**2.043**
2643786	LLMM : Materiales Mecánica	0	0	0	2.472.974	0	0	2.472.974	**4.904**
2643787	LLMM : Materiales Habitabilidad	0	0	1.939.958	3.297.299	0	0	5.237.257	**10.385**
2643789	LLMM : Materiales Eléctricidad	0	0	348.897	3.915.543	0	0	4.264.440	**8.456**

Tarea	Descripción	Mano obra - materiales - Repuestos - Recursos equipo - Suministros - Gastos Directos	Código material suministro	detalle	unidad medida	cantidad	valor unitario	subtotal $
2643784	LLMM : Materiales Estructura	Equipos	202	TRACTORES SERVICIOS	HORA(HR)	10	16.592	215.696
2643784	LLMM : Materiales Estructura	Equipos	247	GRUA RODANTE 30 TONS	HORA(HR)	10	51.450	668.850
2643784	LLMM : Materiales Estructura	Equipos	251	RAMPLAS SERVICIOS	HORA(HR)	10	1.770	23.010
2643784	LLMM : Materiales Estructura	Equipos	315	GRUA HORQUILLA SERVICIOS	HORA(HR)	10	9.450	122.850

Tarea	Descripción	Mano obra - materiales - Repuestos - Recursos equipo - Suministros - Gastos Directos	Código material suministro	detalle	unidad medida	cantidad	valor unitario	subtotal $
2643787	LLMM : Materiales Habitabilidad	Materiales	135411	TRABADOR DE ROSCA RESISTENCIA MEDIA ENVA	NUMERO	3,0	13.950	42.896
2643787	LLMM : Materiales Habitabilidad	Materiales	36941	ADHESIVO DE CONTACTO C/SOLVENTE COLOR EN	NUMERO	276,0	4.695	1.328.216
2643787	LLMM : Materiales Habitabilidad	Materiales	86115	ADHESIVO PARA INSOLTUBE ENV. 1/4 GL	NUMERO	35,0	4.550	163.231
2643787	LLMM : Materiales Habitabilidad	Materiales	12845	DILUYENTE 08080 PARA PINTURA ACRILICA REF	LITRO	80,0	2.690	220.580
2643787	LLMM : Materiales Habitabilidad	Materiales	12869	SELLADOR REEMPLAZO JUNTAS ENV. 50 ML REF. I	NUMERO	16,0	5.577	91.463
2643787	LLMM : Materiales Habitabilidad	Materiales	49248	ADHESIVO PARA INSOLTUBE ENV. 1 LT. (USAR CC	LITRO	5,0	4.550	23.319
2643787	LLMM : Materiales Habitabilidad	Materiales	12855	DILUYENTE P/BARNIZ A BASE PIROXILINA REF. PA	LITRO	46,0	1.490	70.254

2. Materiales y Equipos Almacén – Grada – Buque

Tarea 7286	Descripción	HH	FTT	Mano Obra $	Materiales Consum $	Recursos Equipo $	Servicios $	Gastos Directos $	Total $	TOTAL USD FTT	TOTAL USD
2646660	OC.323863 Equipos "Kongsberg Maritime Subsea"	0	11/08/2011	0	0	551.359	0	0	551.359	1.166	**1.166**
2646662	OC.323861 Equipos "Kongsberg Mesotech LTDA."	0	11/08/2011	0	0	599.100	0	0	599.100	1.266	**1.266**
2646666	OC.309420 Equipos "Naval Technica Export GMBH"	0	11/08/2011	0	0	484.474	0	0	484.474	1.024	**1.024**
2646636	OC.311571 Equipos "Cathelco LTD."	0	04/02/2011	0	0	206.081	0	0	206.081	428	**428**
2646637	OC.312646 Equipos "Gea Westfalia Separator Syster	0	04/02/2011	0	0	412.162	0	0	412.162	856	**856**
2646638	OC.312217 Equipos "Hoppe Bordmesstechnik GMBH"	0	04/02/2011	0	0	412.162	0	0	412.162	856	**856**
2646640	OC.312426 Equipos "Hoppe Bordmesstechnik GMBH"	0	31/03/2011	0	0	412.162	0	0	412.162	855	**855**
2646642	OC.308730 Equipos "HRP Thruster Systems B.V."	0	31/03/2011	0	0	412.162	0	0	412.162	855	**855**
2646644	OC.320696 Equipos "Ingeniería y Construcciones INS	0	31/03/2011	0	0	412.162	0	0	412.162	855	**855**
2646695	OC.309448 Equipos "Van Der Velden Barkemeyer GM	0	15/03/2011	0	0	295.246	0	0	295.246	614	**614**
2646698	OC.309466 Equipos "Wartsila Chile LTDA."	0	14/07/2011	0	0	1.242.488	0	0	1.242.488	2.680	**2.680**
2646699	OC.317376 Equipos "Wartsila Chile LTDA."	0	15/07/2011	0	0	830.326	0	0	830.326	1.797	**1.797**
2646633	OC.307978 Equipos "Aeron Miljoteknikk AS"	0	18/03/2011	0	0	738.296	0	0	738.296	1.521	**1.521**
2646634	OC.323999 Equipos "Aeron Miljoteknikk AS"	0	04/02/2011	0	0	436.732	0	0	436.732	907	**907**
2646635	OC.308295 Equipos "Ansaldo Sistemi Industriali S.P.	0	04/02/2011	0	0	325.884	0	0	325.884	677	**677**
2646694	OC.308811 Equipos "Triplex"	0	12/10/2011	0	0	387.525	0	0	387.525	756	**756**
2646667	OC.317651 Equipos "Naval Technica Export GMBH"	0	04/02/2011	0	0	448.318	0	0	448.318	931	**931**
2646668	OC.317652 Equipos "Naval Technica Export GMBH"	0	04/02/2011	0	0	345.277	0	0	345.277	717	**717**
2646669	OC.317894 Equipos "Naval Technica Export GMBH"	0	04/02/2011	0	0	208.794	0	0	208.794	434	**434**
2646670	OC.326392 Equipos "Naval Technica Export GMBH"	0	04/02/2011	0	0	232.050	0	0	232.050	482	**482**
2646682	OC.319269 Equipos "Rolls Royce Marine A/S"	0	04/02/2011	0	0	176.795	0	0	176.795	367	**367**
2646685	OC.319071 Equipos "Scharfstein SA"	0	04/02/2011	0	0	196.560	0	0	196.560	408	**408**
2646686	OC.311906 Equipos "Teledyne RD Instruments"	0	04/02/2011	0	0	733.444	0	0	733.444	1.523	**1.523**

Tarea	Descripción	Volver	Mano obra - materiales - Repuestos - Recursos equipo - Suministros - Gastos Directos	Código material suministro	detalle	unidad medida	cantidad	valor unitario	subtotal $
2646699	OC.317376 Equipos "Wartsila Chile LTDA."		Equipos	202	TRACTORES SERVICIOS	HORA(HR)	6	16.592	129.418
2646699	OC.317376 Equipos "Wartsila Chile LTDA."		Equipos	247	GRUA RODANTE 30 TONS	HORA(HR)	8	51.450	535.080
2646699	OC.317376 Equipos "Wartsila Chile LTDA."		Equipos	251	RAMPLAS SERVICIOS	HORA(HR)	8	1.770	18.408
2646699	OC.317376 Equipos "Wartsila Chile LTDA."		Equipos	315	GRUA HORQUILLA SERVICIOS	HORA(HR)	12	9.450	147.420

3. Componentes en Fabricación Taller

Tarea	Descripción	HH	Materiales Consum $	Recursos Equipo $	Servicios $	Gastos Directos $	TOTAL USD
2629652	61-Reasignar materiales y Rehacer trabajos de Corte y Conformado Plar	104	0	374.449	0	0	**3.279**
2634114	Z-2, Reasignar Materiales para Fab. y Mont. Sistema Purificación Aceite L	8	0	64.740	0	0	**327**
2634146	Z-2, Reasignar Materiales para Fab. y Mont. Sistema Purificación Petróle	106	108.596	63.635	46.592	0	**3.041**
2634153	Z-2, Reasignar Materiales para Fab. y Mont. Sistema Aire Servicio Sala G	368	14.299	63.635	80.834	0	**9.319**
2630582	Z-1,Reasignar Materiales y Fab y Mont Sist. Control Paso Hélice Thruster	100	0	89.065	41.600	0	**2.658**
2630612	Z-3, Reasignar Materiales para Fab y Mont Sist Achique y Lastre Sala Prc	70	0	63.635	0	0	**1.891**
2629894	Z-1, Reasignar Materiales para Fab y Mont Sist Aire Comprimido Control S	266	0	113.880	59.904	80.000	**7.017**
2629900	Z-2A, Reasignar Materiales para Fab y Mont Descarga Gases, Desah, Dr	12	0	77.025	0	250.000	**973**
2634343	Z-4, Reasignar Materiales para Fab y Mont Sist Enfriamiento Agua Mar Er	46	0	25.675	26.624	0	**1.233**

Tarea	Descripción	Volver	Mano obra - materiales - Repuestos - Recursos equipo - Suministros - Gastos Directos	Código material suministro	detalle	unidad medida	cantidad	valor unitario	subtotal $
2634153	Z-2, Reasignar Materiales para Fab. y Mont. Si		Materiales	74504	DISCO LIJA TRASLAPADO PARA INOXIDABLE GRA	NUMERO	10,0	1.395	14.299

Tarea	Descripción	Volver	Mano obra - materiales - Repuestos - Recursos equipo - Suministros - Gastos Directos	Código material suministro	detalle	unidad medida	cantidad	valor unitario	subtotal $
2634153	Z-2, Reasignar Materiales para Fab. y Mont. Si		Equipos	249	CAMIONETAS/CARRYS SERVICIOS	HORA(HR)	2	10.300	26.780
2634153	Z-2, Reasignar Materiales para Fab. y Mont. Si		Equipos	315	GRUA HORQUILLA SERVICIOS	HORA(HR)	3	9.450	36.855

Tarea	Descripción	Volver	Mano obra - materiales - Repuestos - Recursos equipo - Suministros - Gastos Directos	Código material suministro	detalle	unidad medida	cantidad	valor unitario	subtotal $
2634153	Z-2, Reasignar Materiales para Fab. y Mont. Si		Servicios	14	Poder 380 / 50hz Hora Normal	KILOWATT/I	310,0	128	51.584
2634153	Z-2, Reasignar Materiales para Fab. y Mont. Si		Servicios	19	H H Conexiones y Suministros	HORA(HR)	3,0	7.500	29.250

4. Componentes en Fabricación en Buque

Tarea	Descripción	HH	FTT	Mano Obra $	Materiales Consum $	Recursos Equipo $	Servicios $	Gastos Directos $	Total $	TOTAL USD
2643354	57-Z-2, Rehacer Aislamiento Sist. Alimentación Agua Fría Sala Gen Set B31-B41(Post-Te	58	20/10/2011	539.818	18.655	0	0	0	558.473	**1.415**
2643398	57-Z-1, Rehacer Cto. del. Sist. Incendio y Lavado Sala Máquina Auxiliar(Post Terremoto	100	06/10/2011	930.720	25.367	71.370	21.632	0	1.049.089	**2.501**
2643402	57-Z-1, Rehacer Cto. del Sist. Desahogo y Sobreflujo (Post Terremoto) T-2283027	240	30/11/2011	2.233.728	34.337	0	19.968	0	2.288.033	**5.643**
2643242	57-Z-2,Rehacer Cto. del Sist. F.O Incinerador, Gen Emergen y Gen. de Puerto B31 y B4	110	06/10/2011	1.023.792	30.613	33.443	24.960	0	1.112.808	**2.674**
2643247	57-Z-4, Rehacer Cto. del Sist. Desahogos y Sobreflujo B12,22,32(Post Terremoto) T-23	983	29/10/2011	9.148.978	166.996	219.278	53.248	0	9.588.500	**25.155**
2643409	57-Z-0, Rehacer cto. del Sist. Sondas Manuales (Post Terremoto) T-2194580	33	29/10/2011	307.138	0	0	0	0	307.138	**814**
2643351	57-Z-1, Rehacer Ctos. del Sist. Purificación Petróleo MDO, (Post-Terremoto) T-2289812	298	08/10/2011	2.773.546	26.527	0	16.640	0	2.816.713	**7.102**
2643357	57-Z-2, Rehacer Ctos. Sist. Enfriamiento Agua Mar Compresores Unidad Científico Cold S	198	25/01/2012	1.842.826	35.939	95.160	44.460	0	2.018.384	**5.216**
2643328	57-Z-2, Rehacer Cto. del Sist. Enfriamiento Agua de Mar Generadores Sets B-31 y B-41(	238	01/10/2011	2.215.114	30.816	0	24.960	0	2.270.889	**5.626**
2643418	57-Z-2, Rehacer cto. del Sist. Enfriamiento Agua Dulce Sala Generadores Sets (Post-Ter	1.852	08/10/2011	17.236.934	364.507	371.670	83.200	0	18.056.312	**45.211**
2643464	57-Z-0, Rehacer cto. del Sist. Drenajes Internos Doble Fondo (Post-Terremoto) T-21945	114	01/10/2011	1.061.021	22.274	0	23.296	0	1.106.591	**2.731**
2643467	57-Z-2, Rehacer cto. del Sist Llenado Transferencia Petróleo MDO Sala Generadores Set	910	30/12/2011	8.469.552	142.298	162.045	72.748	0	8.846.643	**21.838**
2643425	57-Z-2, Rehacer Cto. del Sist. Descarga Aceite Sucio y Aguas Residuales B-41(Post-Terr	220	19/03/2010	2.047.584	28.400	0	24.960	0	2.100.944	**5.163**
2643428	57-Z-4, Rehacer Cto. del Sist. Drenajes Internos y Externos de Cubierta B12-22-32 (Po	784	01/10/2011	7.296.845	133.668	252.720	69.420	0	7.752.653	**19.054**
2643448	57-Z-2, Rehacer cto. del Sist. de Achique Sala Gen Set (Post-Terremoto) T-2285994	402	19/03/2010	3.741.494	31.013	0	34.944	0	3.807.451	**9.373**
2643450	57-Z-2, Rehacer cto. del Sist. Lastre Sala Generadores Set.(Post-Terremoto) T-2291407	1.037	19/03/2010	9.651.966	172.964	243.068	82.732	0	10.150.330	**24.804**
2643451	57-Z-8, Rehacer cto. del Sist. Desahogo y Sobreflujo B42-B52-B62-B72 (Post Terremoto	891	29/10/2011	8.292.715	184.787	185.835	69.420	0	8.732.757	**22.886**

Tarea	Descripción	Volver	Mano obra - materiales - Repuestos - Recursos equipo - Suministros - Gastos Directos	Código material suministro	detalle	unidad medida	cantidad	subtotal $
2643418	57-Z-2, Rehacer cto. del Sist. Enfriamiento Agu		Mano de Obra	1013	SUPERVISION PRIMERA LINEA	HORA(HR)	77	716.654
2643418	57-Z-2, Rehacer cto. del Sist. Enfriamiento Agu		Mano de Obra	1074	MECANICA DE CANERIAS	HORA(HR)	1775	16.520.280

Tarea	Descripción	Volver	Mano obra - materiales - Repuestos - Recursos equipo - Suministros - Gastos Directos	Código material suministro	detalle	unidad medida	cantidad	valor unitario	subtotal $
2643418	57-Z-2, Rehacer cto. del Sist. Enfriamiento Agu		Materiales	74504	DISCO LIJA TRASLAPADO PARA INOXIDABLE GRA	NUMERO	20,0	1.395	28.598
2643418	57-Z-2, Rehacer cto. del Sist. Enfriamiento Agu		Materiales	7691	DISCO CORTE ACERO 180 X 2,5 A 3,2 X 22 MM RE	NUMERO	30,0	847	26.042
2643418	57-Z-2, Rehacer cto. del Sist. Enfriamiento Agu		Materiales	7861	RESPIRADOR LIBRE MANT. P/HUMO P/SOLD CLAS	NUMERO	25,0	1.957	50.148
2643418	57-Z-2, Rehacer cto. del Sist. Enfriamiento Agu		Materiales	7855	RESPIRADOR LIBRE MANT. P/POLVO-LIQUID. CLA	NUMERO	25,0	315	8.072
2643418	57-Z-2, Rehacer cto. del Sist. Enfriamiento Agu		Materiales	7557	ELECTRODO AWS E-7018 DIAM. 1/8 PG I ****	KILOGRAMO	10,0	1.120	11.480
2643418	57-Z-2, Rehacer cto. del Sist. Enfriamiento Agu		Materiales	7556	ELECTRODO AWS E-7018 DIAM. 3/32 PG I ****	KILOGRAMO	20,0	1.175	24.088
2643418	57-Z-2, Rehacer cto. del Sist. Enfriamiento Agu		Materiales	12688	GAS ARGON EN BOTELLA REF.AGA***	METRO CUB	50,0	3.399	174.199
2643418	57-Z-2, Rehacer cto. del Sist. Enfriamiento Agu		Materiales	33184	VARILLA SOLDADURA TIG AWS ER-70S-6 DIAM. 3	KILOGRAMO	10,0	1.790	18.348
2643418	57-Z-2, Rehacer cto. del Sist. Enfriamiento Agu		Materiales	7851	PROTECTOR AUDITIVO DESECHABLE TIPO TAPON	PAR	50,0	45	2.306
2643418	57-Z-2, Rehacer cto. del Sist. Enfriamiento Agu		Materiales	22723	DISCO LIJA TRASLAPADO PARA INOXIDABLE GRA	NUMERO	10,0	2.071	21.228

Tarea	Descripción	Volver	Mano obra - materiales - Repuestos - Recursos equipo - Suministros - Gastos Directos	Código material suministro	detalle	unidad medida	cantidad	valor unitario	subtotal $
2643418	57-Z-2, Rehacer cto. del Sist. Enfriamiento Agu		Equipos	247	GRUA RODANTE 30 TONS	HORA(HR)	2	51.450	133.770
2643418	57-Z-2, Rehacer cto. del Sist. Enfriamiento Agu		Equipos	254	TURBO VENTILADOR MAYOR	DIA(DIA)	10	18.300	237.900

Tarea	Descripción	Volver	Mano obra - materiales - Repuestos - Recursos equipo - Suministros - Gastos Directos	Código material suministro	detalle	unidad medida	cantidad	subtotal $
2643418	57-Z-2, Rehacer cto. del Sist. Enfriamiento Agu		Servicios	14	Poder 380 / 50hz Hora Normal	KILOWATT/I	500,0	83.200

5. Componentes Terminados en Buque

Tarea	Descripción	HH	Mano Obra $	Materiales Consum $	Recursos Equipo $	Servicios $	Gastos Directos $	TOTAL EURO
2640160	Remplazo Alarm & Monitoring System	720	6.701.184	179.494	380.536	0	0	**13.721**
2640858	Cambio de bomba eléctrica y caja reductora Eb. Sistema FIFI	504	4.690.829	32.922	66.885	0	0	**9.021**
2640735	Reparacion Sistema Cathelco	240	2.233.728	180.830	58.825	0	0	**4.626**
2641414	Recuperar Pintura Diferentes Sectores del Buque	19040	177.209.088	19.433.582	25.698.016	38.747.384	0	**450.000**
2641053	Inspección Purificadora ALFA LAVAL y Cambio de Elementos Dañados	240	2.233.728	98.475	50.164	0	0	**4.368**
2641058	Inspeccionar y probar Separador Agua/Aceite, Cambiar si es necesario	144	1.340.237	99.698	160.745	0	0	**2.903**
2669537	Alimentación Inspectores, Técnicos y Seguro.	0	0	0	0	0	745.780	**1.213**
2668143	Trabajos adicionales de dique	1.457	13.560.590	0	0	0	0	**25.172**
2669549	Apoyo Dock Master.	0	0	0	0	0	80.000	**118**

Tarea	Descripción	Mano obra - materiales - Repuestos - Recursos equipo - Suministros - Gastos Directos	Código material suministro	detalle	unidad medida	cantidad
2640735	Reparacion Sistema Cathelco	Mano de Obra	1118	INSTALACION ELECTRICA	HORA(HR)	240,0

Tarea	Descripción	Mano obra - materiales - Repuestos - Recursos equipo - Suministros - Gastos Directos	Código material suministro	detalle	unidad medida	cantidad	valor unitario	subtotal $
2640735	Reparacion Sistema Cathelco	Materiales	7.754	PAD LIMPIADOR ABRASIVO MANUAL DE USO GENI	NUMERO	10,0	688	7.224
2640735	Reparacion Sistema Cathelco	Materiales	115703	PAÑO DE LIMPIEZA RESIDUO LIQ.INDUS.ALGODOI	PAQUETE	2,0	4.200	8.820
2640735	Reparacion Sistema Cathelco	Materiales	129540	LUBRICANTE ANTICORROSIVO SPRAY REF. CP-40	NUMERO	2,0	2.135	4.484
2640735	Reparacion Sistema Cathelco	Materiales	7861	RESPIRADOR LIBRE MANT. P/HUMO P/SOLD CLASF	NUMERO	4,0	1.957	8.219
2640735	Reparacion Sistema Cathelco	Materiales	7.888	BUZO DESECHABLE CON CAPUCHON TALLA XL MA	NUMERO	8,0	1.870	15.708
2640735	Reparacion Sistema Cathelco	Materiales	9643	CINTA ADHESIVA ENMASCARAR MASKING 48 MM X	ROLLO	4,0	867	3.641
2640735	Reparacion Sistema Cathelco	Materiales	10104	JABON MANO TRABAJO PESADO (ENV. 500 CC)	NUMERO	2,0	1.760	3.696
2640735	Reparacion Sistema Cathelco	Materiales	9.117	LIJA AL AGUA GRANO 220 I***	NUMERO	10,0	67	704
2640735	Reparacion Sistema Cathelco	Materiales	12698	GAS LICUADO PROPANO DOMESTICO EN CILINDR	KILOGRAMO	45,0	773	36.524
2640735	Reparacion Sistema Cathelco	Materiales	122570	DESENGRASANTE SOLVENTE DIELECTRICO REF.SC	LITRO	5,0	980	5.145
2640735	Reparacion Sistema Cathelco	Materiales	11716	GUANTES DE NITRILO VERDE LARGO 12 PG TAMAÑ	PAR	8,0	393	3.301
2640735	Reparacion Sistema Cathelco	Materiales	12685	GAS OXIGENO EN BOTELLA REF.AGA***	METRO CUB	10,0	345	3.623
2640735	Reparacion Sistema Cathelco	Materiales	12855	DILUYENTE P/BARNIZ A BASE PIROXILINA REF. PA	LITRO	5,0	1.490	7.823
2640735	Reparacion Sistema Cathelco	Materiales	4448	USAR COD. 178081 PILA ALCALINA 1.5V TIPO D	NUMERO	8,0	618	5.191
2640735	Reparacion Sistema Cathelco	Materiales	9115	LIJA AL AGUA GRANO 150 I***	NUMERO	10,0	67	704
2640735	Reparacion Sistema Cathelco	Materiales	12824	SELLANTE/ADHESIVO POLIURETANO NEGRO ENV.	NUMERO	4,0	3.750	15.750
2640735	Reparacion Sistema Cathelco	Materiales	74504	DISCO LIJA TRASLAPADO PARA INOXIDABLE GRAI	NUMERO	4,0	1.395	5.859
2640735	Reparacion Sistema Cathelco	Materiales	7851	PROTECTOR AUDITIVO DESECHABLE TIPO TAPONI	PAR	16,0	45	756
2640735	Reparacion Sistema Cathelco	Materiales	18484	LIMPIA CONTAC.ELECT. SPRAY ENV.400 ML REF.C	NUMERO	5,0	8.316	43.659

Tarea	Descripción	Mano obra - materiales - Repuestos - Recursos equipo - Suministros - Gastos Directos	Código material suministro	detalle	unidad medida	cantidad	valor unitario	subtotal $
2640735	Reparacion Sistema Cathelco	Equipos	1139	Cajas Electricas	DIA(DIA)	10,0	525	6.825
2640735	Reparacion Sistema Cathelco	Equipos	1154	Equipo Ilumin. Portatil Especial	DIA(DIA)	10,0	4.000	52.000

Concluida la población de la data, se genero el menú principal de resumen del total del reclamo, su configuración es el mostrado a continuación y a partir de él se puede navegar en forma amistosa por toda la data de los reclamos generados.

Resumen Final Proyecto Vikingo

	TOTAL €
EQUIPOS	5.827.966
Mat > 5000	582.594
Mat < 5000	892.258
HH-MAT/CONSUM-SERV-GD.	5.295.181
Aduana	13.753
Total €	**12.611.752**

Hoy podemos decir con orgullo que Asmar (T) cumplió con sus clientes entregándoles el producto esperado por ellos y nosotros estamos en el cierre de los reclamos, esperando obtener el 100% del recupero de lo gastado.

Proyecto Isfelag



Proyecto Vikingo



Proyecto Medusa



Análise de risco na seleção de um estaleiro para a construção de embarcação fluvial

Ricardo Alberto de Oliveira Ferreira (Escola Politécnica/UFRJ) – raferreira@poli.ufrj.br
Floriano C M Pires Jr. (COPPE/UFRJ) – floriano@peno.coppe.ufrj.br
Luiz Felipe Assis (Escola Politécnica/UFRJ) - felipe@peno.coppe.ufrj.br

RESUMO:

Após um longo período de crise, a indústria naval brasileira está passando por um novo processo de expansão. Entretanto, alguns dos problemas críticos que ainda persistem podem vir a impor barreiras à consolidação do setor. Entre esses, o risco estaleiro apresenta-se como um dos principais problemas da indústria hoje em dia. Os riscos de atraso de conclusão da obra e os riscos de aumento do custo previsto na construção naval podem ser identificados e amenizados a partir de medidas para mantê-los em níveis aceitáveis. Neste trabalho será aplicada uma metodologia de análise de risco baseando-se na simulação de Monte Carlo, com o intuito de servir de suporte a tomada de decisão do armador na seleção do estaleiro para construção de uma embarcação. Será considerado, para exemplo, o caso de uma balsa fluvial. Serão apresentados a rede de atividades e o orçamento padrão exigido pelo Fundo da Marinha Mercante, principal mecanismo de apoio à indústria naval no Brasil, para construção da balsa. No caso em questão será feita uma análise comparando as propostas de dois estaleiros com características distintas de confiabilidade, além de incertezas de custo e prazo. A partir daí, adotaremos possíveis estratégias de mitigação do risco a partir das distribuições de probabilidade de custo e prazo obtidos pela simulação, além de analisar os resultados obtidos em cada cenário proposto sob o ponto de vista do armador.

1 – INTRODUÇÃO

Impulsionado pela descoberta do pré-sal, a indústria naval e offshore brasileira tem revividos os tempos áureos do final dos anos 70. Porém, nem sempre foi assim. Desde a década de 80 que a indústria naval passava por um momento ruim com muitos estaleiros fechando e com quase nenhum investimento governamental. Os profissionais com grande conhecimento técnico que ali trabalhavam, acabaram por procurar outra atividade, visto que quase não se construía embarcações.

Hoje em dia, a indústria naval está em processo de expansão. Observamos um aumento da frota brasileira tanto em relação às embarcações de cabotagem, às de longo curso e de interior e também das plataformas de exploração de petróleo e suas embarcações de apoio. Não obstante, um aumento na quantidade de estaleiros instalados no país fez aumentar a capacidade máxima de produção aumentando assim o volume de encomendas. Hoje já existe a necessidade de resgatar os profissionais experientes que migraram para outro setor ou preferiram se aposentar.

Entretanto comparado com algumas das melhores indústrias mundiais, o Brasil ainda tem muito a melhorar, principalmente no quesito produtividade, tornando-se assim mais competitivo. Com essa motivação novas tecnologias estão sendo desenvolvidas proporcionando superar as barreiras de consolidação do setor.

Os riscos envolvidos são muitos e podem impactar na competitividade dos nossos produtos. Flutuações nos preços devido à variação cambial ou de preço de aço fazem com que o preço final venha a se alterar em relação ao estabelecido por contrato. Somado a isso, riscos preponderantes de desastres ambientais, greve de funcionários e ainda, quebra de aparelhos importantes podem vir a atrasar o término da obra.

A análise de risco na construção de embarcações configura-se como um importante instrumento no auxílio à tomada de decisão. Entretanto observa-se uma falta de

referência em sua utilização para construção naval brasileira. Sabe-se que a análise de risco é muito utilizada em outros setores na área de gestão de projetos e contratos.

Para sucesso do planejamento estratégico é primordial uma habilidade de análise rápida de um mercado em evolução e a comparação de dados existentes com opções no mercado. O auxílio dado pela análise de risco pode vir de muitas maneiras a partir da interpretação de distribuições de probabilidade de custo e prazo do projeto considerado. Essa avaliação tem como principal objetivo orientar o armador na implementação de medidas que visam a prevenir impactos negativos ou reduzir a sua magnitude.

Abordaremos nesse estudo a utilização da análise de risco em projetos de construção naval e offshore tomando como exemplo o caso de uma balsa fluvial. Serão analisadas duas propostas de construção de dois estaleiros, com características distintas de confiabilidade, além de incertezas de custo e prazo.

Os resultados dessa análise devem servir como embasamento a tomada de decisão e ainda servir como auxílio para possíveis medidas de minimização do risco como, por exemplo, na forma de corroborar a decisão de buscar um seguro que previna o armador de possíveis percalços ao longo do processo de construção ou até no estabelecimento de multas ao estaleiro por não cumprimento do prazo estabelecido no contrato.

2 – ESTUDO DE CASO

2.1 – Características

O estudo de caso em questão corresponde a uma balsa fluvial não propelida de dimensões principais: L = 60 m; B = 12 m; D = 2,65 m; T = 1,87 m, com características típicas da frota em operação na região Amazônica. De posse dessas informações apresentaremos a estrutura do projeto

2.2 – Estrutura do projeto

A rede de planejamento do projeto da balsa fluvial ou WBS (Work Breakdown Structure) consiste de um arranjo hierárquico que organize as fases ou níveis de projeto. Cada um desses níveis incorporam subníveis que se desdobram até o nível mais baixo da estrutura, sendo este os elementos fundamentais do trabalho. As atividades relacionam-se entre si por meio de uma conexão entre seus dois eventos, o de início e o de término, podendo ser de dependência ou de precedência. A mais utilizada é a conexão de *"término a início"* que por definição determina que a iniciação da atividade sucessora dependa do término da atividade predecessora. Em apenas um caso é utilizada a relação *"término a término"*, onde o término da atividade sucessora depende do término da atividade predecessora. Nessas atividades são alocados os recursos definidos para o projeto.

A estrutura é necessária para que se tenha uma visão detalhada e organizada das sequências de projeto. Dessa forma, o gerenciamento torna-se mais consistente e passível de acompanhamento com o mínimo de perdas ao longo do caminho.

Para criação e acompanhamento da rede de atividades é utilizado um software bastante conhecido no gerenciamento de projetos, o Primavera®.

Na rede em questão são 92 atividades analisadas: Estrutura, Plano de Corte, Redes, Máquinas, Eletricidade, Arquitetura Naval, Encomenda, Recebimento, Fabricação/Montagem, Edificação, Colocação a bordo, Instalação, Teste, Zona de Pintura1, Lançamento, Certificados e Documentos, Manuais e Planos de Entrega. Algumas dessas atividades são ainda repetidas inúmeras vezes ao longo do projeto.

Partindo do seu conceito agrupamos as diversas atividades que envolvem desde a fase de projeto e concepção passando pela construção até sua fase de encerramento. Os cinco níveis iniciais São: Projeto, Procurement, Construção, Comissionamento e Testes e Encerramento.

Description	Remaining Duration	Start	Finish	Remaining Cost
SAPRISCO 0013 - INICIAL	301	01/02/2012	28/11/2012	R$ 1.967.904
PROJETO	31	01/02/2012	02/03/2012	R$ 25.000
PROCUREMENT	56	16/03/2012	11/05/2012	R$ 0
CONSTRUCAO	228	13/04/2012	28/11/2012	R$ 1.920.904
COMISSIONAMENTO E TESTES	0	19/11/2012	19/11/2012	R$ 0
ENCERRAMENTO	0	19/11/2012	19/11/2012	R$ 22.000

Figura 1 - WBS (Work Breakdown Structure) da balsa fluvial composta por cinco níveis hierárquicos e a composição dos custos totais do projeto.

De posse desse conhecimento, podemos discorrer acerca do projeto da balsa em questão. O nível Projeto inaugura a WBS englobando toda a Arquitetura Naval, além de algumas outras atividades que visam determinar as especificações de encomenda. Porém essas atividades possuem duração mínima, *"marcos",* não sendo tão interessantes do ponto de vista da análise de risco. Do projeto passamos para o nível de Procurement responsável pela encomenda e recebimento dos materiais especificados. Com os materiais recebidos, já é possível iniciarmos a construção da estrutura, sendo a primeira atividade a fabricação/montagem do fundo da balsa. Terminando essa atividade, iniciamos a edificação do fundo e a fabricação/montagem do fundo duplo. Essa sequência segue por toda a construção da estrutura. Com a edificação do fundo finalizada, dá-se início os trabalhos de pintura do casco que irá se estender por todo projeto. A partir do término da fabricação/montagem do convés principal inicia-se a colocação a bordo das bombas e MCA's. Terminando a edificação da rampa de popa, as redes de incêndio e carga começam a ser fabricadas. Ao ter sido concluída a edificação da casaria, inicia-se a instalação dos sistemas de controle e monitoramento, da montagem dos acessórios de casco e convés e da instalação dos acabamentos. A atividade de pintura termina no mesmo dia em que ocorre o lançamento do navio e a entrega dos certificados e documentos e também dos manuais e planos de entrega.

Vale ressaltar que a WBS será a mesma para os dois estaleiros, no que diz respeito a quantidade e a sequência de atividades. Apenas a duração das atividades foi alterada para configuração das duas propostas.

3 – PROPOSTAS DOS ESTALEIROS

3.1 – Estaleiro A

O contrato entre o armador e estaleiro é acertado a preço fixo, portanto mesmo que haja um eventual atraso na entrega do navio oriunda de qualquer fonte não haverá alteração no preço final.

Seu cronograma mestre possui uma duração de 322 dias, previsto para início no dia 01/02/2012 e para fim no dia 19/12/2012. O custo total é de R$ 2.006.021.

Para a incerteza da duração, é associado uma distribuição triangular de probabilidades ao tempo necessário para execução de determinadas atividades. Esse caráter triangular deve-se ao fato de tratarmos de um caso fictício. A associação dessas atividades em detrimento de outras e a quantificação das mesmas será definido de acordo com a sensibilidade do próprio analista de forma a não descaracterizar a utilidade da análise. É feito dessa forma, pois não há um registro de informações que permitam elaborar uma análise mais confiável. Entretanto, não compromete a formulação e construção de uma metodologia de análise de risco.

As atividades que foram marcadas com uma distribuição de probabilidades triangular são: Arquitetura Naval, recebimento de chapas, recebimento de perfis trefilados, além de todas as atividades de fabricação/montagem e edificação da estrutura. A quantificação é marcada por pouca variância, ou seja, risco baixo, remetendo a padrões de boa confiabilidade. Dessa forma, temos uma incerteza na duração com valores de mínimo, mais provável e máximo de *(90%, 100%, 110%).*

Arquitetura Naval	Recebimento de Chapas e Perfil trefilado
Mínimo: 18	Mínimo: 0
Provável: 20	Provável: 0
Máximo: 22	Máximo: 1

Atividades de Estrutura	
Fabricação/Montagem	*Edificação*
Mínimo: 14	Mínimo: 5
Provável: 15	Provável: 5
Máximo: 17	Máximo: 6

Figura 2 - Duração das atividades, estaleiro A

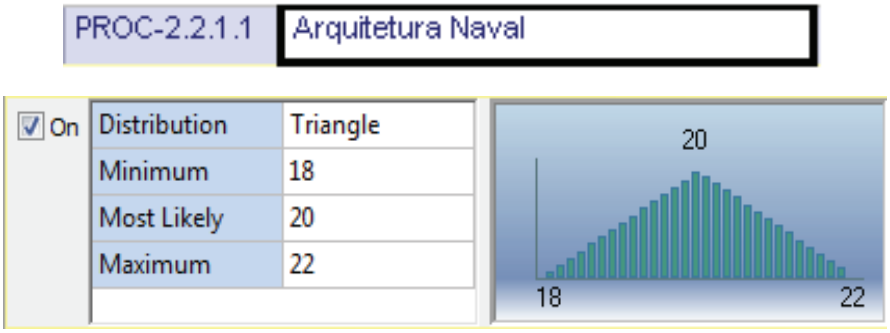
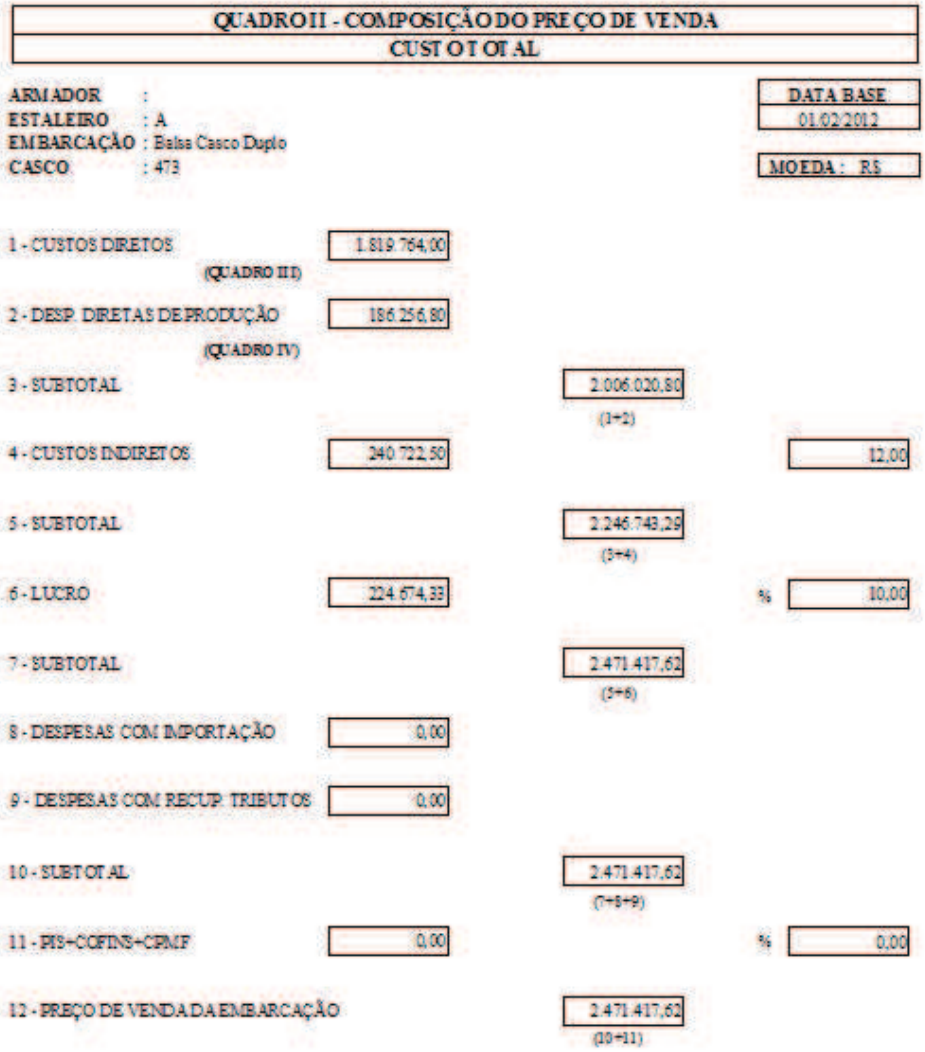


Figura 3 - Distribuição triangular da atividade de Arquitetura Naval

3.2 – OS-5

O orçamento para construção da embarcação, segundo os custos do estaleiro A, deverá ser apresentado conforme o modelo padrão OS-5, adotado pelo sistema do Fundo da Marinha Mercante no Brasil. Esse modelo é composto pelos custos de produção, divididos em custos diretos e despesas diretas de produção, acrescido dos custos indiretos e lucro do estaleiro. Os custos diretos fazem referência aos custos de material envolvido, equipamento e mão de obra. As despesas diretas de produção são basicamente os custos envolvidos na compra de materiais diretos, classificação do navio e outras despesas, tais como inspeção, limpeza e documentos. Já os custos indiretos e o lucro auferido serão incorporados ao custo total por meio da adição de uma porcentagem referente a cada um deles.



QUADRO II - COMPOSIÇÃO DO PREÇO DE VENDA
CUSTO TOTAL

ARMADOR :
ESTALEIRO : A
EMBARCAÇÃO : Balsa Casco Duplo
CASCO : 473

DATA BASE: 01/02/2012
MOEDA : R$

1 - CUSTOS DIRETOS (QUADRO III)	1.819.764,00			
2 - DESP. DIRETAS DE PRODUÇÃO (QUADRO IV)	186.256,80			
3 - SUBTOTAL		2.006.020,80 (1+2)		
4 - CUSTOS INDIRETOS	240.722,50			12,00
5 - SUBTOTAL		2.246.743,28 (3+4)		
6 - LUCRO	224.674,33		%	10,00
7 - SUBTOTAL		2.471.417,62 (5+6)		
8 - DESPESAS COM IMPORTAÇÃO	0,00			
9 - DESPESAS COM RECUP. TRIBUTOS	0,00			
10 - SUBTOTAL		2.471.417,62 (7+8+9)		
11 - PIS+COFINS+CPMF	0,00		%	0,00
12 - PREÇO DE VENDA DA EMBARCAÇÃO		2.471.417,62 (10+11)		

Figura 4 – OS-5 do estaleiro A

3.3 – ESTALEIRO B

O contrato entre armador e estaleiro engloba incertezas de custo e prazo. Na assinatura do contrato, o orçamento é datado com valores referentes do dia em questão. Porém no decorrer do projeto, podem ocorrer flutuações nos preços dos insumos decorrentes do mercado, acarretando variações no custo do projeto. Além disso, qualquer equipamento importado sofrerá variação em seu preço por causa das diferenças existentes entre valorização e desvalorização da moeda estrangeira. As incertezas na composição do orçamento são basicamente inerentes a duas questões: preço do aço e variação cambial.

A variação desses parâmetros pode ser prevista através da formulação de diferentes trajetórias randômicas que ao longo do tempo simulam a configuração da série real. Essa simulação é feita por um modelo de regressão linear. Informa-se que esse tipo de regressão é válido por se tratar de um modelo fictício. É de conhecimento, portanto, que existem diversas outras formas de se configurar um modelo de previsão de forma mais apurada do que a exemplificada neste projeto.

Seu cronograma mestre possui uma duração de 301 dias, datado para início no dia 01/02/2012 e para fim no dia 28/11/2012. O custo associado é de R$ 1.967.904.

Alguns cenários do estaleiro B foram configurados de forma a apresentarmos resultados diferentes para posterior comparação com o estaleiro A. Os cenários foram modificados um a um no que diz respeito ao grau das incertezas associadas à duração. As atividades escolhidas para essa análise foram as mesmas do estaleiro A, tendo sido modificados apenas a quantificação dessas atividades. A caracterização da distribuição de probabilidades continua sendo triangular pelo mesmo motivo já citado.

Estaleiro B Cenário 1: Variação cambial e do preço do aço. Incerteza na duração das atividades. Risco médio, *distribuição triangular com parâmetros (80%, 100%, 120%).*

Estaleiro B Cenário 2: Variação cambial e do preço do aço. Incerteza na duração das atividades. Risco grande, *distribuição triangular com parâmetros (80%, 100%, 130%).*

Estaleiro B Cenário 3: Variação cambial e do preço do aço. Incerteza na duração das atividades. Risco médio, *distribuição triangular com parâmetros (80%, 100%, 120%)*. É adicionada uma probabilidade de 6% de ocorrência de um evento de risco e consequente paralisação das obras antes do início da atividade de fabricação/montagem de aço. Caso isso aconteça, a obra é adiada em 15 dias com produtividade nula durante o tempo em questão.

3.3.1 – Simulação do preço do aço

O valor do preço do aço acordado é datado do dia de assinatura do contrato. Entretanto, é de conhecimento que seu valor sofra alterações com o passar do tempo. Portanto, na data de pagamento do aço o valor não deverá ser mais o mesmo, ocasionado variação no custo final do projeto.

O preço de aço foi inicialmente retirado do site da *Econstats*. Os valores obtidos são referentes ao mercado internacional tratando da média de preços trimestrais. É importante salientarmos que a compra de aço foi feita em moeda nacional, por isso realizamos um ajuste decorrente da discrepância entre os preços praticados no mercado internacional e nacional.

O valor do preço no contrato é de R$2623,86 por tonelada de aço referente a dezembro de 2010. Já o valor obtido na página eletrônica da *Econstats* para o mesmo período é de R$1125,05 por tonelada de aço. Portanto, a diferença de R$1498,81 foi acrescentada para todos os valores do período do primeiro trimestre de 2001 até o terceiro trimestre de 2011. Esse ajuste determina um movimento paralelo da curva da série real. Por não possuirmos uma base de dados de preço de aço nacional confiável, esse acréscimo foi distribuído para toda a série. Entretanto para um modelo fictício, essa pequena manobra assumindo variação igual para todos não configura em uma invalidação do problema, apenas um artifício devido às circunstâncias.

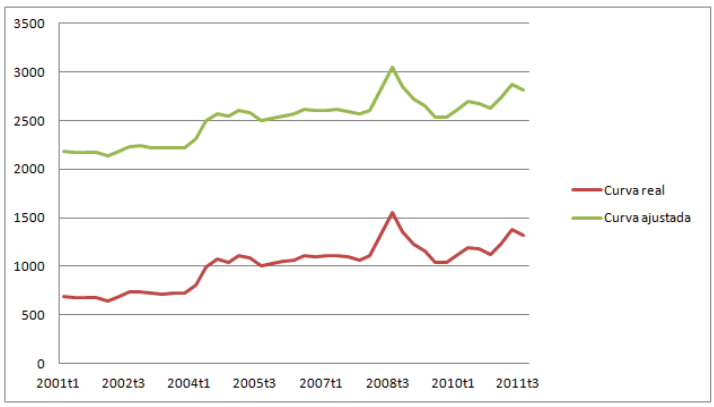


Figura 5 - Distribuição normal de probabilidades do preço de aço

Em seguida, realizamos uma regressão linear para através da simulação, obtermos os valores do preço de aço referentes à data de pagamento da compra do material, realizada no seu recebimento. Uma quantidade de 250 trajetórias é simulada, pois se entende que já teríamos condições suficientes de analisar os valores obtidos.

O caminho randômico pode levar a valores extremos caso fatores externos modifiquem as trajetórias. Com isso, há perda de sensibilidade na resposta obtida tendo menos sentido real. Dessa forma entendemos que os valores simulados deveriam ser truncados pelo maior e menor valor da série real encontrada.

O gráfico a seguir mostra a aleatoriedade das trajetórias simuladas.

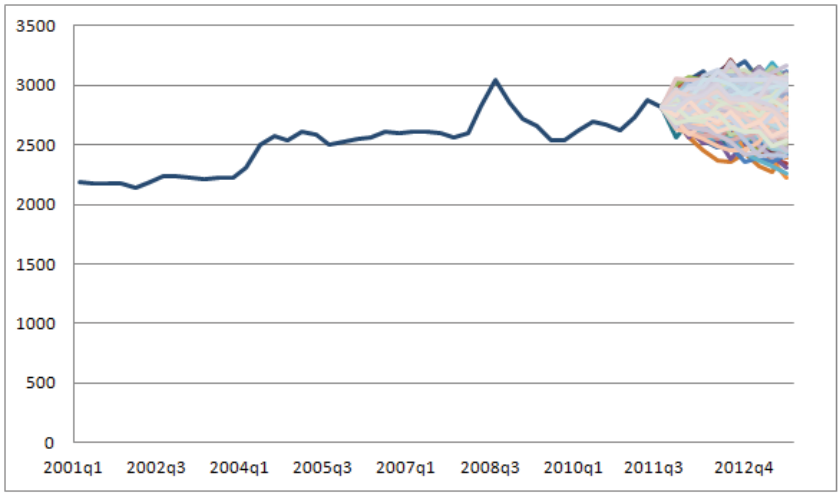


Figura 6 - Trajetórias randômicas do preço de aço

Assim, temos uma configuração particular de possibilidades de trajetórias na data de pagamento. Para determinarmos o tipo de distribuição de probabilidades, além de seus parâmetros, nos valemos do software BestFit®.

A figura abaixo é um dado de saída deste software, apresentando um histograma de acordo com os valores obtidos da simulação e a melhor curva aproximada. Como resposta obtivemos uma distribuição normal de média igual a R$2795,95 e desvio padrão de R$161,76.

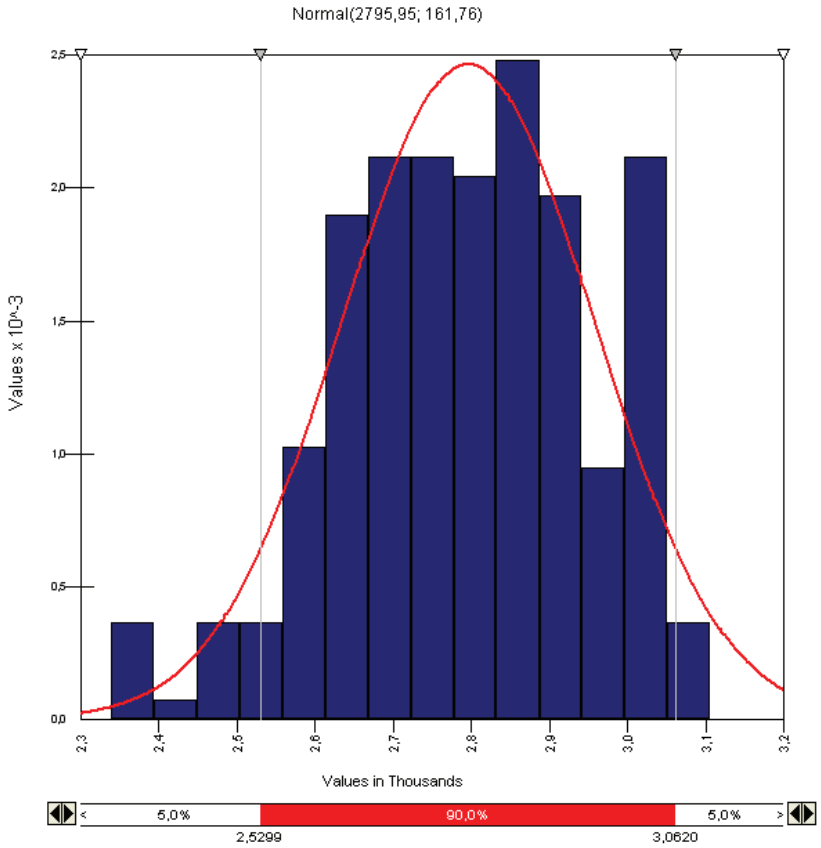


Figura 7 - Distribuição normal de probabilidades do preço de aço

3.3.2 – Simulação da variação cambial

Da mesma forma que no preço do aço, a estimativa do custo para material importado é feita na data de assinatura do contrato. Logo, a variação cambial é um fator de risco e deve ser considerada na análise em questão.

Os dados da série cambial foram obtidos no site do Banco Central do Brasil. Os valores obtidos são do câmbio diário desde janeiro de 2000. Não foi preciso fazer ajustes na curva da série real. No entanto, o mesmo truncamento realizado para o preço de aço também é verificado na série cambial.

Foram simuladas 250 trajetórias para evolução da taxa de câmbio.



Figura 8 – Simulação de trajetórias do câmbio

Considerando a data de pagamento dos equipamentos importados nos valemos do software BestFit®. O gráfico abaixo é o dado de saída deste software e nos mostra uma distribuição normal com média igual a 1,925 e desvio padrão de 0,21.

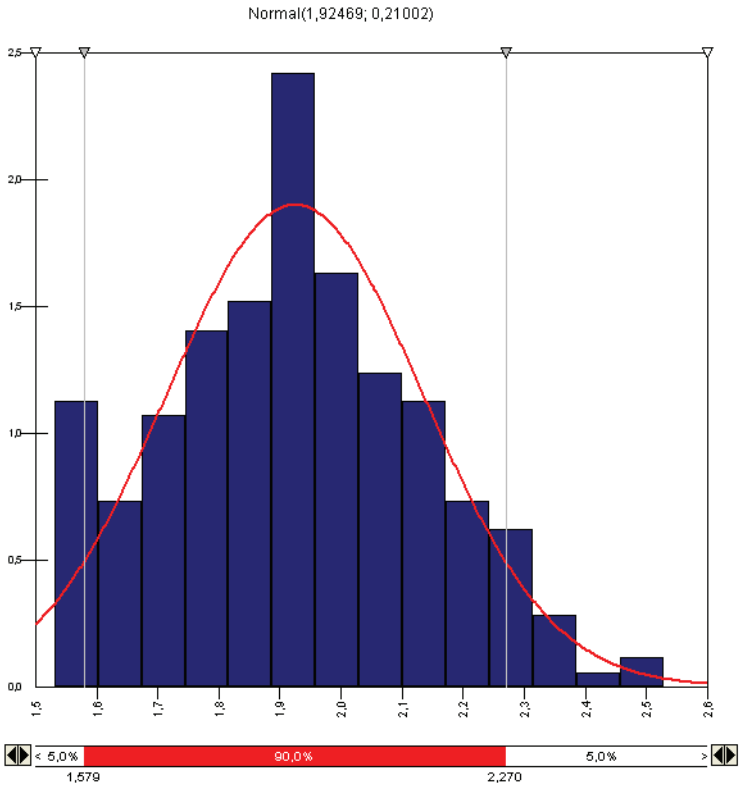


Figura 9 – Distribuição normal de probabilidades do câmbio

3.3.3 – Evento de risco

Um evento de risco é traduzido por uma possibilidade de acontecimento externo ao acordado entre estaleiro e armador. Isso significa dizer que qualquer paralisação da construção ou suspensão temporária das atividades resultando em produtividade nula e impactando nos custos do estaleiro deve ser representada por um evento de risco. Embora esses eventos afetem indiretamente o armador, resultam em uma incapacidade por parte do estaleiro de realizar a obra prevista naquele período.

É feita uma análise de um cenário onde de fato há um evento de risco. Esse evento tem como característica uma probabilidade de 6% de ocorrência, obrigando o estaleiro a interromper suas atividades durante 15 dias. Considera-se esse período como o tempo necessário para que o estaleiro se recomponha reiniciando a obra parada até aquele momento. Por motivos de simplificação não há perda monetária do que foi feito até aquele momento. De fato ao verificarmos a ocorrência deste evento de risco, observamos que de acordo com o cronograma ainda não deveria ter sido fabricado nenhum bloco da estrutura da embarcação. Apenas houve a encomenda e recebimento de insumos e equipamentos a serem colocados a bordo.

A atividade em vermelho de nome *"Atraso na fabr/mont – Fundo"* é caracterizada por ser o evento de risco em questão. Ao lado, no gráfico de Gantt verificamos sua probabilidade de 6% de ocorrência antes da fabricação e montagem do fundo da balsa.

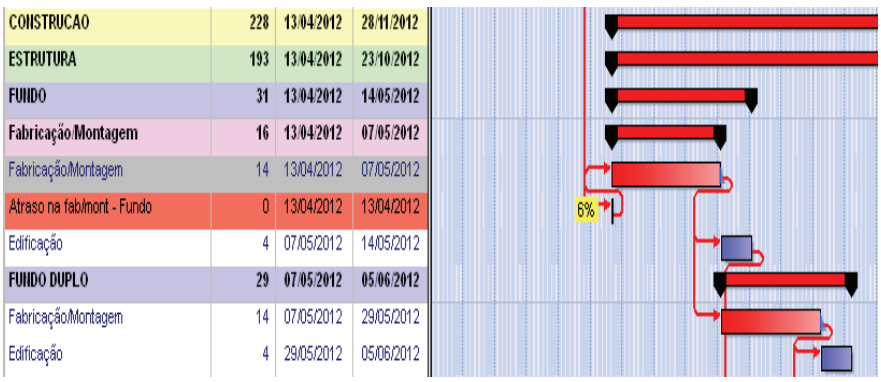
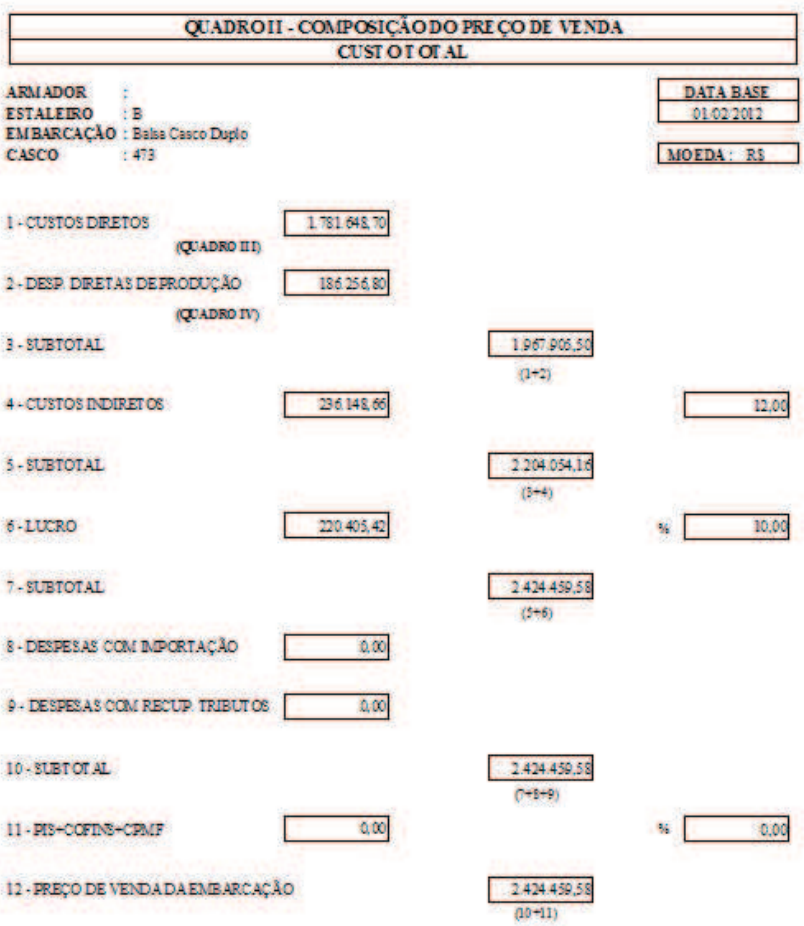


Figura 10 - Evento de risco

3.3.4 – OS-5

O orçamento para construção da embarcação, segundo custo e prazo do estaleiro B, deverá ser apresentado conforme o modelo padrão OS-5 (Ordem de Serviço 5, do Ministério dos Transportes).



QUADRO II - COMPOSIÇÃO DO PREÇO DE VENDA
CUSTO TOTAL

ARMADOR :
ESTALEIRO : B
EMBARCAÇÃO : Balsa Casco Duplo
CASCO : 473

DATA BASE 01/02/2012
MOEDA : R$

1 - CUSTOS DIRETOS (QUADRO III)	1.781.648,70			
2 - DESP. DIRETAS DE PRODUÇÃO (QUADRO IV)	186.256,80			
3 - SUBTOTAL		1.967.905,50 (1+2)		
4 - CUSTOS INDIRETOS	236.148,66			12,00
5 - SUBTOTAL		2.204.054,16 (3+4)		
6 - LUCRO	220.405,42		%	10,00
7 - SUBTOTAL		2.424.459,58 (5+6)		
8 - DESPESAS COM IMPORTAÇÃO	0,00			
9 - DESPESAS COM RECUP. TRIBUTOS	0,00			
10 - SUBTOTAL		2.424.459,58 (7+8+9)		
11 - PIS+COFINS+CPMF	0,00		%	0,00
12 - PREÇO DE VENDA DA EMBARCAÇÃO		2.424.459,58 (10+11)		

Figura 11 – OS-5 do estaleiro B

4 – RESULTADOS

Os dados de saída do software utilizado para análise de risco são os resultados das simulações e encontram-se em forma de distribuições de probabilidades de custo e data de fim de projeto. Eles representam a análise das propostas dos dois estaleiros, A e B, incluindo os três cenários propostos para o estaleiro B.

Antes de cada figura visualizamos as estatísticas e o chamado *"highlighters"*. Para todas as simulações foram analisadas 5000 iterações. As estatísticas mostram os valores de mínimo, de média e de máximo tanto de prazo quanto de custo. Já os *"highlighters"* simbolizam os percentuais de probabilidade julgados importantes para a distribuição. Esses percentuais são sempre na marca de 25%, 50%, 75%, 100% além do valor determinístico.

Análise da proposta do Estaleiro A, conforme descrito em 3.1.

Mínimo: 04/12/2012
Média: 21/12/2012
Máximo: 10/01/2013
"Highlighters":
Percentil 25%: 14/12/2012
Percentil 50%: 19/12/2012
Percentil 75%: 26/12/2012
Percentil 100%: 10/01/2013
Valor Determinístico: 19/12/2012 – 45%

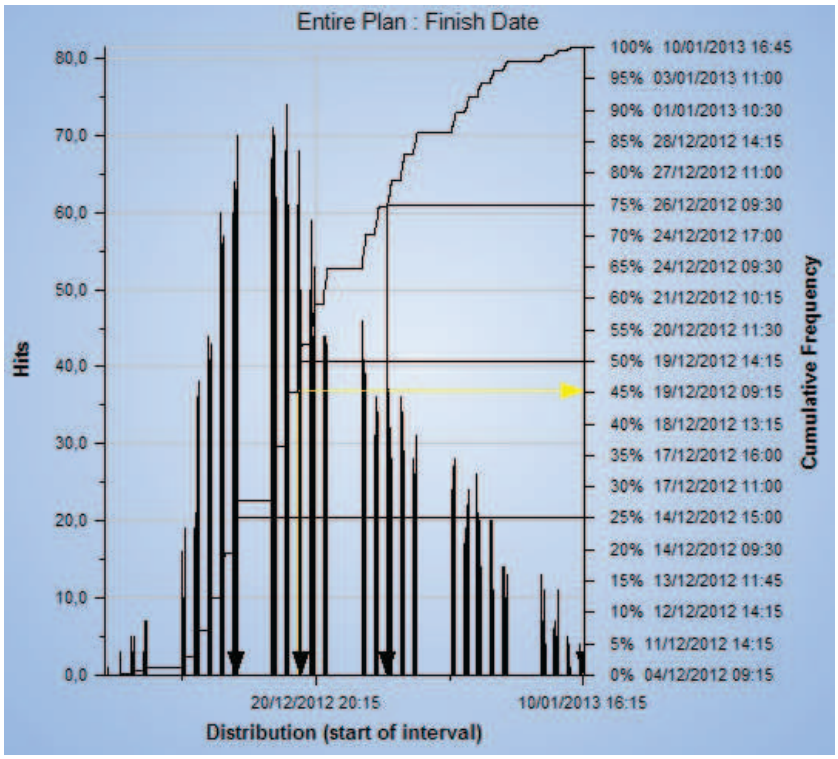


Figura 12 - Distribuição de probabilidades de prazo do estaleiro A.

Como o contrato foi acordado a preço fixo, observa-se um valor de R$2.006,021 para todas as estatísticas e percentis referentes ao custo do projeto.

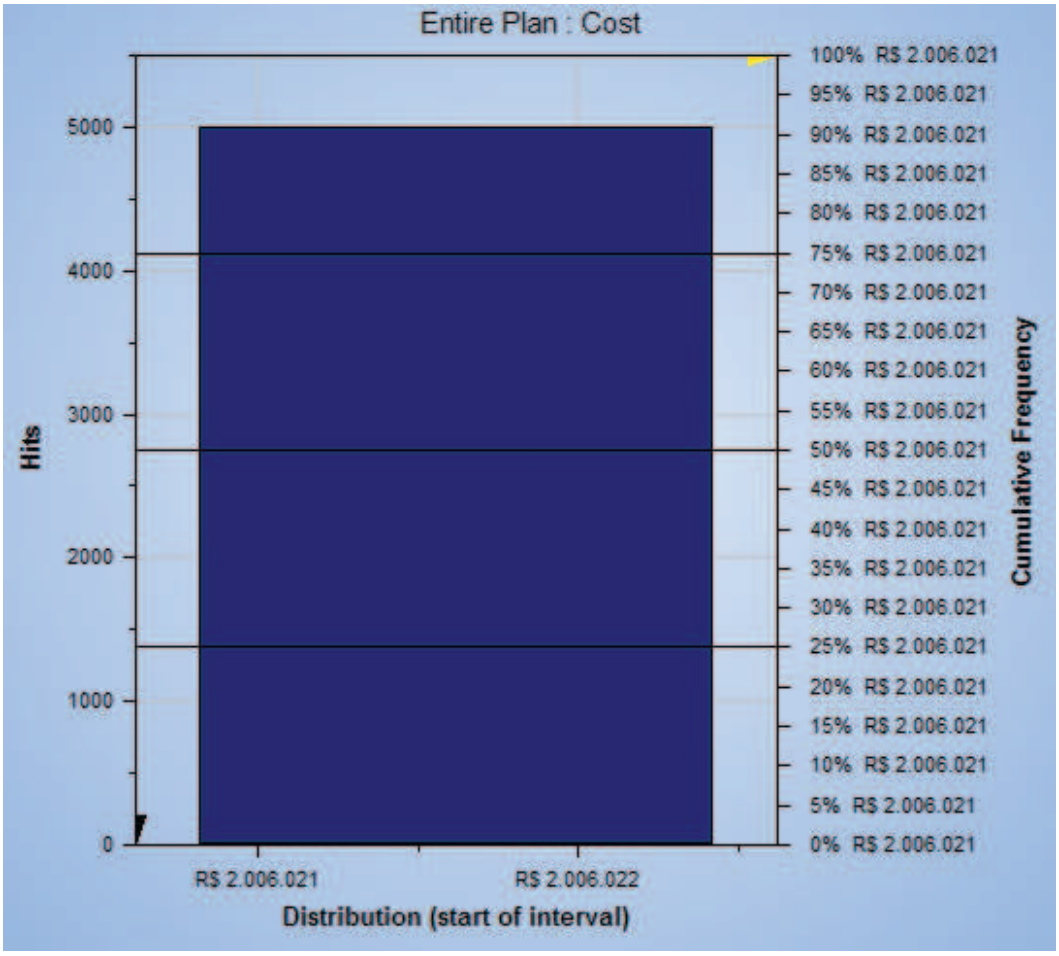


Figura 13 - Distribuição de probabilidades de custo do estaleiro A.

Análise da proposta do Estaleiro B Cenário 1, conforme descrito em 3.3.

Mínimo: 12/11/2012

Média: 03/12/2012

Máximo: 02/01/2013

"Highlighters":

Percentil 25%: 28/11/2012

Percentil 50%: 03/12/2012

Percentil 75%: 06/12/2012

Percentil 100%: 02/01/2013

Valor Determinístico: 28/11/2012 – 25%

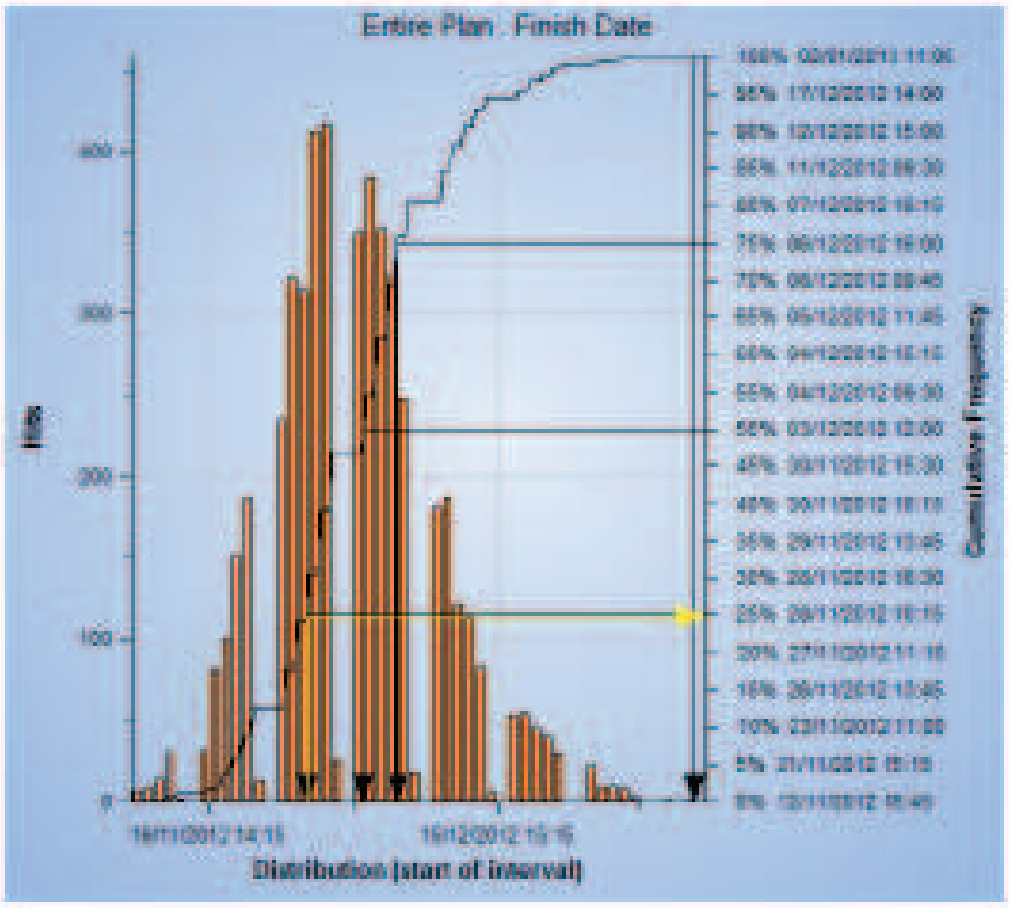


Figura 14 - Distribuição de probabilidades de prazo do estaleiro B. Cenário 1, risco médio.

Mínimo R$ 1.809.387

Média: R$ 2.036.633

Máximo: R$ 2.249.644

"Highlighters":

Percentil 25%: R$ 1.990.382

Percentil 50%: R$ 2.037.260

Percentil 75%: R$ 2.082.306

Percentil 100%: R$ 2.249.644

Valor Determinístico: R$ 1.967.904 – **15%**

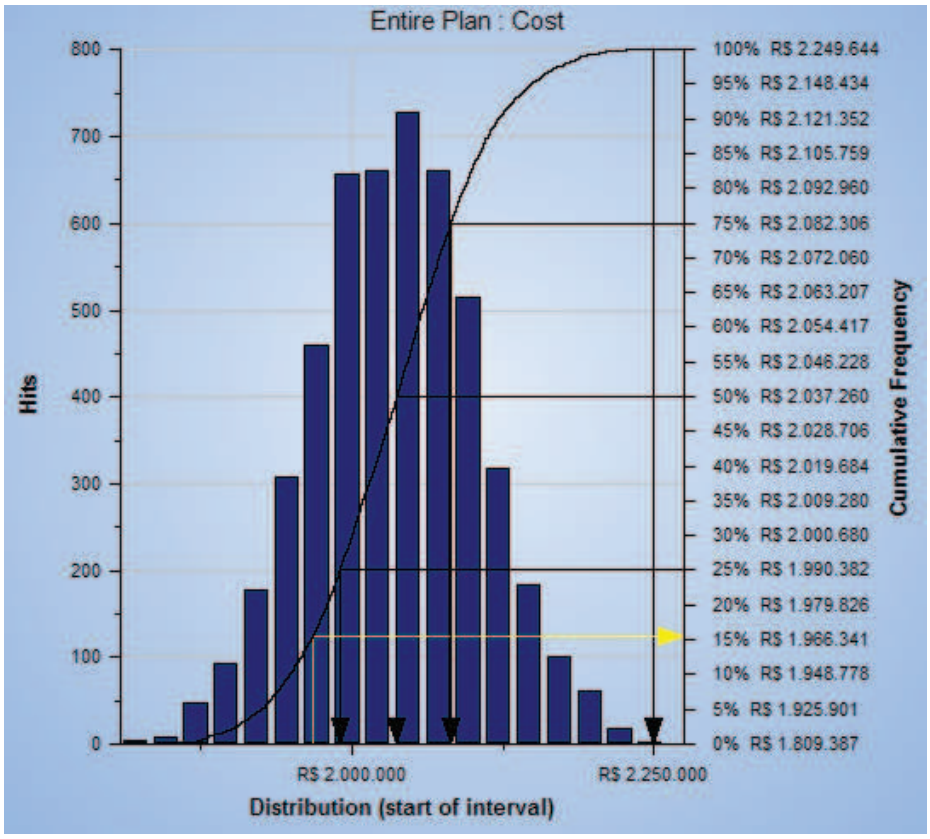


Figura 15 - Distribuição de probabilidades de custo do estaleiro B. Cenário 1, risco médio.

Análise da proposta do Estaleiro B Cenário 2, conforme descrito em 3.3.

Mínimo 16/11/2012

Média: 14/12/2012

Máximo: 24/01/2013

"Highlighters":

Percentil 25%: 06/12/2012

Percentil 50%: 12/12/2012

Percentil 75%: 19/12/2012

Percentil 100%: 24/01/2013

Valor Determinístico: 28/11/2012 – **4%**

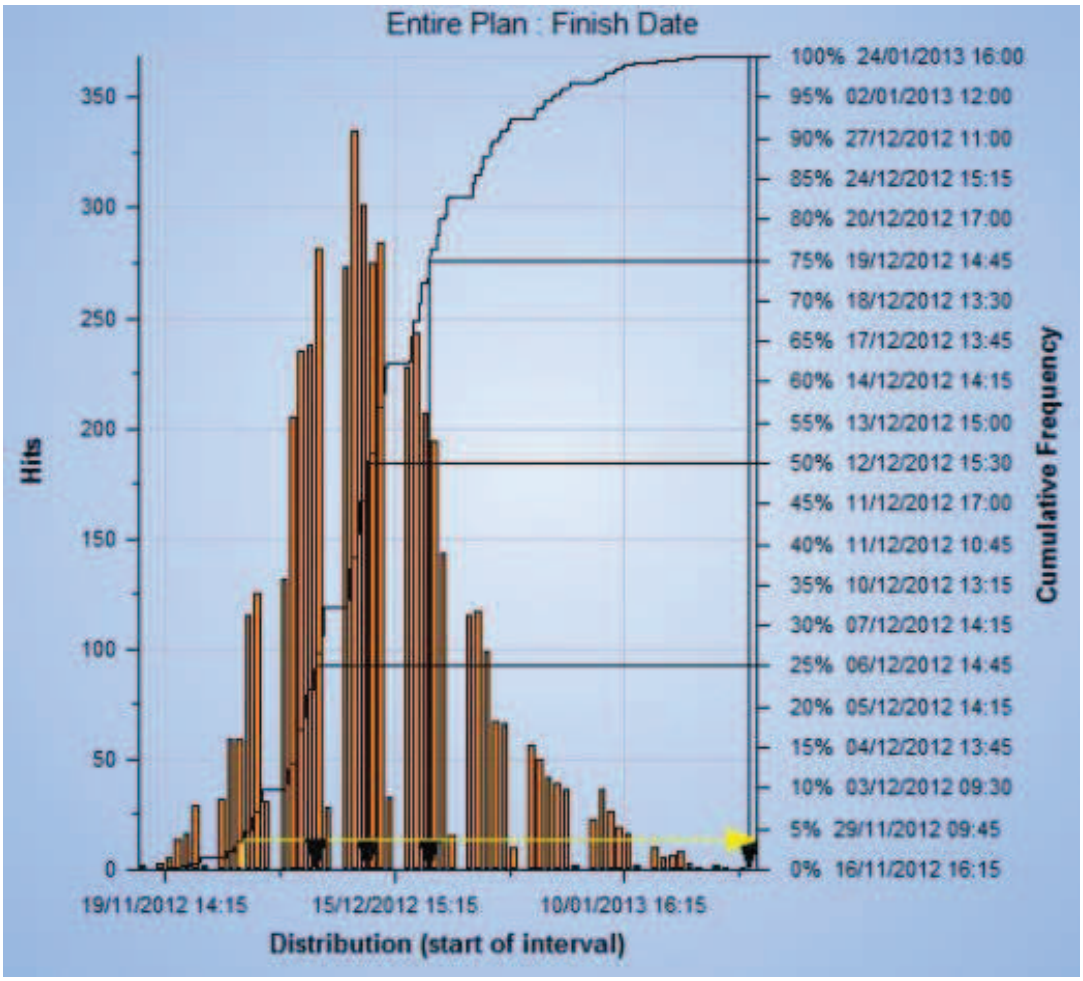


Figura 16 - Distribuição de probabilidades de prazo do estaleiro B. Cenário 2, risco grande.

Mínimo R$ 1.809.387

Média: R$ 2.036.633

Máximo: R$ 2.249.644

"Highlighters":

Percentil 25%: R$ 1.990.382

Percentil 50%: R$ 2.037.260

Percentil 75%: R$ 2.082.306

Percentil 100%: R$ 2.249.644

Valor Determinístico: R$ 1.967.904 – **15%**

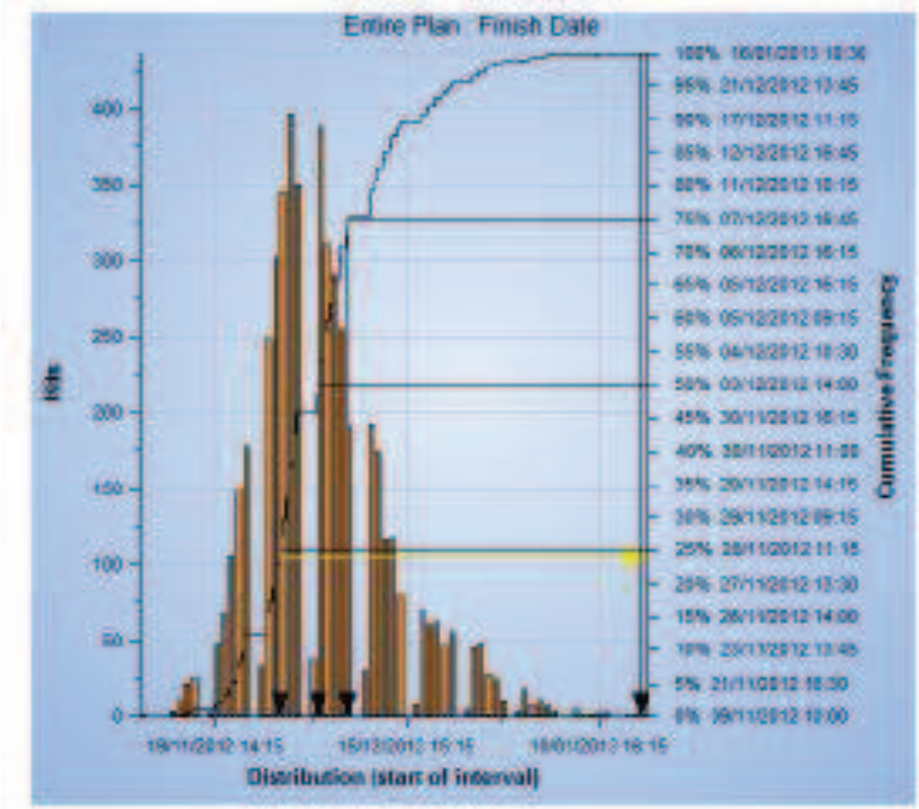


Figura 17 - Distribuição de probabilidades de custo do estaleiro B. Cenário 2, risco grande.

Análise da proposta do Estaleiro B Cenário 3, conforme descrito em 3.3.

Mínimo 09/11/2012

Média: 04/12/2012

Máximo: 16/01/2013

"Highlighters":

Percentil 25%: 28/11/2012

Percentil 50%: 03/12/2012

Percentil 75%: 07/12/2012

Percentil 100%: 16/01/2013

Valor Determinístico: 28/11/2012 – **24%**

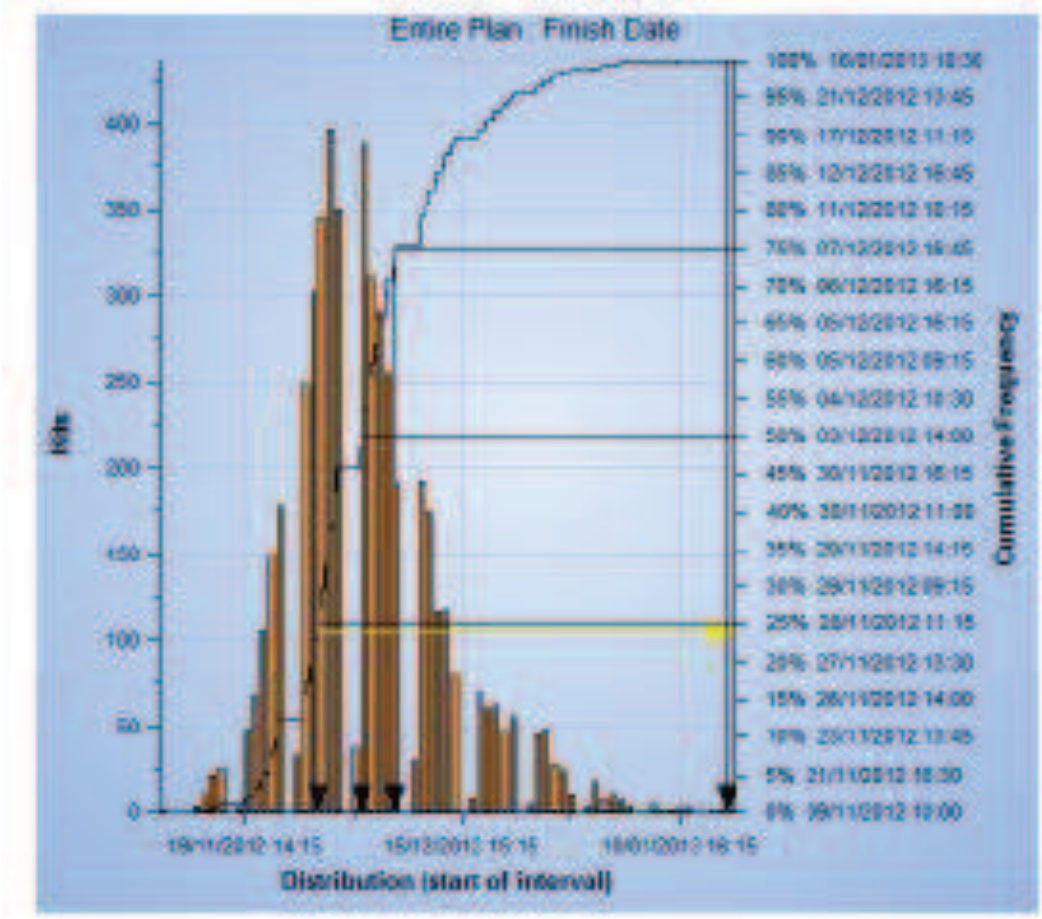


Figura 18 - Distribuição de probabilidades de prazo do estaleiro B. Cenário 3, risco médio e evento de risco.

Mínimo R$ 1.821.958

Média: R$ 2.036.633

Máximo: R$ 2.279.294

"Highlighters":

Percentil 25%: R$ 1.990.432

Percentil 50%: R$ 2.036.898

Percentil 75%: R$ 2.081.264

Percentil 100%: R$ 2.279.294

Valor Determinístico: R$ 1.967.904 – **16%**

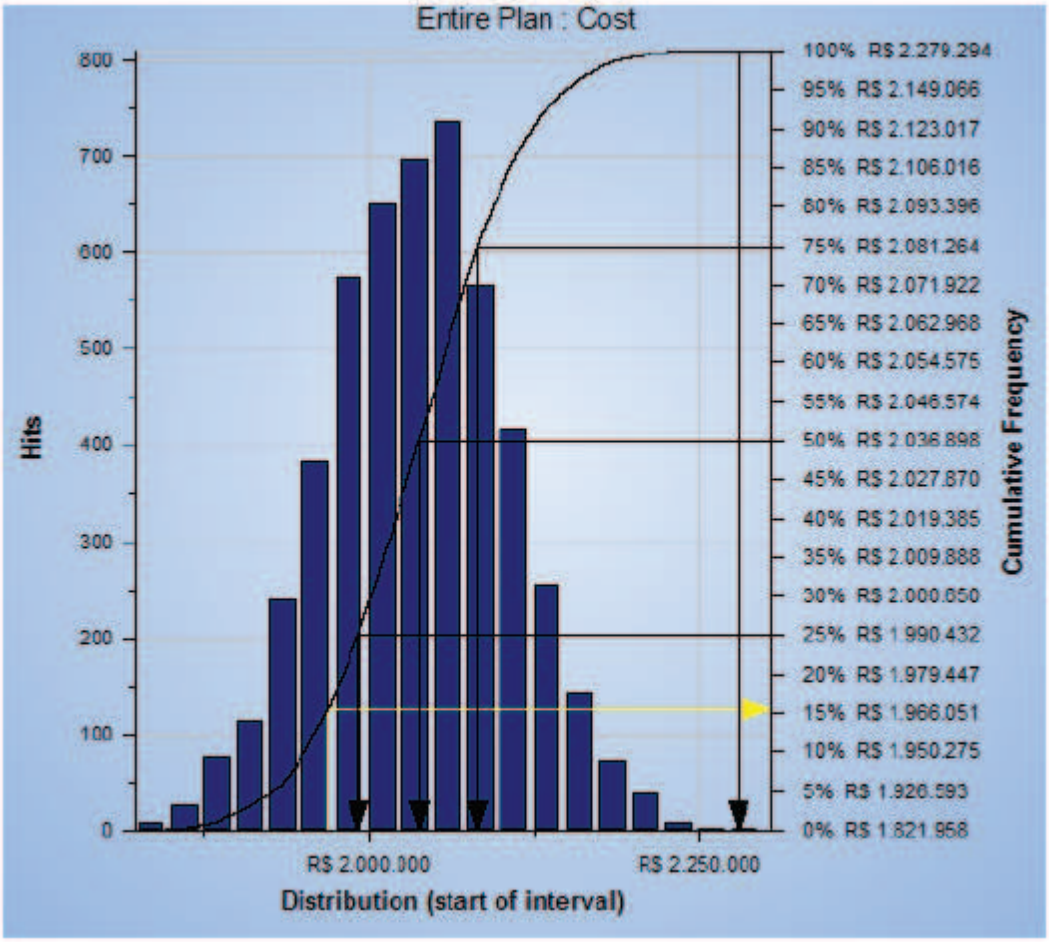


Figura 19 - Distribuição de probabilidades de custo do estaleiro B. Cenário 3, risco médio e evento de risco.

5 – DISCUSSÃO DOS RESULTADOS E ABORDAGEM DE DECISÃO

Os resultados da análise apresentam informações importantes no suporte a tomada de decisão por parte do armador. A partir desses resultados é que são decidas as ações quanto a escolha do estaleiro e prosseguimento do projeto de construção.

A correta manipulação e modelagem da análise é que permite obter dados confiáveis. Muitas abordagens podem ser feitas a partir de modelos simples como os descritos neste estudo. Entretanto, alternativas mais elaboradas e estudos mais aprofundados podem impactar melhor e de forma mais apurada a decisão a ser tomada. Existem ainda alguns estudos que visam quantificar a perda máxima aceitável em um investimento dado a tolerância ao risco do investidor. Esses

estudos apontam para um mapeamento dos investimentos já realizados como forma de elaboração de um perfil do investidor para que em seguida, juntamente com dados financeiros do projeto, apresentar a porcentagem de perda máxima levando-se em consideração o potencial de ganho.

A decisão a ser tomada compreende em determinar qual o estaleiro que deverá construir a balsa fluvial. Porém não é informado qual estaleiro deve ganhar o contrato, mas sim apresentar dados probabilísticos importantes que auxiliam a decisão. Dependendo do apetite ao risco do armador, um determinado projeto pode ser realizado ou até mesmo cancelado. Essa conjectura é bastante subjetiva não cabendo no escopo desse projeto.

Os resultados das análises mostram distribuições de custo e prazo final de entrega para estaleiros brasileiros. Como já retratado, a operação da balsa será na região amazônica. De posse dessa informação, divulgaremos as características dos estaleiros para uma melhor contextualização.

O estaleiro A situa-se numa região industrial no Sul do Brasil, possui um bom padrão de qualidade e uma cartela vasta de navios. Sua característica é de produção em série com uma boa infraestrutura e indústria de fornecimento de material, equipamentos e insumos localizados próximo ao estaleiro. Essas características resultam em uma maior competitividade com menor ocorrência de atrasos e alterações de projeto.

O estaleiro B situa-se na região amazônica, possuindo um razoável padrão de qualidade. Possui característica de produção de embarcações de pequeno e médio porte geralmente de apoio a outras embarcações. Sua produção não é realizada em série por falta de investimentos em uma infraestrutura de maquinários, além de sua localização geográfica limitante que não permite grandes construções. A região é suscetível a desastres ambientais, reduzindo assim sua confiabilidade na entrega do navio. Como já dito para o cenário 3, um evento de risco é adicionado. Esse evento tem justamente função de representar uma eventual enchente paralisando o início das obras.

Então, cabe ao armador decidir se irá executar seu projeto em um estaleiro que ofereça um preço melhor e prazo menor, porém com maiores riscos ou em um estaleiro que ofereça o projeto num prazo e custo maior com menores riscos.

Para avaliar as duas opções, é implementado um modelo de decisão que considera o pagamento de multas por atraso e estabelecimento de garantias do estaleiro.

O estabelecimento de intervalos de confiança, ou seja, determinação de níveis de aceitabilidade de custo e data de entrega para qual o armador sinta-se confortável em lidar é o início para estabelecer o seguro e garantias do estaleiro.

Assim sendo, observamos os resultados extraídos para os dois estaleiros. No caso do estaleiro A, a duração planejada em 322 dias difere da duração do estaleiro B em 21 dias ou 7% a mais. Em valores monetários o custo maior é também do estaleiro A e a diferença gira em torno de R$ 38 mil. Esse valor pode não ser tão expressivo assim no caso de uma balsa, entretanto seria mais contundente no caso de grandes construções, como no exemplo de uma plataforma de exploração de petróleo.

Analisando os resultados apresentados no tópico anterior informamos que o estaleiro A possui a maior probabilidade de conclusão da obra na data planejada com 45% e a data limite (100%) dia 10/01/2013. Isso de fato já era previsto, visto que é o estaleiro com o menor risco associado. Em compensação o estaleiro B obteve porcentagens bem mais baixas de conclusão dentro do prazo. O cenário 1 obteve 25% e data limite (100%) dia 02/01/2013 em confronto com o cenário 3 que possui 24% e data limite (100%) dia 16/01/2013. Esse resultado também já era esperado, pois o risco dessas situações é considerado médio e o cenário 3 tem o agravante de um evento de risco. Já o cenário 2 mostrou ser o pior cenário em termos de chances de conclusão na data estabelecida. O resultado de 4% é bem ruim e quase garante a não conclusão dentro do cronograma determinado. Seu prazo máximo (100%) é dia 24/01/2013.

Analisando agora sob a ótica do custo, observa-se que para o estaleiro B há apenas 15% de probabilidade de conclusão conforme o estabelecido. Uma pequena diferença de 15% para 16% no cenário 3 deve-se a um arredondamento realizado, porém sem interferência na decisão. Obviamente, o estaleiro A que possui contrato acertado a preço fixo obteve 100%.

Considere agora que o armador possui um contrato de afretamento da embarcação que entrará em vigor a partir da data de entrega planejada. Em caso negativo, é estipulada a incisão de multa. Essa multa paga pelo estaleiro pode ser vinculada ao frete diário perdido ou um valor único estabelecido em contrato. Nesse caso o armador pode valer-se de um seguro transferindo os riscos do projeto no caso de algum evento não desejado acontecer.

Além disso, a construção em estaleiro também pode ser avaliada com a contratação de um seguro. De acordo com os *"highlighters",* que servem como guia ao estabelecimento de faixas de aceitabilidade pelo armador, verificam-se algumas probabilidades. Se o armador tiver, por exemplo, uma tolerância ao risco de 50%, para o estaleiro B ele deve contratar um seguro que cubra o valor de R$ 69.356. Da mesma forma, se ele for completamente intolerante ao risco, para o mesmo estaleiro ele deve ter uma contingência de R$ 281.740 e para o estaleiro A uma contingência de R$ 137.057.

Outro dado interessante e que pode ajudar o armador na escolha do estaleiro é superpor os gráficos de custo e prazo dos estaleiros A e B. Ao avaliarmos os custos, encontramos uma probabilidade de aproximadamente 33% de que o estaleiro B tenha seus custos menores do que o estaleiro A. O gráfico abaixo ajuda a ilustrar essa informação. Em verde temos a marcação no gráfico correspondente ao valor determinístico do estaleiro A.

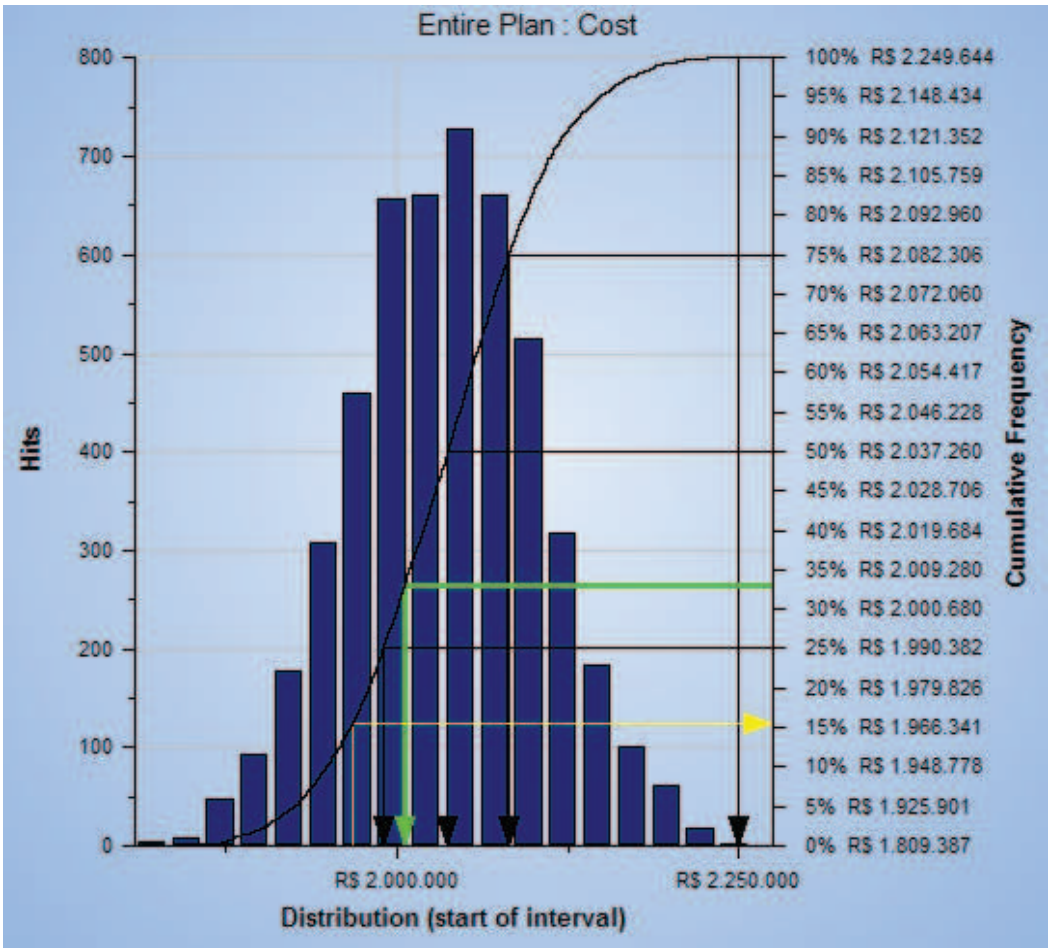


Figura 20 – Comparação dos custos dos estaleiros A e B.

O mesmo é realizado para os gráficos de prazo. O estaleiro B, cenário 1 tem a probabilidade de 97% de encerrar suas atividades antes do estaleiro A. O estaleiro B, cenário 2 tem a probabilidade de 75% de encerrar suas atividades antes do estaleiro A. E por último o estaleiro B, cenário 1 tem a probabilidade de 93% de encerrar suas atividades antes do estaleiro A. Os gráficos estão dispostos logo abaixo, onde a marcação dos valores segue estratégia utilizada.

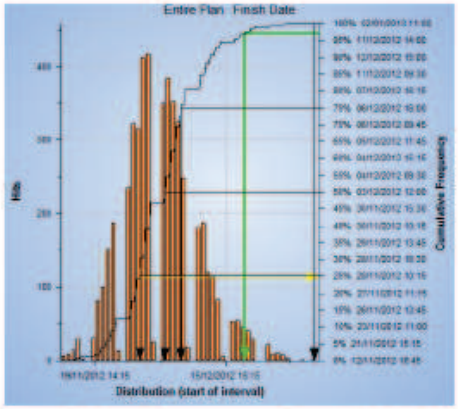


Figura 21 – Comparação da data final de entrega da embarcação entre o estaleiro A e o estaleiro B, cenário 1.

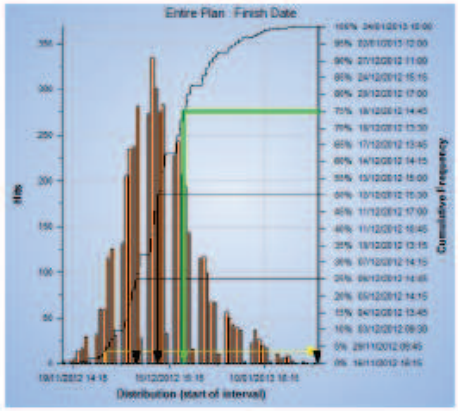


Figura 22 - Comparação da data final de entrega da embarcação entre o estaleiro A e o estaleiro B, cenário 2.

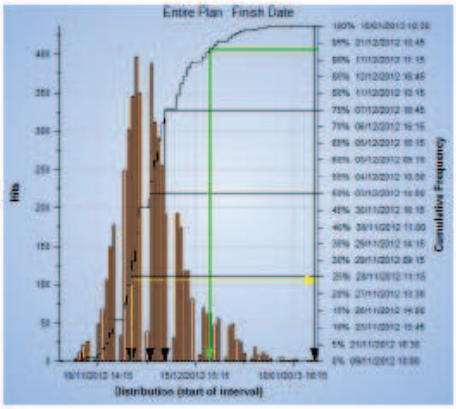


Figura 23 - Comparação da data final de entrega da embarcação entre o estaleiro A e o estaleiro B, cenário 3.

6 – CONCLUSÕES

Com a retomada dos investimentos na indústria naval e offshore brasileira, é necessário utilizar ferramentas que deem suporte a tomada de decisão para que não haja retrocesso nesse processo. A análise de risco, mesmo sendo pouco utilizada configura-se como uma forma de minimizar os riscos e auxilia na adoção de medidas mitigadoras.

O trabalho apresentou simulações baseado no método de Monte Carlo, onde foram comparadas duas propostas de diferentes estaleiros para a construção de uma balsa fluvial. A ilustração de um estudo de caso mostrou como a análise de risco pode ser implementada efetivamente e em seguida auxiliar na decisão a ser tomada.

A incorporação de incertezas de custo referentes à variação de preço de aço e variação cambial e prazo referentes às incertezas associadas as durações das atividades, resultou em uma distribuição de custo e prazo para cada uma das propostas observadas. Apresentamos também 3 cenários diferentes para o estaleiro B como forma de representar as diferentes conjecturas que podem ocorrer na determinação do perfil de um estaleiro.

O modelo serviu também para exemplificar e apresentar os diversos tipos de conclusões que podem ser retiradas da análise bem como as ações a serem realizadas a partir delas.

7 – REFERÊNCIAS

- Guimarães, L.F. Análise de risco em projetos de construção naval e offshore, fevereiro de 2010.

- Fleming, Q. W. e Koppelman, J. M. Earned Value Project Management, 3 ed. Newtown Square, Pennsylvania: Project Management Institute, 2005.

- Pires Jr, F. C. M., Guimarães, L. F. e Assis, L. F. Análise de risco no acompanhamento de projetos de construção naval, In: Congresso Nacional de Transporte Aquaviário, Construção Naval e Offshore, 23°, Rio de Janeiro 2010.

- Pires Jr, F. C. M., Guimarães, L. F., Assis, L. F., Almeida, M. F., Nascimento, M .B. C., Filho, M. R., Filho, N. D., Cruz, R.M. e Botelho, S. S. C. Um sistema integrado para acompanhamento e controle de projetos de construção naval, In: Congresso Nacional de Transporte Aquaviário, Construção Naval e Offshore, 23°, Rio de Janeiro 2010.

- Verano Engenharia C. I. E. Project Risk Analysis with Pertmaster, 2007.

- Delquié, P. Interpretation of the Risk Tolerance Coefficient in Terms of Maximum Acceptable Loss. *Decision Analysis - INFORMS*, Vol. 5, N°1, pp. 5-9, Março 2008.

- Walls, M. R. Measuring and utilizing corporate risk tolerance to improve investment decision making. *The Engineering Economist – Taylor and Francis*, Vol. 50, pp. 361-376, 2005.

- Verano Engenharia C. I. E., Planejando e Controlando projetos com Primavera® Enterprise. Curso Básico Versão 6.0.

Lista dos sites acessados em fevereiro e março de 2012.

Banco Nacional do Desenvolvimento: www.bndes.gov.br

USA Economics, Statistics and Administration: www.econstats.com/rt_steel.htm

Banco Central do Brasil: http://www.bc.gov.br/

Verano Engenharia C. I. E.: www.verano.com.br

CT-04 TRANSPORTES MARÍTIMOS Y FLUVIALES. OBRAS PORTUARIAS

Sistema automatizado para el manejo de carga paletizada a bordo de buques frigoríficos

Raúl Villa Caro, Ing. Naval y Oceánico / Capitán Marina Mercante.
Profesor. Escuela Politécnica Superior. Universidad de la Coruña. España
Inspector Nuevos Barcos en Construcción. Armada Española, raul.villa@udc.es

Luis Manuel Carral Couce, Dr. Ing. Profesor. Escuela Politécnica Superior. Universidad de la Coruña. España, lcarral@udc.es

José Ángel Fraguela Formoso. Dr. Ing. Naval (Ph. D.). Profesor. Escuela Politécnica Superior. Universidad de la Coruña. España, jafraguela@udc.es

Palabras clave: Buques – Transporte marítimo – Sistemas automatizados de carga paletizada.

RESUMEN:

La dificultad en el manejo de la conocida como carga general, determina en los buques que participan en estos tráficos, valores de los denominados “costes de puerto” que, porcentualmente sobre el total de los costes de explotación, resultan muy elevados.

Dentro de la logística industrial, los procesos de manutención y su automatización han constituido el objetivo de gran cantidad de investigaciones. Se pretende aprovechar el desarrollo alcanzado por esta disciplina en instalaciones terrestres, buscando su aplicación a unidades marinas. Con ello se alcanzará un doble objetivo: reducir los tiempos necesarios para las operaciones en puerto, así como una menor participación de los medios humanos en el proceso de transferencia de la carga.

La aplicación de estos sistemas al movimiento de carga paletizada refrigerada en un buque tipo “pallet friendly”, constituye un marco adecuado para el análisis de las

influencias que la instalación de estos elementos de manutención automatizada va a suponer para la disposición general del buque y su explotación.

1. INTRODUCCIÓN

Si nos situáramos como espectadores de los procesos de transferencia de la carga que se desarrollan en puerto, tendríamos ocasión de comprobar dos situaciones bien diferenciadas:

1) En el caso de los gráneles líquidos y sólidos podríamos comprobar cómo la transferencia de la carga, del medio marino al terrestre, se lleva a cabo con rapidez y eficacia.
2) En el caso de la denominada carga general, de naturaleza variable y configuraciones de contención distintas, podríamos observar cómo aparecen dificultades durante la manipulación de la carga.

Este segundo caso se traduce en un elevado protagonismo de los costes relacionados con la estancia en puerto (suma de los costes directos de puerto y operaciones de carga/descarga) en el total de los costes de explotación del buque, y consecuentemente sobre el valor del flete que el usuario ha de pagar.

La importancia de ese “factor puerto” va a venir dada por dos hechos relevantes:

- El elevadísimo valor de los costes de carga/descarga (C/D).
- Estadías en puerto de elevada duración, que conducirán a un incremento de los costes de puerto proporcionales al tiempo y a una mayor repercusión de los costes fijos del buque.

Al mismo tiempo, y por parte del buque, se presentan como soluciones a estos hechos las siguientes:

- Incremento de la productividad de las labores de carga/descarga (C/D).
- Mayor adecuación de la infraestructura del buque.

La disposición de un sistema automatizado para la manutención de paletas refrigeradas en un buque frigorífico, constituirá un ejemplo de lo redactado en el punto anterior.

2. PROBLEMÁTICA ACTUAL DE LOS SISTEMAS DE CARGA Y DESCARGA EN ESTE TIPO DE BUQUES. EVOLUCIÓN FUTURA

Dentro del marco enunciado, y en un intento de clarificar los retos específicos que el transporte marítimo plantea a los sistemas de carga y descarga, se deben tener en cuenta los aspectos problemáticos que presentan los sistemas de acceso, los de transferencia, los espacios para la contención de la carga y los sistemas de estiba y trincaje de la mercancía.

No parece ser el punto débil de nuestros sistemas de C/D, el correspondiente a los accesos. Sin embargo, sí constituirán aspectos a reformar, las unidades de transferencia y los sistemas de estiba-trincaje. Los primeros, haciéndolos más eficaces, mientras que para los segundos, el continuado avance en el proceso de formación de unidades de carga y la posible adopción de sistemas normalizados de estiba-trincaje conducirá a mejoras sustanciales en el proceso de transferencia.

En el futuro constituirán líneas de evolución aspectos tales como:

- Preponderancia de los medios de transferencia horizontales, respecto a los verticales.
- Sustitución, dentro de lo posible, de sistemas de transporte existentes discontinuos, por sistemas que adopten el principio del transporte continuo.
- Desaparición de los sistemas de estiba no normalizados.
- Desarrollo por parte de los sistemas de estiba semi-normalizados de aspectos tales como la mecanización del proceso de trincaje.
- Tendencia general a la automatización de los procesos.

3. SISTEMAS TERRESTRES DE MANUTENCIÓN AUTOMATIZADA. APLICABILIDAD E INFLUENCIA SOBRE EL BUQUE

3.1 APLICABILIDAD:

Planteadas así las cosas, parecerá clara una mejora generalizada de las prestaciones de nuestros equipos. En esta línea habrá que considerar con especial atención las tendencias de evolución existentes en lo referente a sistemas de manutención de aplicación en tierra. Siendo este mercado mucho más dinámico que el naval, por una mera cuestión de factor de escala, parece razonable que una parte importante de las innovaciones surgidas en la manutención terrestre se puedan adaptar a su instalación en unidades marinas.

Las ventajas que se podrán obtener con la aplicación de procesos automatizados a bordo de buques de carga van a ser de tres tipos:

- Incremento de la cota horaria de carga/descarga alcanzada, con la consiguiente reducción en los tiempos de estancia en puerto del buque, durante las operaciones.
- Reducción en la incidencia de la mano de obra de estibadores en las operaciones, con el consiguiente descenso en la factura del personal portuario.
- Disminución de las necesidades de utilización de material auxiliar en las labores portuarias y reducción del coste de utilización de este material.

La aplicación de técnicas y elementos de control ha permitido a ciertos equipos de manutención evolucionar hacia usos sin operador, convirtiéndose en equipos de funcionamiento automatizado. La integración de varios de estos equipos bajo el mismo principio de operación, constituye lo que denominamos instalaciones de manutención automática. La aplicabilidad a unidades marinas de componentes como los sistemas para el transporte interior a la zona de almacenaje, los métodos de almacenaje o los equipos de manutención, vendrá dada por los siguientes condicionantes:

- Posibilidad de funcionamiento bajo condiciones definidas de escora y trimado.
- Operación bajo condiciones cambiantes de quebranto o arrufo.
- Posibilidad de adaptación física a los accesos del buque y a los espacios de carga.
- Sensibilidad de los equipos ante la presencia de campos magnéticos perturbadores.
- Comportamiento de los equipos y estructuras bajo la acción de las aceleraciones producidas durante la navegación.
- Resistencia general al ambiente marino.

3.2 INFLUENCIA DE LOS SISTEMAS DE MANUTENCIÓN AUTOMATIZADA SOBRE LA CONCEPCIÓN DEL BUQUE:

Nuestro intento de analizar la influencia que estos sistemas de manutención automatizada van a tener sobre la concepción del buque, nos lleva a plantear un estudio de aplicación a un tráfico específico, y en este caso al de la carga refrigerada. La necesaria estructuración de las conclusiones obtenidas nos permite agrupar estas en; "repercusiones sobre los sistemas de acceso y transferencia de la carga", "repercusiones sobre los espacios de contención de la carga, la estiba y el trincaje" y "repercusiones sobre los sistemas generales del buque".

3.2.1 Repercusiones sobre los sistemas de acceso y transferencia de la carga.

Los sistemas de acceso y transferencia constituyen los componentes del medio en que se realiza el movimiento de estas mercancías entre la bodega y el muelle. Si consideramos como posible la aplicación de los sistemas automáticos ya descritos, surgirá la necesidad de convivencia dentro del marco del medio, de cuatro componentes, que serán:

- Los sistemas de acceso.
- Los sistemas de transferencia de la carga.
- Los sistemas de transporte interior a la zona de almacenaje.
- Los equipos de manutención del almacén que atenderán las estructuras necesarias para el almacenaje.

Vemos por tanto, que de considerar el medio tradicional de transferencia de la carga existente en un buque de carga general, a otro en que se pretenda automatizar este proceso, el medio se complica enormemente.

Nuestro sistema de almacenaje automatizado, al estar dotado de un sistema de transporte interior que se hará cargo de la mercancía al ser recibida ésta a bordo, tendrá un efecto importante sobre los sistemas de transferencia y de acceso. De hecho el sistema de transferencia del buque deberá únicamente mover la carga desde un punto del muelle próximo al costado, hasta la zona de recepción de las mercancías situada en el entrepuente del buque.

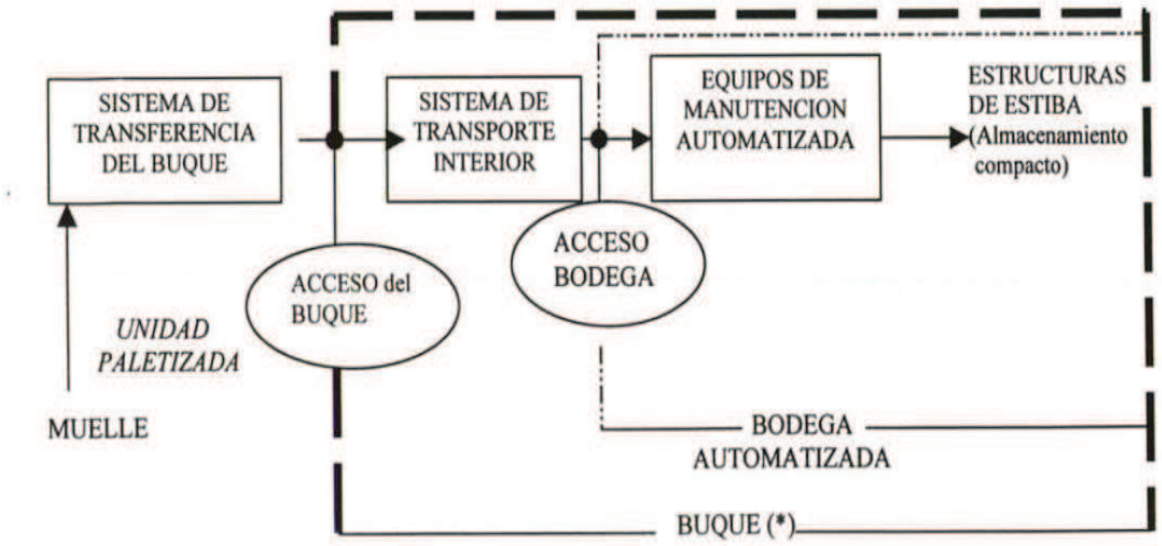


Figura 1: Zona de automatización del proceso (*)

Existirán dos consecuencias de esta nueva disposición del proceso de transferencia de la carga sobre los sistemas de transferencia y accesos del buque:

- Disminución de los equipos de transferencia necesarios, debido a que se dota al buque de un sistema de transporte interior de funcionamiento automatizado.
- Reducción en el tamaño de los accesos del buque, tanto de casco como interiores, consecuencia de que los sistemas de transferencia no tienen que acceder al espacio de estiba de la carga.

La sustitución, o mejor dicho, el desdoblamiento del proceso de transferencia de la carga en dos movimientos realizados por equipos diferentes, trae consigo estos dos hechos anteriores, a la vez que se consigue que cada sistema sea más adecuado a la función a realizar. Los accesos del buque deberán permitir únicamente el acceso de la carga, y nunca deberán ni adaptarse a las necesidades de estiba, como si se tratase de un proceso de transferencia vertical tradicional, ni permitir el paso del equipo de transferencia horizontal llevando la carga, como se haría en el caso de un sistema Ro-Ro.

Otra consecuencia de la influencia que el sistema de manutención automatizada va a ejercer sobre el sistema de transferencia va a ser que ahora el dimensionamiento de la productividad horaria de este equipo nos vendrá impuesto por las necesidades del sistema de transporte interior más las del sistema de almacenaje automatizado, debiendo subordinarse el sistema de transferencia a las demandas de éste.

3.2.2 Repercusiones sobre los espacios de contención de la carga, la estiba y el trincaje.

En cuanto al método de almacenaje se ha propuesto la posibilidad de utilizar un sistema de almacenaje compacto, o dinámico, dependiendo de la selectividad que deseemos. Como un sistema en cierto modo híbrido entre ambos, se puede señalar que el sistema de almacenaje compacto con utilización de un carro transbordador dinámico, permitirá aunar ventajas de ambos sistemas. La distribución de las estructuras de almacenaje, se hará de tal forma que se deje libre un pasillo central longitudinal, por el que se desplazará el transelevador. Estas estructuras llevarán dispuestos unos carriles de rodadura, que permitirán a un carro de transporte o satélite desplazarse hasta situarse por debajo de la primera paleta que exista en la celda, siendo ésta corrida desde crujía hasta el costado de la bodega. El carro de transporte o satélite, se situará en reposo en el interior de la plataforma del transelevador, a modo de horquilla telescópica.

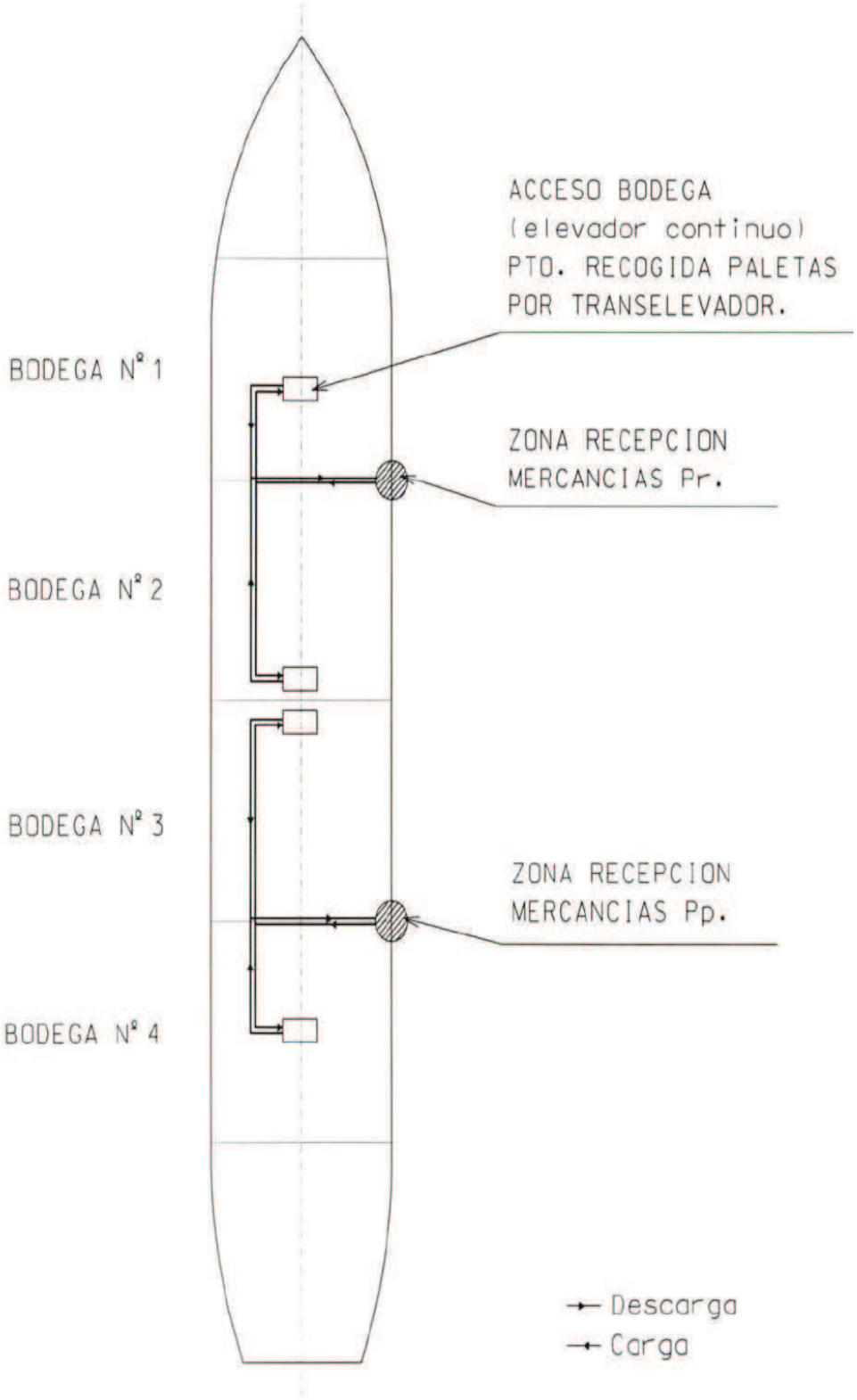


Figura 2: Esquema de flujo de mercancías a bordo

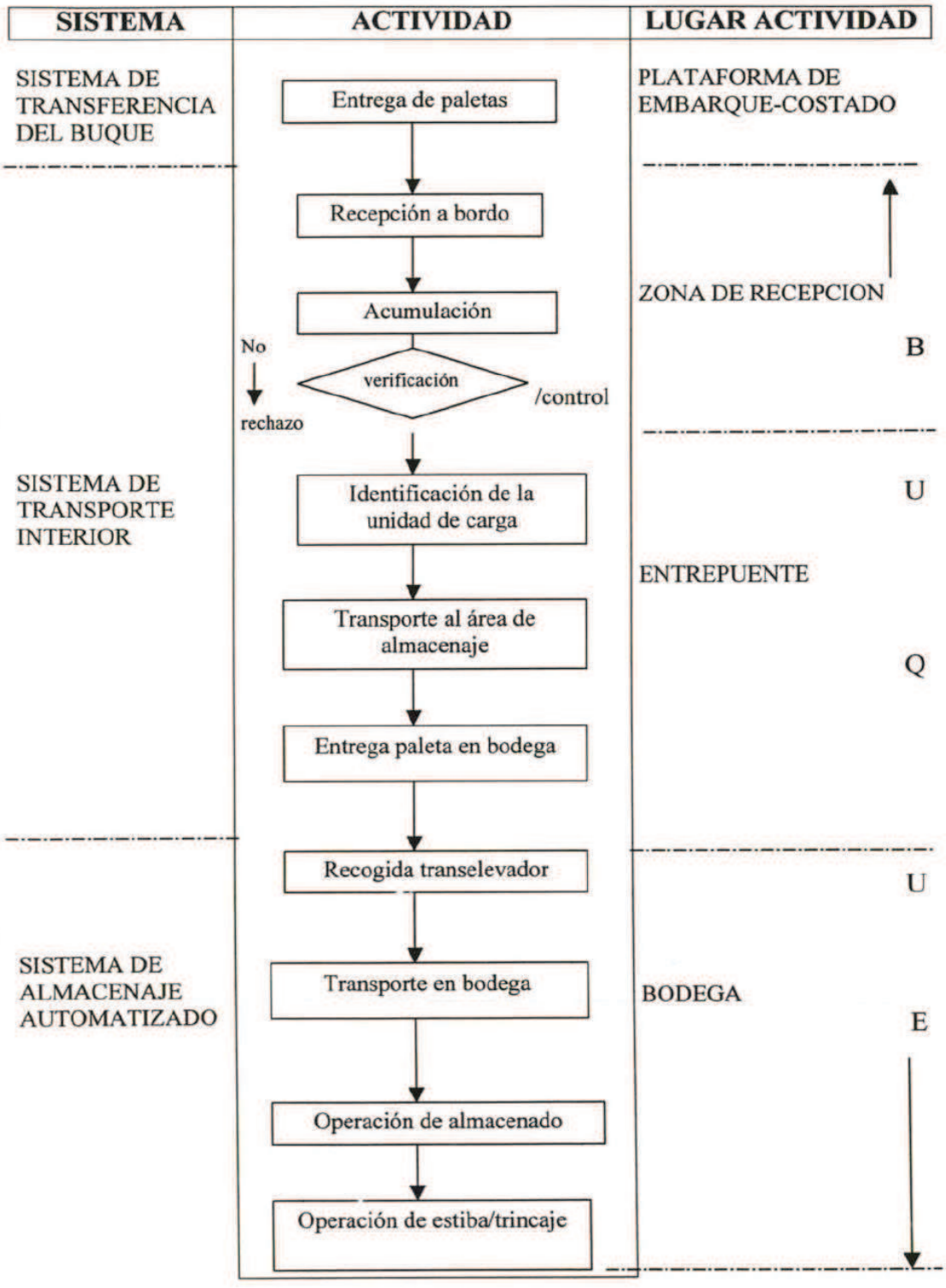


Figura 3: Flujo de actividades

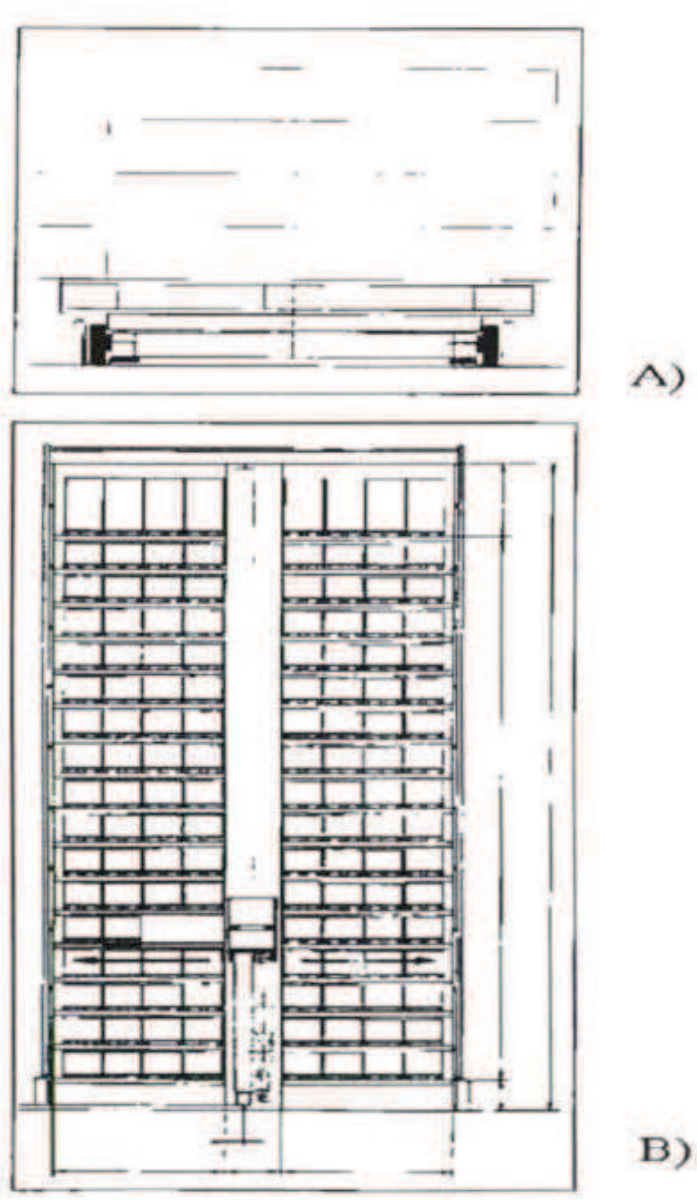


Figura 4: Transelevador dotado de carro elevador o satélite.

A) Detalle carro transbordador.

B) Sección transversal almacén.

La utilización de un sistema como el descrito va a acarrear como ventajas las siguientes:

- Mejor aprovechamiento del espacio de almacenaje disponible, debido a la existencia de un único pasillo de trabajo, y a la inexistencia de las consecuentes cuñas de espacio vacío del sistema dinámico.

- Mayor facilidad para la estiba de las paletas y reducción de los empujes entre ellas, debido precisamente a la horizontalidad de los montantes de la estantería.
- Flexibilidad del sistema para adaptarse a zonas de almacenaje con "formas" del buque muy acusadas.

Se podrá afirmar que un equipo de manutención automatizada, tal como es el caso del transelevador, podrá operar en el interior de la bodega de un buque siempre y cuando se cumplan los requisitos siguientes:

- Control del adrizado del buque, de modo que los valores de los ángulos de escora y trimado sean inferiores a unos prefijados.
- Control de las deformaciones estructurales que se produzcan en el buque en esa zona, y en su defecto existencia de un sistema del tipo flotante que permita al transelevador absorber estas variaciones en dimensiones.
- Modificación del sistema de transmisión de datos de control, de forma que sea posible el funcionamiento del equipo en el interior de un espacio metálico, cerrado y con infinidad de posibles interferencias electromagnéticas.

Trataremos a continuación los tres requisitos anteriores con mayor amplitud.

3.2.2.1 Control del adrizado del buque

Aunque en principio parezca altamente crítico para el funcionamiento correcto del equipo el mantener el buque "adrizado", ello no resultará así, ya que cualquier situación de escora y/o trimado del buque implicará necesariamente que el conjunto de estructuras de almacenaje-traselevador se mueva conjuntamente, manteniendo de este modo las posiciones relativas entre ellos. Este último aspecto será de esencial importancia ya que de no ser así se producirían desajustes en el enfrentamiento “transelevador-celda”, afectando necesariamente al funcionamiento de la instalación.

El efecto más importante del funcionamiento de la instalación bajo estas condiciones se manifestará en la inestabilidad de las paletas, en sus movimientos de transporte

en el satélite, o en el propio transelevador en sus movimientos de recorrido en longitud y altura. Dentro de este último concepto de estabilidad de la carga a mover dentro de la plataforma del equipo, va a resultar de gran dificultad el determinar de forma empírica este valor, sin embargo diseñadores de estos equipos se muestran cautos y proponen como valores admisibles para estos ángulos de inclinación cifras siempre inferiores a un grado. Manejando valores de inclinación en este entorno citado, nos encontraremos con situaciones de esfuerzos sobre apoyos o en los órganos de tracción y frenado perfectamente admisibles por un transelevador de diseño y construcción terrestres.

3.2.2.2 Control de las deformaciones estructurales de la instalación

La reglamentación relativa a los transelevadores, sus "tolerancias y cotas libres en almacenes de gran altura", contenido en las normas “UNE 58911:2002” y “UNE-EN 528:2009”, nos servirá de base para determinar los valores máximos que tomarán estas a la hora de su montaje a bordo. Ello nos obligará a cuidar ciertos aspectos que permitan la operación de estos equipos.

Las tolerancias, según la propia norma indica, resultarán de los siguientes componentes:

- Cubierta
- Carril de rodadura
- Perfil de guía
- En el control de gálibo
- Estructura de estanterías

3.2.2.3 Sistema de transmisión de datos de control

El estar considerando un espacio de configuración metálica va a hacer que el proceso de transferencia mediante radiofrecuencias habituales se vea dificultado. Ante esta situación se podrán adoptar otras alternativas de transferencia:

- Transmisión mediante cable hasta el equipo de manutención empleado.
- Aplicación de un sistema de transmisión mediante rayos infrarrojos.

- Transmisión mediante un sistema formado por una antena continua y una emisión en muy alta frecuencia, sistema conocido como hilo radiante.

La primera de las alternativas propuestas será de aplicación en equipos de manutención del tipo estático. Ello nos obligará a utilizar en el caso de los transelevadores, cualquiera de las dos alternativas siguientes, siendo cualquiera de ellas igualmente válida.

La aplicación al caso marino obligará a realizar modificaciones en las estanterías, éstas necesariamente deberán venir dadas por la consideración de los denomina,:u., efectos dinámicos.

- Escantillonado de los elementos primarios y secundarios bajo principios de acción dinámica, así como componentes del conjunto de estructura del buque.
- Adaptación de los enlaces entre elementos, de modo que éstos utilicen sistemas de unión inalterables o fijos (tornillos, soldadura, etc)
- Consideración del aspecto de protección contra la corrosión al considerar la bodega como en ambiente agresivo.
- Necesidad de disponer elementos de estiba y trincaje adicionales. Estos se fijarán sobre los elementos de la estructura e inmovili7.arán a la paleta durante la navegación.

La disposición de estructuras metálicas en el interior de las bodegas de un buque de carga general, no hará sino asemejar a éstas a las que hay en un portacontenedores. Ya que el sistema funciona correctamente en este tipo de buques, nada parece indicar que con otro tipo de cargas no sea así.

La instalación de equipos como los propuestos necesariamente influirá sobre la concepción del buque. Aspectos como el compartimentado, o espacios como las bodegas se verán influidos.

Se podrá decir que la bodega que contenga el sistema de almacenaje considerado deberá tratarse en su diseño bajo una filosofía modular, esto significará que aspectos tales como son el dimensionamiento, la configuración geométrica y

estructural así como la disposición de la estructura metálica interna, deberán considerarse siempre bajo la circunstancia de contención de una carga de tipo modular. La situación, en cierto modo, se asemejará a la que se le presenta a un proyectista que desee diseñar las bodegas de un portacontenedores, sólo que aquí se va a contar con la ventaja estructural de que el buque va a ser en cubierta del tipo cerrado.

Un planteamiento de dimensionamiento como el realizado corresponde al de un buque de volumen. Ello contrasta con el planteamiento conceptual del buque frigorífico clásico en donde se fija como objetivo a alcanzar la maximización de la superficie de cubiertas. Desde luego este planteamiento adaptado a las necesidades de un método clásico de estiba en bloque, presentará la ventaja adicional de proporcionar al buque un compartimentado que podrá favorecer la existencia de muchos espacios que pueden ser mantenidos a diferentes temperaturas, ello indudablemente permitirá el transporte de una carga del tipo heterogénea. Aspecto este, en que nuestra instalación demandará una carga homogénea o que casi lo sea.

Avanzando en esta necesidad de adaptación del buque al proceso de transferencia escogido, analizamos ahora los condicionantes respecto a la situación de las superficies que delimitan los espacios del buque (mamparos transversales, longitudinales y cubiertas) y tanques.

Buques frigoríficos de un tamaño estándar de 500.000 pies cúbicos presentan en la actualidad un compartimentado transversal tendente a definir cuatro espacios transversales de carga. Viene a cuento la cita anterior ya que nuestro sistema de transferencia automatizado nos va a demandar un compartimentado del buque tendente a alcanzar los mayores volúmenes diáfanos posibles. Este hecho se va a materializar en el mayor espaciado posible entre mamparos transversales, de modo que los espacios destinados a la carga presenten la mayor de las esloras continúas alcanzables. La explicación de este hecho resultará evidente ya que la operación de los transelevadores, así como el aprovechamiento de los espacios, se mejora de esta manera.

- Mamparos longitudinales: buscando alcanzar el objetivo marcado y a la vez aprovechando la posibilidad que ofrecen estos equipos de trabajar indistintamente a ambos laterales, conviene situar los transelevadores en crujía, contando con los espacios libres hasta los costados.
- Cubiertas: el principio de almacenaje compacto nos permitirá el prescindir del compartimentado en sentido horizontal, a la vez nos interesará el alcanzar los diez metros de altura mínima del espacio de forma que sea rentable la utilización de equipos de estiba en altura, denominación ésta como son conocidos los transelevadores.
- Tanques: el necesario sistema de corrección de la escora y el trimado nos conducirá a la necesidad de disponer tanques laterales y centrales, adicionales a los ya existentes en el doble fondo. Necesariamente este hecho afectará a la disposición de tanques.

3.2.3 Repercusiones sobre los sistemas generales del buque.

Nuestro sistema de control de la carga va a constituirse mediante la incorporación de cuatro sistemas, cuyas funciones de supervisión y control se integrarán en la misma consola, denominando a ésta "consola de control de la carga". Los cuatro sistemas componentes serán:

- Sistema de gestión de las operaciones de transferencia
- Sistema de lastre
- Sistema de conservación de la carga
- Sistema de estiba y trincaje

Al contrario de lo que ocurre en el caso de buques que transporten graneles, en buques dedicados al transporte de la carga general, no existe como tal el sistema de control de la carga. Esto se debe al hecho claro de la práctica inexistencia de equipos coordinados para atender el proceso de transferencia. Nos surge ahora la necesidad de contar con un sistema que centralice en un puesto de control las funciones de control y supervisión de los sistemas relacionados con la carga.

El sistema de lastre en un buque dotado de un sistema de manutención automatizada va a cumplir una doble función en puerto y en la mar:

- Corregir desequilibrios durante el embarque/desembarque de las paletas refrigeradas que impiden el normal funcionamiento de los transelevadores.
- Proteger la carga durante la navegación, al reducir las aceleraciones.

Necesariamente el cumplimiento del segundo de los objetivos, va a llevar a la obligación de instalar un sistema de tipo dinámico, formado por un servicio de lastre que mediante las correspondientes bombas centrífugas trasegará agua salada entre los tanques de doble fondo. El efecto buscado será el de situar el buque en unas determinadas condiciones en cuanto a escora y trimado (generalmente ambos con valores inferiores al grado) de forma que se cumplan las condiciones de operación de los transelevadores. También se deberá contar con un sistema de corrección de la escora y el trimado, de forma que se puedan corregir los desequilibrios que necesariamente se van a producir durante el proceso de carga. A la vez van a cumplir funciones como equipos estabilizadores, durante la navegación del buque.

Como tendremos ocasión de ver a continuación, la utilización de un sistema de almacenaje diferente, obligará a introducir variaciones de vital importancia en este servicio del buque.

En cuanto al sistema de refrigeración, ahora necesariamente los conductos de distribución deberán variar su disposición ya que el compartimentado y por tanto el tamaño del local, es muy distinto a la solución tradicional. Ahora no contaremos con los mencionados enjaretados para realizar la circulación del aire bajo ellos. Sin embargo, los requisitos operativos del transelevador nos obligan a dejar zonas libres en las partes baja y alta de las estanterías metálicas. Esos espacios de alturas respectivas de 750 y 600 mm permitirán la situación de colectores de distribución del aire refrigerado. Al mismo tiempo, los huelgos existentes lateralmente entre las estanterías de estiba y los costados del local son adecuados para la disposición de conductos de distribución.

Otra circunstancia específica del almacenaje compacto y que favorecerá grandemente la libre circulación del aire enfriado alrededor de las paletas, serán los huecos libres existentes entre ellas. Las necesidades del sistema de almacenamiento favorecerán en este caso el enfriamiento rápido inicial de todo el producto contenido en la bodega.

4. ANÁLISIS DEL TIEMPO DE ESTANCIA EN PUERTO (ESTADÍAS) DE UN BUQUE FRIGORÍFICO TRADICIONAL:

Prácticamente no existe ninguna publicación actual que haya analizado los tiempos que permanecen los buques en puerto. Una de las fuentes más fiables, aunque ya algo desfasada, es la representada en el siguiente cuadro en el que se pueden apreciar los valores típicos de viajes de distintos tipos de buques:

Tipo de buque	*Tamaño*	*Dur. Viaje (Millas)*	*Escalas por viaje*	*% estancia en puerto*
Bulkcarrier grande	110.000 GT	10.000	2	23
Bulkcarrier pequeño	25.000 GT	11.000	4	31
Ro – Ro	90 Remolques	800	2	33
Portacontenedores	2.300 TEU	12.000	6	29
Costero	3.000 GT	1.400	2	45

FUENTE: Buxton, Daggitt y King – CARGO ACCESS EQUIPMENT FOR A MERCHANT SHIP

El tiempo de estancia en puerto de los buques anteriores, dependerá de diversos factores, de los que podemos destacar:

- Medios de carga y descarga propios del buque.
- Medios de carga y descarga de los puertos visitados.
- Tipo de mercancía transportada.

- Número de viajes realizados.
- Número de escalas por viaje.
- Existencia de líneas regulares.

A primera vista, y de forma intuitiva, se aprecia que tanto la propia carga, como los medios relacionados con el manejo de la carga, van a ser factores decisivos en el tiempo de plancha, en el caso de los buques "tramp". Y aunque no se observe de forma tan intuitiva, también influirá el número de escalas, ya que los barcos que realicen viajes más largos, realizarán menos escalas, y por lo tanto estarán menos en puerto.

En el caso de las líneas regulares, con sus horarios preestablecidos, el tiempo de puerto ya estará marcado por otros intereses.

Pero, ¿cuál es el tiempo de estancia en puerto de un buque frigorífico convencional?. Ante la ausencia de estudios y datos publicados, se ha procedido a analizar los años navegados por uno de estos buques. El buque elegido ha sido el M.V. "Star First", de la compañía "Grace Ocean Private Limited", y con puerto de registro de Singapore. De los datos actuales proporcionados por la compañía naviera, se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- Porcentaje de días totales en puerto: 28 %
- Número de escalas por año: 81
- Número de puertos visitados por año: 6
- Número de escalas por puerto: 13

En el caso del 2011 y 2012 los seis puertos visitados por este buque fueron:

- Antwerp, Belgica
- Abidjan, Costa de Ivory
- Douala, Camerún
- Tema, Ghana
- Dakar, Senegal
- Dover, Reino Unido

De estos puertos, el más visitado fue Abidjan y el menos visitado fue Antwerp.

5. INFLUENCIA DE LOS SISTEMAS DE MANUTENCIÓN AUTOMATIZADA SOBRE LA OPERATIVIDAD DEL PROCESO Y LA EXPLOTACIÓN:

Un análisis completo de viabilidad de la aplicación de un sistema de manutención automatizada deberá incluir aspectos operativos y económicos. En consecuencia, la deseada mejora de los aspectos operativos, esto es, mayor cota de transferencia horaria alcanzada con la consiguiente reducción en costes portuarios, deberá contraponerse con las modificaciones en los aspectos del coste de construcción y la reducción del espacio de bodega disponible.

5.1 Repercusiones operativas.

La aplicación de un método de almacenaje compacto sobre el sistema más simple de apilamiento en bloque, significa una pérdida de volumen de carga importante. No obstante, en el caso particular de transporte de productos perecederos en una atmósfera refrigerada, este hecho no será tan claro por varios motivos:

- Para el caso de almacenamiento en bloque se precisa compartimentar el buque por cubiertas, lo que significará una pérdida de espacio de almacenaje.
- La debida conservación del producto hace necesario dejar unos espacios libres entre paletas, de este modo se garantiza la circulación de aire enfriado. En el caso de almacenaje en estanterías los huelgos existentes entre éstas y la carga, permitirán este hecho.

En cualquier instalación de almacenaje se hará necesario conocer dos ratios que nos indicarán la eficacia de la instalación: los coeficientes de utilización de espacio y de volumen. El correspondiente proceso de cálculo conducirá a la obtención de estos valores para los espacios de bodega de un buque frigorífico de 640.000 pies cúbicos. Esta aplicación nos permitirá convertir las capacidades del buque en volumen, a capacidades de almacenaje en bloque. Los resultados se indican en la siguiente tabla:

REPERCUSIONES OPERATIVAS		
	BUQUE TRADICIONAL (*)	**BUQUE AUTOMATIZADO**
VOLUMEN DE BODEGA (PALETAS)	5.600	4.676
RITMO DE DESCARGA HORARIA (PALETAS/HORA)	320	480

El conocimiento del ritmo de transferencia horaria del sistema, terminará de determinarnos la capacidad operativa del buque. La cota horaria de descarga será el resultado de la composición de los ritmos de transporte de los tres sistemas que intervienen en el proceso, debiendo los dos primeros adaptarse al ritmo de trabajo marcado por los transelevadores de las bodegas. La norma UNE 58912:2004 constituye un método contrastado para el cálculo de este último valor. La tabla siguiente nos proporciona un resumen de los valores de operación de la instalación propuesta:

(*) Valores correspondientes a un buque de 640.000 p.c. dotado de medios de transferencia verticales y tapas de escotilla, interviniendo en la descarga una mano por grúa (8 hombres) y realizándose esta con cuatro grúas del buque y jaulas para cuatro paletas.

5.2 Repercusiones sobre la explotación.

En lo referente a las *repercusiones sobre la explotación* se ha realizado un estudio comparativo de los resultados obtenidos en la explotación de tres versiones de buque frigorífico, con la característica común de poseer una capacidad de bodega de 640.000 pies cúbicos:

- Convencional: pallet “friendly” con escotillas y sin medios propios de carga y descarga.
- Convencional con medios de carga y descarga: el buque anterior pero dotado con grúas de pluma en cada escotilla.
- Con medios de C/D automatizados, buque sin cubiertas intermedias, acceso de la carga mediante elevador y uso de sistemas de manutención automatizada en el interior.

La primera de las variantes no se da con frecuencia, pero nos permitirá obtener conclusiones respecto a la conveniencia de utilizar medios de carga y descarga propios, o portuarios. Para ello se han considerado viajes de diversas distancias, correspondientes a la matriz de orígenes/destinos de estos tráficos. Todo ello se ha realizado al objeto de valorar la incidencia de la detención del buque en puerto, en función de los medios empleados en las operaciones. A diferencia de lo que ocurre con otros buques que manejan graneles líquidos y sólidos, la mecanización de la transferencia se referirá a ambas operaciones, la carga y la descarga.

DATOS TÉCNICOS BUQUE	C/D CON MEDIOS PROPIOS	C/D CON MEDIOS PUERTO	C/D CON MEDIOS AUTOMATIZADOS
ESLORA TOTAL (m)	162.5	162.5	162.5
ESLORA ENTRE PERPENDICULARES (m)	150	150	150
MANGA (m)	26	26	26
PUNTAL (m)	14	14	14
CALADO (m)	10.09	10.09	10.09
PESO MUERTO (TPM)	13500	13500	13500
CAPACIDAD BODEGAS (p.c.)	640000	640000	640000
PALETAS ALMACENADAS (1 x 1,2 x 1,8 m)	5600	5600	4676
MOTOR (BHP)	21515	21515	21515
VELOCIDAD EN PRUEBAS (NUDOS)	23	23	23
AUTONOMIA (MILLAS)	18300	18300	18300
POTENCIA AUXILIARES (CV)	2x1430, 2x2280	2x1430, 2x2280	2x1430, 2x2280
DEMANDA ELÉCTRICA PARA C/D (KW)	-	320	
RITMO C/D HORARIA (PALETAS/HORA)	320 (1)	336 (2)	480 (3)
TIEMPO NECESARIO OPERACIONES (H)	19	18	12

(1) Contando con medios portuarios, cuatro grúas de 16 tons, e igual número de manos.

(2) Medios propios, cuatro grúas electro-hidráulicas de 20m. de alcance y 8 tons. de SWL, con jaula para cuatro paletas.

(3) Sistema automatizado propuesto, dos transelevadores por bodega, cuatro bodegas.

6. DATOS ECONÓMICOS:

La operación de los buques indicados, con independencia de los viajes a realizar, nos conducirá a la consideración de los siguientes componentes del cuadro de costes **(cantidades consignadas en millones de euros):**

BUQUE	C/D CON MEDIOS PROPIOS	C/D CON MEDIOS PUERTO	C/D CON MEDIOS AUTOMATIZADOS
PRECIO DEL BUQUE (1)	45	48	44
TRIPULACIÓN (2)	0.53	0.53	0.63
SEGUROS (3)	1.02	1.20	1.01
REPARACIONES Y MANTENIMIENTO (4)	1.30	1.36	1.29
PERTRECHOS Y PROVISIONES (5)	0.11	0.12	0.11
GASTOS PORTUARIOS / VIAJE (6)	0.09	0.08	0.04
GASTOS GENERALES (7)	0.19	0.19	0.19

(1) Buques entrega finales 2009

(2) 16 tripulantes, condiciones correspondientes a un registro abierto

(3) 2.5 % del precio de construcción

(4) Evaluado según la expresión propuesta por Bendford (Ref.Bibli.8)

(5) Evaluado según la expresión propuesta por Metra Seis (Ref.Bibli.8)

(6) Valor considerado sin descuentos por número de estancias anuales. Tarifas correspondientes al puerto de Marín (España) y a su terminal de frutas

(7) Correspondientes a una compañía con ocho buques de dimensión de flota

Un aspecto destacable será el debido al hecho de que los costes de capital, al contrario de lo que parece a primera vista, serán menores en el caso del buque automatizado. Este suceso se justifica debido a que el precio de construcción de un buque tipo “pallet friendly” convencional se ve penalizado por tres hechos claros:

- Compartimentado del buque por cubiertas, lo que significará un incremento considerable del precio de acero.
- Gastos adicionales en aislamiento y enjaretados.
- Disposición de multiplicidad de escotillas en los entrepuentes.

Para hacer homogénea la comparación de los costes de transporte desde el puerto de carga hasta situarla en el muelle de descarga, se ha incluido en los gastos portuarios del buque convencional, el coste estimado de la operación de C/D (alquiler de grúas y utillaje, más coste de la mano de obra de los estibadores). Y en el caso del buque con medios propios sólo se ha incluido la última partida, ya que cuenta con medios verticales de transferencia. En el tercer caso, el del buque frigorífico automatizado, ambas partidas componentes de los costes de carga/descarga se anularán.

En la última alternativa se producirá una reducción en los ingresos por viaje, motivada por la reducción de la capacidad de transporte (16.5%).

El tiempo de estancia en puerto de los buques, variará para cada tipo, dependiendo del sistema de C/D utilizado. En estos tiempos se han tenido en cuenta los tiempos muertos provocados por los buques (entradas, salidas, maniobras…), así como los tiempos específicos de los sistemas de cada tipo de buque. Los tiempos muertos antes mencionados se han considerado idénticos en las tres alternativas.

Los gastos de tripulación se consideran superiores en el buque automatizado, ya que al estar dotado de mayor sofisticación, exigirá mayor preparación por parte de la dotación.

Desglose de los gastos portuarios por viaje (**cantidades consignadas en millones de euros)**:

BUQUE	C/D CON MEDIOS PROPIOS	C/D CON MEDIOS PUERTO	C/D CON MEDIOS AUTOMATIZADOS
COSTES DIRECTOS DE PUERTO	**13.18**	**12.63**	**12.13**
COSTES DE CARGA/DESCARGA	**25.21**	**21.06**	**-----**
GASTOS E IMPUESTOS SOBRE LA CARGA	**10.3**	**10.3**	**10**
TOTAL POR ESCALA	**49.7**	**45**	**20**
TOTAL POR VIAJE	**97.4**	**88**	**44**

(1) Valores consignados correspondientes a la terminal frutera de Marín

(2) Gastos sobre la carga calculadas para plátanos

(3) No incluido almacenaje posterior

(4) Los viajes analizados se llevan a cabo desde Guayaquil (Ecuador), hasta Marín (España)

7. CONCLUSIONES:

- Los costes de carga y descarga totales por viaje serán menores cuando se utilicen los medios portuarios en lugar de los medios propios, y aun mucho menores cuando se usen los sistemas automatizados propuestos.
- El tiempo de estancia en puerto va a depender del número de escalas por cada viaje realizado. Evidentemente, los buques que realicen un número pequeño de viajes al año, harán viajes más largos, y su porcentaje de estancia en puerto será menor que el de los barcos que hagan más viajes a lo largo de su vida operativa.
- Los ratios de carga y descarga de las paletas variarán dependiendo de la pericia de los estibadores de cada puerto. En Sudáfrica se obtienen unos rendimientos de carga y descarga medios de 43 paletas/hora, mientras que en el puerto de Marín se elevan a 84 paletas/hora.
- Teniendo en cuenta que se mueven cuatro pallets por cada jaula, se llevan a cabo de diez a veinte movimientos de grúa por hora.
- Un buque frigorífico de este tipo pasará la cuarta parte de su vida operativa detenido en puerto.
- Se deben adaptar los equipos terrestres de manutención a los medios marinos, ya que es técnicamente posible, y además mejoraría las condiciones de explotación.
- Se debe llevar a cabo la optimización de los procesos de carga y descarga en los puertos.
- La evolución futura de los sistemas de carga y descarga determinará la preponderancia de los medios de transferencia horizontales frente a los verticales.

- El transporte continuo debe sustituir al discontinuo.
- Debe existir uniformización de los medios de manutención utilizados con independencia del medio de transporte del que se trate.
- En los sistemas de estiba y trincaje deben desaparecer los sistemas de estiba "no normalizados" y se debe desarrollar la mecanización de los procesos de trincaje.

8. BIBLIOGRAFÍA:

1) Alderton P. *Port Management and Operations (Third edition).* 2008. Lloyd's Practical Shipping Guides
2) Autoridad Portuaria de Marín y Ría de Pontevedra. 2010. *Memoria Anual 2009.* Puerto de Marín.
3) Autoridad Portuaria de Vigo. 2011. *Memoria Anual 2010.* Puerto de Vigo.
4) Buxton IL, Daggit, King J. 1978. *Cargo access equipment for merchant ships.* Spon Limited.
5) Conferencia de las Naciones Unidas sobre comercio y desarrollo. 2011. *El transporte Marítimo en 2010.* UNCTAD
6) Instituto Internacional del Frío. 2002. *Guía del transporte frigorífico.* IIF
7) Meizoso Fernández M., Azpiroz Azpiroz,JJ., Alvariño Castro R. 2007. *Proyecto básico del buque mercante (2ª edición).* COIN
8) Morán Fernández, F. 1995. *Los Costes de explotación del Buque.* COMME
9) Norma UNE-EN 528:2009. *Transelevadores. Seguridad*
10) Norma UNE 58911:2002. *Transelevadores. Tolerancias, deformaciones y cotas libres en almacenes de gran altura*
11) Norma UNE 58912:2004. *Transelevadores*. *Tiempos de ciclos de trabajo*
12) Sextant Consultancy. 2008. *Reefer/Freezer Fleet Profile.* Drewry Shipping.
13) Sextant Consultancy. 2009. *Reefer Shipping Market Review and Forecast.* Drewry Shipping.
14) Shipping world & shipbuilder, páxs. 40-43, nº. 4221. 2006. *Cargo handling Operators of specialised reefer ships are setting the standard on quality with the introduction of the 360 Quality Code.*

Tipos de naves y facilidades portuarias como alternativas para mejorar el transporte fluvial en la zona de la amazonia Ecuatoriana

Maricruz Fun-sang Cepeda, Ingeniera Naval, Analista Técnico Naval, Subsecretaría de Puertos y Transporte Marítimo y Fluvial,
Avenida de la Marina, Puerto Marítimo, Zona Bancaria, Edificio de la Subsecretaría de Puertos y Transporte Marítimo y Fluvial, Guayaquil – Ecuador,
maricruz_fun@hotmail.com, mfun-sang@mtop.gob.ec, + 593 4243 3214, + 593 9910 3903

RESUMEN

La Amazonía ecuatoriana, debido a su posición geográfica y a sus características naturales (clima, topografía, vegetación, hidrología, fragilidad ambiental, etc.), así como por la escasa inversión en infraestructura de soporte, en la mayor parte de su extensión no cuenta con otros medios de transporte que no sea la vía fluvial, actualmente no existe un eficiente transporte de carga y pasajeros entre los diferentes poblados de la zona.

En Ecuador, en el río Napo, el puerto de Francisco de Orellana, es el punto más alto que se puede alcanzar por remolcadores y barcazas con un calado de 1,2 m durante el periodo lluvioso. Otros ríos como el Aguarico, Coca, Pastaza, San Miguel, Bobonaza y Morona Santiago, sólo son navegables para canoas o pequeñas lanchas con motor fuera de borda. Es este medio de transporte fundamental para la economía y subsistencia de las familias y comunidades que se encuentran en sus riveras, y el medio de transporte de carga para algunas estaciones de servicios petroleros.

Lamentablemente la mayor cantidad de estas embarcaciones tienen diseños artesanales poco eficientes, o que no proporcionan un rendimiento adecuado para el transporte.

Debido a la falta de mantenimiento de los ríos, en los últimos años se han presentado problemas para la navegabilidad, sin tener solución, por eso en este artículo se mostrarán las alternativas para mejorar el transporte fluvial, enseñando opciones de tipos de naves con diseños eficientes y apropiados para los diferentes servicios que son prestados por estas.

Se presentarán alternativas de varios tipos de facilidades portuarias que puedan ser utilizadas para mejorar el arribo de naves a diferentes puertos y así poder cargar y descargar de manera adecuada, y brindar comodidad a las personas que utilizan las embarcaciones como medio de transporte.

Estas alternativas nos ayudarán a mejorar el transporte fluvial, incrementar el turismo local y la calidad de vida de la población.

Palabras claves: Navegabilidad, Transporte fluvial, Embarcaciones Fluviales, Facilidades portuarias.

INTRODUCCIÓN

Para promover el transporte fluvial de los ríos de la Amazonia Ecuatoriana existe la necesidad de estudiar la navegabilidad, para indicar con precisión dónde están los límites de navegación para un determinado tipo de buque. Esta información se debe utilizar por las autoridades para analizar el impacto del mantenimiento de la navegabilidad del río, por ejemplo, liberación de los troncos de los árboles.

Este artículo presenta los problemas de navegabilidad encontrados en el rio ecuatoriano Bobonaza del nivel superior de la cuenca hidrográfica del Amazonas, cuyos datos nos servirán como base para poder realizar un diseño adecuado para los tipos de naves y las facilidades portuarias que se pueden tomar en cuenta como soluciones posibles para mejorar el transporte en los ríos Pastaza, Bobonaza y Napo.

UBICACIÓN GEOGRÁFICA

Considerando la importancia del transporte fluvial para la integración amazónica, se realizó un recorrido para establecer los términos de referencia para la contratación del Estudio de navegabilidad del río Bobonaza, desde el Puerto de Canelos ubicado en las coordenadas Latitud 1° 35' 21.68'' S y Longitud 77° 44' 47.6'' W, hasta la desembocadura del mismo en el río Pastaza, ubicado en las coordenadas Latitud 2° 35' 24.5'' S y Longitud 76° 38' 1.35'' W con una longitud de aproximada de 425 km.

La cuenca hidrográfica del río Bobonaza atraviesa a lo largo de la provincia de Pastaza, específicamente por el cantón Pastaza y sus parroquias: Canelos, Sarayacu, Montalvo y Rio Corrientes. El área geográfica de estas parroquias suma 12.127 Km2.

Las cuatro parroquias albergan a 8.813 habitantes, según datos del INEC en el VII censo de población y VI de vivienda, realizado en el año 2010. [1]

El clima es cálido húmedo, con una temperatura promedio entre 19 a 28 ºC, con una precipitación pluvial anual aproximada de 4.000 mm.

Se considera como una zona importante de análisis, pues este es uno de los ríos donde en su rivera se encuentra una de las poblaciones más numerosas de las nacionalidades ancestrales del país, las cuales utilizan el río como el medio más económico y menos contaminante para el transporte de carga, comercio, pesca y turismo, medios fundamentales de la economía de estas comunidades. En este recorrido se pudo apreciar que, en términos generales, las zonas de la Amazonía ecuatoriana donde la vía de transporte es la terrestre el impacto ambiental es inminente, mientras que con la mejora de las vías fluviales ese impacto es mucho menor.



Figura 1. Ubicación del rio Bobonaza

PROBLEMAS DE NAVEGABILIDAD

Varios obstáculos se han encontrado durante el estudio. Arena, arcilla, bancos de piedras, ramas, troncos de árboles, palizadas dificultan la navegación, ver Figura 2 donde se han definido 2 familias de los tipos de obstáculos encontrados. La primera Familia está relacionado con los obstáculos vegetales, donde podemos encontrar ramas (a), palos verticales (b), troncos de árboles incrustados en los lechos (c, d), árboles caídos generalmente transversales a la corriente del río (e), tronco y tallo aislados (f) y, finalmente, palizadas que son una acumulación de troncos, tallos y ramas (g, h). La segunda familia está relacionada con el efecto de la erosión que genera arena / arcilla / playas de piedras (i) y bancos de sedimentos (j, k), hasta islotes (l) cuando las plantas y los árboles tienen tiempo para crecer.



(a) ramas *(b) palos* *(c) tronco incrustado*



(d) tronco incrustado *(e) árbol caído* *(f) tronco, tallo*



(g) palizadas *(h) palizadas* *(i) playas*



(j) bancos de sedimentos *(k) bancos de sedimentos* *(l) islotes*

Figura 2. Tipos de obstáculos encontrados en el rio Bobonaza

En este recorrido también se pudo definir la Frecuencia de los obstáculos encontrados a los largo del río, donde con la Figura 3 se puede ejemplificar visualmente esta repetición.

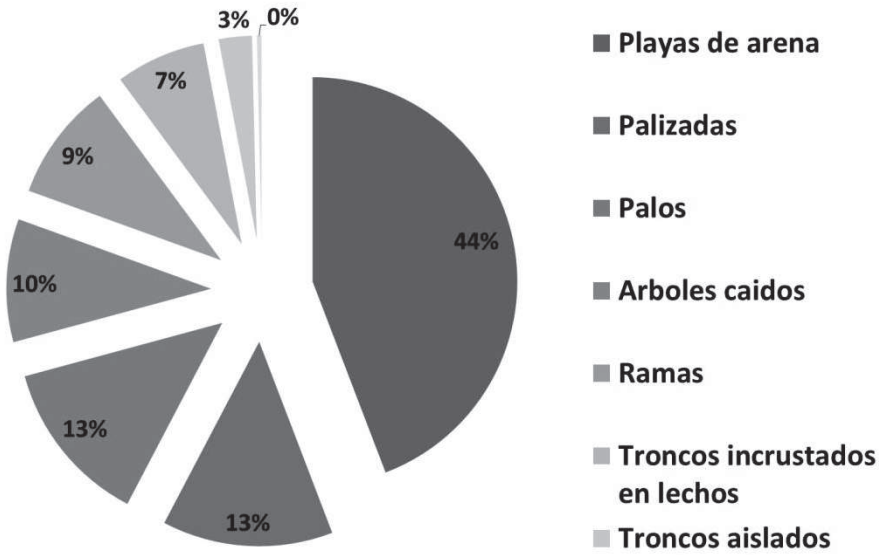


Figura 3. Frecuencia de los obstáculos encontrados en el río Bobonaza

Estos obstáculos por la falta de limpieza y de mantenimiento en las vías fluviales van aumentando a lo largo del tiempo, convirtiendo ciertas zonas del Río Bobonaza difíciles y peligrosas para navegar en ciertas épocas del año, en especial en la época donde escasean las lluvias. En muchos casos hay zonas donde los pasajeros de las canoas deben bajarse para empujar las mismas, o donde son zonas peligrosas que han ocurrido accidentes, pues las embarcaciones chocan con los obstáculos y en algunos casos zozobran cobrando vidas humanas.



Figura 4. Zonas de dificil navegabilidad en el río Bobonaza



Figura 5. Choque de embarcación con tronco incrustrado

Otro de los problemas de navegabilidad de la zona es la poca, o nula infraestructura portuaria para el atraque de las embarcaciones y para el embarque de pasajes, en la zona de Teresa Mama se observó una estructura tipo muelle que fue llevado por la corriente, ver Figura 6 quizás por una construcción inadecuada. Por otro lado en lo que respecta al transporte de pasajeros no hay facilidades portuarias para el acceso de las personas a las embarcaciones ver Figura 7.



Figura 6. Muelle destruido por la corriente



Figura 7. Puerto LaTazas, embarque de pasajeros

SOLUCIONES

Teniendo claro los problemas de navegabilidad en la zona, se debe hacer un análisis completo para poder solucionar el problema del transporte fluvial.

A continuación se plantea el Proceso del Proyecto para el mejoramiento del Transporte Fluvial como se puede visualizar en la Figura 8.

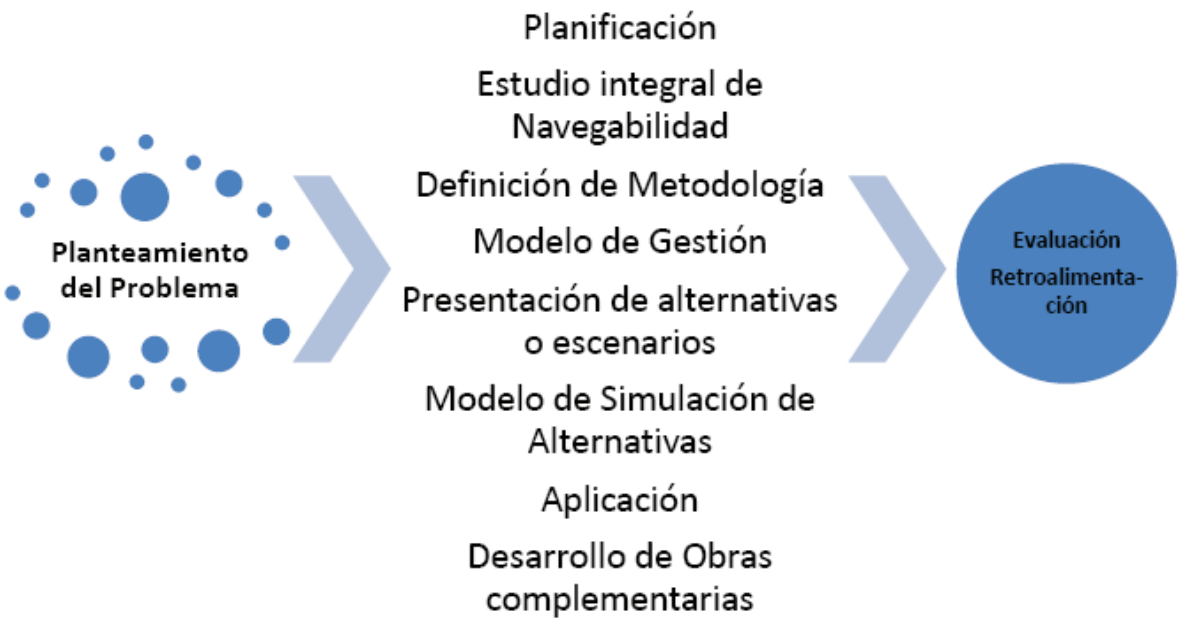


Figura 8. Proceso del Proyecto para el mejoramiento del Transporte Fluvial

Entre las etapas del Desarrollo del proyecto tenemos lo siguiente:

- Planificación: En la que se debe plantear cada una de las etapas, objetivos y resultados deseados, así como tiempos de ejecución y recursos a utilizar.
- Estudio Integral de Navegabilidad: La que debe contener la información hidráulica, digitalización de cada uno de los obstáculos encontrados con su respectiva ubicación geográfica, los tipos de embarcaciones e infraestructura existentes, una proyección de la Infraestructura nueva o requerida para el mejoramiento del sistema de transporte, la caracterización de las Poblaciones lo que nos permitirá identificar las necesidades y la áreas de desarrollo en que se pueden involucrar, y el programa de inversiones para tener una evaluación económica de los costos que implican en este estudio y en las soluciones a ejecutar.
- Definición de la Metodología: nos permitirá tener en detalle los productos y métodos de obtención y análisis de la información de los mismos.
- Modelo de Gestión: nos permitirá definir el conjunto de acciones que nos permitirá organizar el proyecto, los recursos a utilizarse y las referencias para la parte administrativa de las acciones a tomar. En la Figura 9 se muestran las diferentes etapas de las que comprenderían el Modelo de Gestión sugerido.
- Presentación de alternativas o escenarios: se deben plantear las alternativas de tipo de naves y facilidades portuarias con la interacción entre cada uno de los componentes del sistema de transporte.
- Modelo de Simulación de Alternativas: Simulación de las alternativas para evaluar el sistema óptimo.
- Aplicación: implementación del sistema óptimo escogido del sistema optimo de la simulación de alternativas.
- Desarrollo de Obras complementarias: donde se deben incluir accesos terrestres a las facilidades portuarias, facilidades para el almacenamiento de productos, accesibilidad para proyectos turísticos, etc.



Figura 9. Modelo de Gestión para el mejoramiento del Transporte Fluvial

En el presente trabajo se presentan 3 soluciones específicas para el mejoramiento del sistema de transporte fluvial, los que comprenden:

1. Mejoramiento de la navegabilidad.
2. Tipos de naves
3. Facilidades Portuarias

1. Mejoramiento de la navegabilidad:

¿Cómo mejorar la navegabilidad? Una excelente solución debe ser el desarrollo de una política de mantenimiento de los ríos. Una primera acción, antes de considerar un dragado costoso, podría ser el diseño y la construcción de algunos barcos que son capaces de recoger y extraer todos los troncos, tallos, ramas y palizadas. Esto mejorará en gran medida la navegabilidad. Además, mejorará en gran medida el flujo de agua del río y reducir el riesgo de generación de islas, bancos y playas por sedimentación. La Figura 10 muestra un posible diseño de barcos de trabajo

diseñadas para este propósito. Este barco llamado Bato es activo en la limpieza del río Ichilo en Bolivia. Podemos observar que este proyecto ha sido financiado por Bélgica. [2]



Figura 10. Barco de trabajo BATO diseñado para sacar troncos en el río Ichilo, Bolivia.

2. Tipos de Naves:

Para establecer el tipo de naves que deben operar de forma eficiente en esta zona debemos establecer las características de diseño, que fundamentalmente deben ser las siguientes:

- Material de construcción: se recomienda por las condiciones de la zona y por el mantenimiento que deben darle a las naves que el material sea fibra de vidrio o aluminio.
- Respeto al medio ambiente: el diseño y construcción debe ser adecuado para la zona que en su gran parte es área protegida o tiene una interacción directa con el medio ambiente.
- Combustible: se recomienda la combinación de combustible fósil y energía solar.
- Dimensiones: como restricción principal está el calado de la nave, restricción principal para el dimensionamiento de la misma.

- Tipo de naves: según lo analizado en la zona los tipos de naves principales que deben diseñarse adecuadamente para la zona son las de carga y pasaje

De todas estas características de diseño la restricción para definir las dimensiones de la nave es establecer el calado máximo de las naves que navegaran en la zona. Para establecer esta restricción nos basamos en el recorrido realizado en los ríos Bobonaza y Pastaza realizado en el año 2012, este recorrido sirvió para que el MIT que se encuentra trabajando en conjunto con la Fundación Pachamama establezca la alternativa de nave adecuada para una buena navegación donde la restricción de máximo calado es 0.35 metros, con estos resultados se tiene una nave con los siguientes datos:

Material	Aluminio	
Velocidad	5,00	m/seg
Calado	0,35	m
Eslora	11,50	m
Manga	1,52	m
Pasajeros con 45 kg de carga por cada uno	8,00	unidad

Figura 11. Caracteristicas de naves prototipo

3. Facilidades Portuarias

Para las facilidades portuarias de la zona lo más adecuado es la implementación de muelles flotantes, los cuales puedes ser construidos de la forma tradicional o con un nuevo tipo de muelles modulares flotantes los que nos permiten ser montados y desmontados cuando las corrientes por su intensidad pueden afectar la construcción de las facilidades.

Este tipo de muelles los podemos ver a continuación:



Figura 12. Muelles modulares flotantes

CONCLUSIONES

- El Estado Ecuatoriano debe involucrarse en el mejoramiento del transporte Fluvial en la zona amazónica.
- Generación de alternativas para mejorar el Transporte Fluvial generará el intercambio comercial.
- Estudio de navegabilidad establecerá puntos específicos de mejora del sistema de transporte fluvial.
- Las alternativas menos costosas, con menos impacto ambiental es la definición del tipo de embarcaciones para limpieza de bahías y palizadas en la zona, muelles flotantes modulares, y creación de un modelo de gestión para así crear empresas comunitarias.

BIBLIOGRAFÍA

1. VII censo de población y VI de vivienda, realizado en el año 2010, http://www.inec.gob.ec/estadisticas/
2. Solar Boat Undergraduate Research Opportunity, Final Report, James Slonaker and Mateo Pena Doll
3. Problemas de Navegabilidad en el Río Bobonaza y las alternativas para mejorar el Transporte Fluvial en la zona, CIMYN12, Maricruz Fun-sang

Impacto de Políticas de Gestão de Canal de Navegação

Daniel de Oliveira Mota – danielmota@usp.br
Newton Narciso Pereira – newtonnaval@gmail.com
Rui Carlos Botter – email: rcbotter@usp.br

Centro de Inovação em Logistica e Infraestrutura Portuária
Escola politécnica da Universidade de São Paulo – USP, Brasil
Endereço: Av. Prof. mello Moraes, 2231, sala A-15, São Paulo, SP, Brasil, CEP 05508-900. Phone: +55-11-3091.1724. FAX: +55-11-3091.5717

RESUMO

Este artigo se propõe a estudar novas políticas operacionais para o acesso de navios ao porto de Santos. Não se pretende com isso alternar o que já é praticado, mas discutir por meio de uma abordagem quantitativa o impacto das possíveis políticas para a gestão do tráfego do canal de acesso ao porto de Santos. Foi desenvolvido um modelo de simulação de eventos discretos para representar o canal, incluindo a maioria das restrições encontradas no sistema, como: (1) respeitar a distância entre os navios, (2) regras de cruzamento previstas na PIANC (3) diferentes tipos de navios (incluindo o tipo de carga, velocidade), (5) características dos terminais (número de berços de atracação, tempo de operação), e (6) a possibilidade de ter uma única mão, ou um via de duas mãos. Uma vez que o modelo é genérico, este é capaz de representar a maioria dos portos ao considerar a alteração dos parâmetros principais (velocidade, largura e comprimento). A validação do modelo foi alcançada com base nas atracações de navios em 2011. O modelo demonstrou robustez para estimar os impactos de possíveis alterações nas políticas de acesso ao Porto de Santos.

1) INTRODUÇÃO

O Porto de Santos, maior porto brasileiro (Mota, 2013), deve sua importância econômica não só à sua proximidade ao maior mercado consumidor e produtor, mas também pela forma geométrica do Brasil que dá ao porto acesso privilegiado às regiões centrais do país. O crescimento da economia brasileira e o consequente aumento dos volumes exportados pelo país expôs a realidade nacional de poucas alternativas logísticas (CODESP).

Principalmente nos períodos de pico de exportação de grãos, a mídia tem reportado um elevado número de navios em filas aguardando para atracar no porto. O impacto visual e muitas vezes as repercussões na mídia levam a entender que o principal gargalo é o canal de acesso ao porto de Santos.

Por outro lado, existem restrições naturais ao longo do canal do porto de Santos que impedem que os navios possam realizar manobras, por exemplo, de cruzamento ao longo de longo todo trecho.

Isso induz uma impressão que de sempre a restrição principal é o canal de acesso. Contudo, recentemente, melhorias foram implementadas para garantir as condições de navegabilidade do canal. Foram realizadas obras de aprofundamento e alargamento do canal, além da eliminação de três interferências: as pedras de Teffé e Itapema, bem como os restos do navio Ais Giorgis.

Porém, mesmo após essas intervenções, em muitas oportunidades os autores presenciaram discussões acaloradas em termos da capacidade funcional do canal de Santos, bem como a flexibilização de novas alternativas de operação que permitissem ganhos para os terminais ali instalados.

Partindo deste principio, nós avaliamos os impactos de novas políticas operacionais para o canal de Santos por meio de um modelo de simulação de eventos discretos. Cabe salientar, que nossa intenção é apenas testar essas políticas e trazer uma

contribuição para o estado da arte em relação a essa discussão sobre o canal de acesso ao porto de Santos. Não se pretende que esse estudo seja interpretado como um indutor de alterações das políticas praticadas atualmente. Isso porque existem aspectos de segurança operacional e decisões táticas, entre outros, que não foram contemplados com rigor neste estudo. Porém, pode ser utilizado como um balizador para essa discussão.

2) DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

Um grande problema apresentado pelo canal do porto de Santos é a impossibilidade das embarcações realizarem cruzamento durante todo os trecho de navio da barra até o canal de Piaçaguera, mesmo após as recentes intervenções de obras civis. Isso porque, o PIANC (Permanent International Association of Navigation Congresses) determina parâmetros segurança que devem ser atendidos para que os navios possam fazer essas manobras durante a navegação pelo canal. Neste contexto, o problema em estudo baseia-se na análise do impacto em se considera um canal restritivo (aplicando a regra de PIANC), ou não restritivo (relaxando a regra de PIANC).

Para se analisar este problema, foi construído um modelo de simulação para o Canal de Santos, utilizando uma abordagem sistêmica ao dividir o problema em quatro subproblemas: Partições, Terminais, Navios, e Cenários.

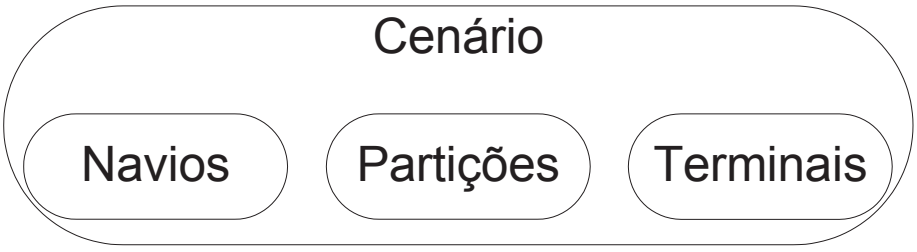


Figura 1 – Esquema da abordagem do sistema

O subsistema chamado partições agrupa todas as características do trecho físico do canal. Uma partição é definida como uma subdivisão do canal, com comprimento e

largura configurável nas quais diversas propriedades podem ser parametrizadas e gerarão impacto no transito do navio dentro do canal.

Neste subsistema estão as seguintes configurações: (1) Largura da partição: A largura indica a distância entre as margens do canal. Esta distância será analisada na entrada de cada navio, caso a regra de PIANC esteja ativada; (2) Velocidade do canal: A velocidade (em nós) impressa ao navio enquanto cruza o canal; (3) O tamanho da partição define, no sentido longitudinal, qual o tamanho (em metros) de cada subdivisão da partição; Finalmente, (4) Tempo de manobra: este parâmetro, em minutos, define o tempo despendido pelo navio quando, ao atracar, o mesmo necessita permanecer no canal realizando algum tipo de manobra (giro). O canal pode ser esquematicamente representado pelo diagrama da Figura 2.

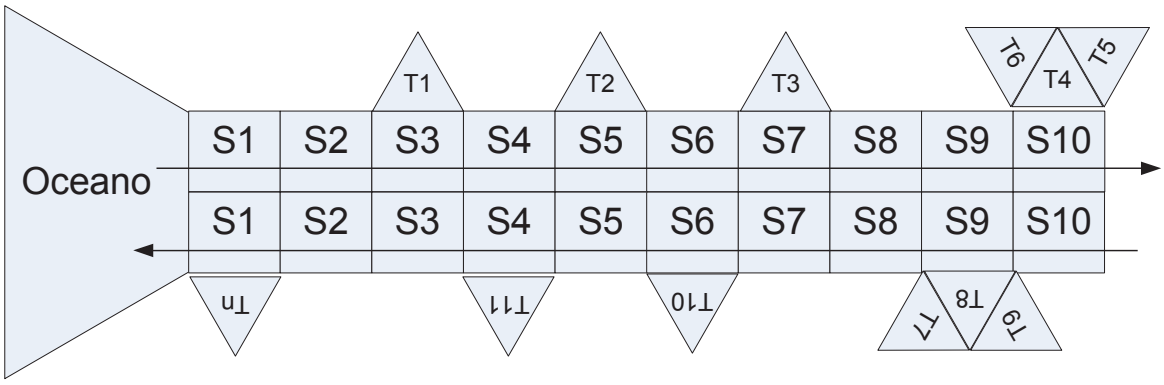


Figura 2 – Configuração dos terminais.

O subsistema de terminais consolida toda a caracterização da etapa do processo que gera a demanda de navios no sistema. O parâmetro fundamental deste subsistema é a demanda (em toneladas/ano) do terminal. Esta demanda irá gerar certo número de embarcações suficientemente grande para escoar todas estas cargas através dos navios.

É importante ressaltar que a demanda pode ser tanto de importação quanto de exportação, embora para o modelo em estudo a demanda não será especificada quanto ao sentido do fluxo. Para atendimento desta demanda, os terminais contam com pontos de atracação que irão acomodar os navios. Estes pontos podem ser caracterizados por berços ou cais. No caso de berços, o número de navios

acomodados simultaneamente é igual ao número de berços. Já no caso de cais, o tamanho do navio é levado em consideração para definição do número de navios que poderão atracar. Neste caso, é levada em consideração a distância mínima entre os navios para amarração e segurança.

O tempo de operação de um navio no terminal é configurado na seção “Distribuição de tempos”, onde, baseado em uma distribuição de probabilidade (no caso, uma triangular), a variável aleatória que representa o tempo em que o navio permanece no terminal é parametrizada. A conexão deste subsistema com o subsistema anterior (partições) é realizada através do parâmetro “Localização do Terminal (Partição)”. Neste campo, o terminal é acomodado em uma das partições configuradas anteriormente. Assim, um navio irá se mover no canal até atingir o ponto médio desta partição, começando o processo de giro (caso seja sorteado para isso) e o processo de atracação.

O subsistema navios associa às entidades do sistema suas configurações básicas: (1) Calados; (2) Comprimentos; (3) Cargas; (4) Larguras (boca). Em cada momento do tráfego, algumas destas características serão requisitadas para a tomada de decisão do modelo. Ex. Comprimento gera maior ou menor restrição na entrada de uma nova embarcação no canal. Largura restringe o tráfego de mão dupla ou singela, caso o canal esteja operando sobre a regra de PIANC. O calado poderá ser usado para avaliar a disponibilidade do canal quanto à maré, permitindo ou não a entrada das embarcações.

Por último, no subsistema de cenários existem as configurações específicas que habilitam ou inibem algum comportamento específico. Os comportamentos são os seguintes: (1) Distância entre os navios atracados, permitindo uma maior ou menor proximidade entre os navios, caso o terminal opere na condição de cais; (2) Espaçamento entre os navios regulares. Este parâmetro configura a distância mínima entre os navios permitida para trafego no mesmo sentido.

Esta distância foi alvo de estudo, uma vez que equipamentos modernos de controle e navegabilidade dos navios podem permitir um menor distanciamento entre os

mesmos sem risco para segurança. No que se refere ao calado (4), este campo aponta qual é o tamanho máximo permitido pelo canal antes de ser considerado restritivo, ou seja, antes que um tempo extra seja demandado para manobra por se tratar de uma que requer maior perícia por parte dos práticos. O percentual de manobra sem restrição e sem giro (5) representa uma chance de a embarcação demandar o tempo extra para atracação e desatracação. Mesmo que o calado não sinalize esta demanda, algumas embarcações requerem este tempo extra. (6) Número de berços sinaliza para o sistema quantos berços estão sendo empregados no canal, representando a capacidade líquida do terminal em termos de número de navios. (7) Duração da simulação, é configurada para 10 anos por padrão, mas pode ser alterada para tempos maiores ou menores caso seja necessário o estudo de um cenário particular. (8) Ativação da regra de PIANC: este parâmetro controla o processo de ingresso no canal.

Caso a regra de PIANC esteja ativada, o modelo irá comparar a boca do navio que solicita ingresso no canal com a maior das bocas já em trânsito pelo canal. Caso estas duas bocas estejam em sentidos opostos, estas, ponderadas pelos coeficientes da regra de PIANC, serão comparadas com a largura do canal. Se esta largura comportar os navios com segurança, a embarcação poderá ingressar no canal, caso contrário, a embarcação irá aguardar até que a boca geradora do impedimento libere o canal (tanto no sentido de importação quanto no sentido de exportação) para assim poder ingressar no mesmo.

Outro cenário explorado foi a possibilidade de se gerar pequenos comboios de embarcação, (9) o conceito de grupos é específico da frota em estudo, e caso esta opção esteja ativada, navios desta frota poderão entrar no canal formando grupos. Estes grupos são gerados por oportunidade, sendo que o parâmetro representa o número máximo de navios que um grupo pode conter. Os campos (12 e 13) referem-se aos cenários de interrupção à operação. Quando algum tipo de bloqueio é realizado no canal (bloqueios estes previstos para construções civis sobre o canal, ou algum reparo rotineiro) este bloqueio tem uma duração “Diminuição do tempo de operação” e tem um impacto na operação do canal “Percentual de bloqueio do canal”.

Este percentual pode variar de 0% a 100%, onde 0% representa nenhum impacto no trafego do canal, e 100% representa bloqueio completo do canal, tendo as embarcações que permanecer no aguardo até a liberação do bloqueio para retornar o trafego. Um bloqueio de 50% representa a interrupção de uma das vias do canal, permitindo que somente uma das vias esteja liberada para trafego. (14) Controla a programação do canal. Esta programação pode ser gerada pelo simulador, se o parâmetro for 0 (zero) ou se pode utilizar uma programação específica caso o parâmetro for 1 (um). O campo (15) controla a operação em comboio, onde o canal possui uma orientação única durante a operação.

Este *modus operandi* tende a melhorar a utilização do canal, pois reduz o desperdício de tempo com filas aguardando a liberação do canal em um sentido específico. Finalmente o parâmetro de livre acesso (16) libera os navios da frota específica das verificações para entrada no canal. Esta política atribui à operadora desta frota a responsabilidade de gestão dos seus navios durante a movimentação (processo de praticagem).

3) METODOLOGIA

O modelo de simulação de eventos discretos desenvolvido é do tipo entrada e saída, onde são incorporados dados de entrada para a obtenção de respostas “outputs” específicas (Pereira e Brinati, 2012). Um projeto de simulação consiste em três etapas principais: a concepção do modelo, onde são definidos claramente os objetivos do estudo e é elaborado o modelo conceitual, a implementação, que é a elaboração do modelo computacional e sua validação, e a análise, a obtenção de resultados e análises de sensibilidade, ilustrados pela imagem a seguir (Medina e Shwif, 2008).

A Lógica de geração dos navios consideram os seguintes elementos: (a) Comprimento; (b) Boca; (c) Calado; (d) Tempo médio de operação no terminal; (e) Demanda característica da carga movimentada no terminal; (f) Capacidade líquida de carga; (g) Terminal de destino. Foi admitido no modelo de simulação que sempre

existe carga no porto para o carregamento do navio. Conceitualmente, um navio só atraca quando existe carga no pátio para o embarque e espaço no pátio para desembarque. Não foram modeladas as operações de pátio e recepção das cargas. Para cada variável foi atribuída uma distribuição probabilística que representa os processos aleatórios do sistema. A chegada de navios é regida por uma distribuição exponencial expo (β), uma distribuição exponencial que significa parâmetro β.



Figura 3 – Metodologia de criação do modelo de simulação.

Foi aplicada a distribuição triangular para as taxas de carregamento, descarregamento e tempos de operações. A distribuição triangular é a distribuição de probabilidade contínua que possui um valor mínimo a, um valor máximo b e uma moda c, especificados como números reais a < m < b (Shyshou, Gribkovskaia, & Barceló, 2010) e (Imai, Nishimura, Hattori, & Papadimitriou, 2007, Pereira e Brinati, 2012). O modelo de simulação considera as seguintes variáveis: a demanda de transporte no porto em toneladas; as classes de navios; condição de cruzamento de navios pelo canal de acesso; tempo de atracação que consiste da manobra e amarração do navio; o tempo de pré-operação computado em horas relativo à documentação, abertura dos porões e pós-operação que consiste no fechamento

dos porões e trim, além da desatracação; a taxa de carregamento do navio em toneladas por horas, onde, neste caso, admite-se uma taxa média de carregamento. Todas as simulações foram realizadas considerando 10 replicações de 10 anos de duração. As replicações garantem aderência dos resultados dentro de um determinado intervalo de confiança (H.-chang Chen & C.-hung Chen, 1997).

4) EXPERIMENTOS

Para se realizar o estudo, foram analisados os seguintes dados:

a. Dados analisados

Nós coletamos os dados relativos às chegadas, espera e tempo de operação dos navios junto à CODESP. Outros dados utilizados na validação do modelo foram coletados junto ao website da companhia, por meio dos anuais estatísticos. Os dados em relação às demandas movimentadas no porto foram baseados nos anos de 2007 a 2011. A consolidação dos dados é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 - Cargas movimentadas (em toneladas) no período de 2007 a 2011

Tipo	2007	2008	2009	2010	2011	General total
Container Carrier	29,225,239	30,614,077	26,038,054	32,008,748	35,712,087	153,598,205
Bulk Freighter	30,815,497	31,716,541	37,873,835	42,944,654	44,653,529	188,004,056
Oil Tanker	11,339,788	11,852,717	12,202,222	11,985,155	13,231,285	60,611,166
Standard Cargo	6,717,716	6,731,691	7,240,324	7,488,507	6,718,056	34,896,294
Roll-On/Roll-Off	1,488,890	1,673,359	927,921	1,321,653	1,386,091	6,797,914
Liquefied Gas	675,335	581,325	755,204	554,818	534,628	3,101,309
Chemical		36,802	51,997	13,18	275,902	377,88
General total	80,262,464	83,206,510	85,089,558	96,316,714	102,511,578	447,386,825

Os navios que atracaram no porto de Santos durante esse período são mostrados na Tabela 2.

Tabela 2 – Perfil da frota no período de 2007 a 2011

Line label	2007	2008	2009	2010	2011	General total	%
Container Carrier	2,706	2,691	2,635	2,577	2,661	13,270	45%
Bulk Freighters	973	1,010	1119	1,219	1,169	5,490	19%
Oil Tanker	755	816	813	798	807	3,989	14%
Standart Cargo	588	618	638	602	548	2,994	10%
Roll-On/ Roll-Off	397	403	313	348	384	1,845	6%
Passenger	199	225	302	335	301	1,362	5%
Liquefied Gas	73	49	54	39	38	253	1%
War	37	45	22	27	22	153	1%
Others	3	10	5	11	15	44	0%
Dredger		1	1	5	9	16	0%
Chemicals					9	9	0%
Oceanographic	3	4	1			8	0%
Freezer	1	2	1			4	0%
Lash				2		2	0%
General total	5735	5,874	5,904	5,963	5,963	29,439	

5) PREMISSAS DA SIMULAÇÃO

As premissas consideram os inputs para as operações de navegação no canal, atracação, operação e desatracação. As premissas principais para a simulação estão apresentadas na Figura 4.

ID	Parâmetros	Valores
1	Distância entre navios atracados (m)	20
2	Espaçamento entre navios navegando no canal (m)	2000
3	Calado limite para navio ser considerado restritivo (m)	11
4	% de navios com problemas de manobra	10%
5	% de manobras sem restrição e sem giro	75%
6	Número de Berços	62
7	Tempo de simulação (dias)	3650
8	Escreve log (0-não 1-sim)	1
9	Incorpora Tempo de navegação (0- não; 1-sim)	0
10	Coeficiente de aumento de demanda	0%
11		0%
12	Diminuição no tempo de operação	0%
13	Percentual de bloqueio do canal	0%
14	Leitura de programação (0-não (Arena Gera dados) ; 1-sim (Leitura de TXT))	0

Figura 4 - Premissas gerais para a simulação

As premissas gerais correspondem aos dados que serão utilizados em todos os cenários simulados. Eventualmente, podem ser realizadas análises de sensibilidade com esses parâmetros para comparar os resultados com o cenário de validação.

A Figura 5 apresenta a divisão das partições do canal do porto de Santos. São considerados os seguintes elementos: Largura da participação em metros que representa a: Largura do canal em determinado setor; Partição Comprimento (metros): Comprimento do canal em determinado setor; Partição Velocidade (nós): Velocidade dos navios em determinado setor; Tempo de navegação e manobra: Para cada tipo de navio, o tempo de navegação e manobra para atracação em cada setor. As manobras no porto de Santos são influenciadas em função da posição do píer ou berço. Deste modo, existem três condições básicas para a manobra: sem giro (30 minutos) - com giro (60 minutos) - restrita (90 minutos).

		Setor 0	Setor 1	Setor 2	Setor 3	Setor 4	Setor 5	Setor 6	Setor 7	Setor 8	Setor 9	Setor 10
Partição Largura (Metros)		300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
Partição Comprimento (Metros)		2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
Partição Velocidade (nós)		8	8	6	8	8	8	8	7	6	7	6
		8	8	6	8	8	8	8	7	6	7	6
Tempo de navegação e manobra	Sem restrição e sem giro	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
	Sem restrição e com giro	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
	Com restrição	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90

Figura 5 – Configuração do canal

A figura 6 exemplifica a distribuição de cargas para cada um dos terminais, bem como sua correspondência com a posição em que ele se localiza ao longo canal. Por meio deste parâmetro, o modelo pode direcionar o navio para a partição que o terminal está localizado.

Terminais	Local	Se tipo = 0 no. de píeres Se tipo=1 Comprimento (m)	Ton/ano Ctn/ano	Partição onde o terminal está
1	ALAMOA I	2	2.923.157	10
2	ALAMOA II	2	3.265.180	10
3	ALAMOA III	1	1.323.163	9
4	ALAMOA IV	1	924.524	9
5	ARMAZEM 11	1	33.918	9
6	ARMAZEM 12	1	162.023	5
7	ARMAZEM 12A	2	1.896.462	5
8	ARMAZEM 15	1	1.059.164	5
9	ARMAZEM 16/17	2	2.081.866	5

Figura 6 - Demandas movimentadas por terminal

6) RESULTADOS OBTIDOS

a. Verificação e Validação do modelo

Para proceder com a simulação, foi necessário, antes, verificar a validade do modelo desenvolvido. No processo de validação, avaliamos se o modelo estava operando de acordo com o sistema real. Assim, o primeiro teste do modelo foi utilizando os dados de um período conhecido e se comparou a saída gerada pelo modelo com os valores registrados de movimentação do porto. Caso esses valores sejam próximos, o modelo pode ser considerado validado.

A construção do cenário de validação foi baseada nos dados fornecidos pela CODESP, conforme a lista abaixo (Ano 2011): (1) 59 terminais/berços – 49 públicos e 10 privados; (2) Demandas – Dados da CODESP; (3) Cruzamento no canal: Respeitando a regra de PIANC; (4) Comprimento do canal: 2 km por partição; (5) 25% da frota realizada, em frente ao terminal de destino, o giro de manobra, levando

em média trinta minutos; (6) Largura do canal: 220 metros. Os resultados do cenário de validação estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Validação do modelo para as condições de operação atual

KPI	Dados	Modelo	Unidade	Desvio
Número de navios:	6.327	6.294	#/ano	-0,5%
Calado médio:	11,4	11,5	(m)	0,9%
Comprimento médio:	212,4	213,1	(m)	0,3%
Largura média:	30,7	30,6	(m)	-0,3%
Tempo médio de permanência no canal	42	41	(hora)	-1,8%
Estadia	70,7	70,6	(hora)	-0,1%
Total de Carga Transportada:	94.817.444	94.772.202	(ton/ano)	0,0%
Tempo de Operação	37,5	37,4	(hora)	-0,2%
Tempo médio percurso canal	1,36	1,36	(hora)	-0,2%

Os resultados gerados pelo modelo mostram grande aderência aos dados apresentados pela CODESP. Portanto, o modelo está adequadamente calibrado e pronto para ser utilizado. Deste modo, aceitamos o modelo como válido para conduzir as simulações do canal de acesso ao porto de Santos.

A análise dos tempos do navio foi baseada na construção de linhas de tempo proposta por (MOTA, 2013), representada pelo diagrama abaixo (Figura 8).

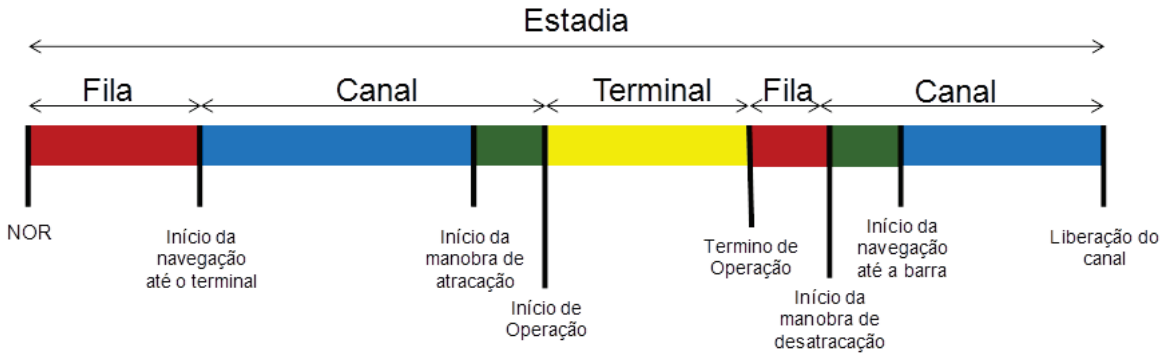


Figura 8: Linha de tempo do navio

Assim, a comparação dos cenários se dará através da diferença entre os marcos de tempo indicados acima.

- Espera por terminal + Espera por canal: fila após a chegada do navio
- Percurso Ida: Navegação para entrada do navio + pré-operação
- Operação: período operando
- Espera por canal saída: fila após a operação, aguardando oportunidade para saída do canal
- Percurso volta: período em que a embarcação está navegando no sentido da saída do canal.

Portanto, os tempos acima serão comparados entre os cenários para avaliação das políticas de cruzamento.

a. Cenário restritivo:

A principal premissa deste cenário é que o cruzamento é permitido ao longo de todo o canal, contanto que as regras de PIANC sejam respeitadas.

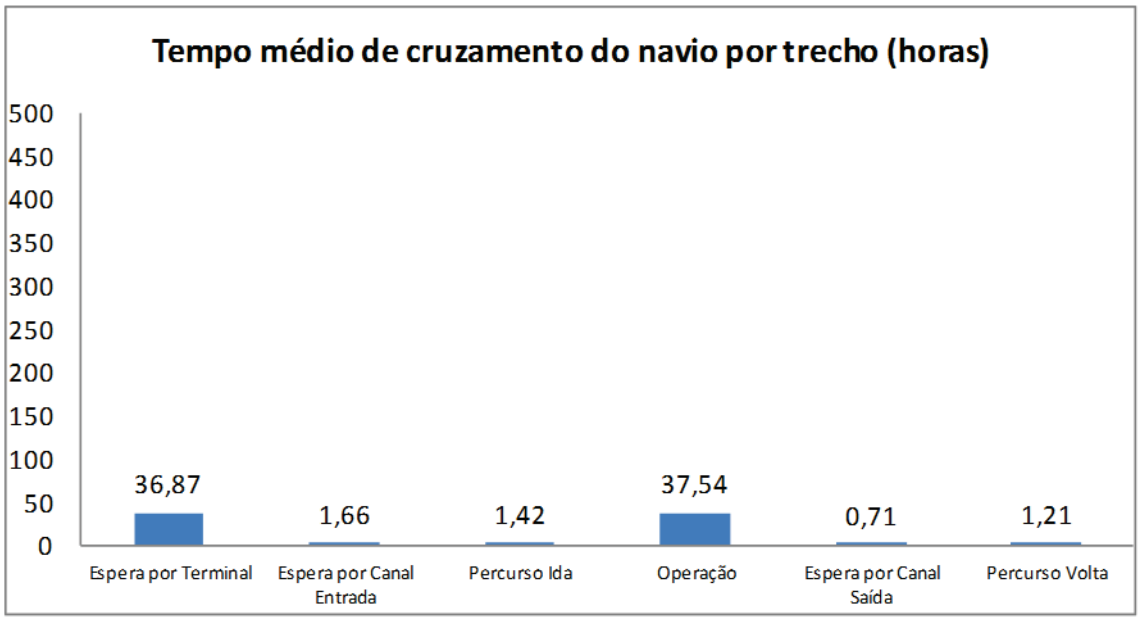
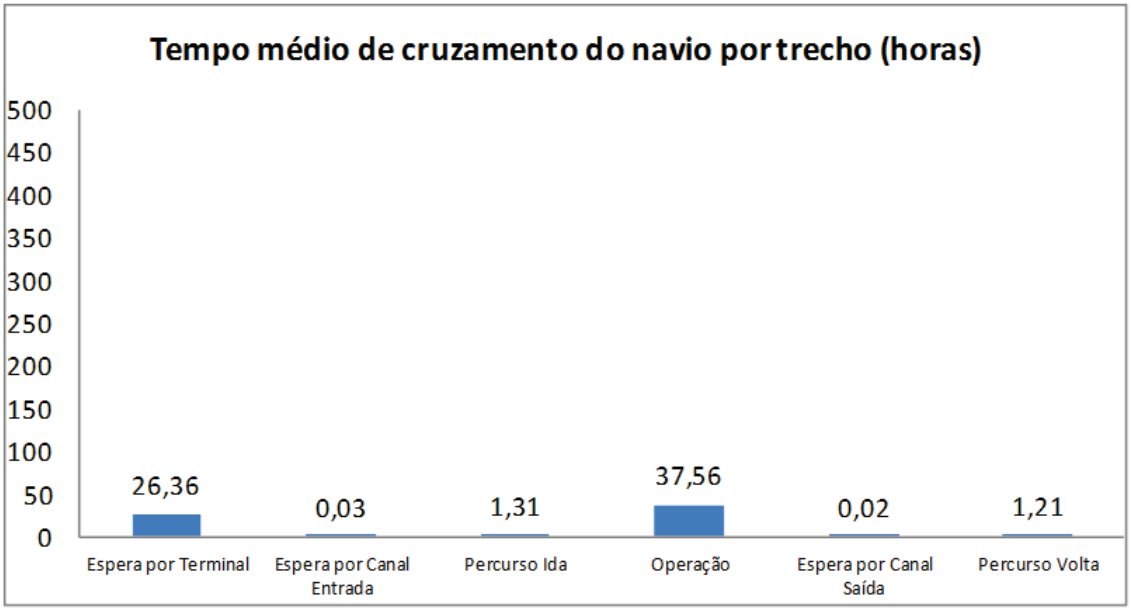


Figura 11 – Tempo médio de cruzamento do navio (h) por trecho – (Cenário atual)

Neste cenário, observa-se aproximadamente 37 horas de espera, somado a 1,66 horas de espera por canal.

b. Cenário não restritivo:

A principal premissa deste cenário é a liberação de cruzamento durante toda a extensão do canal. Ou seja, o canal se comporta como mão dupla e tem espaço suficiente para acomodar dois navios trafegando em sentidos opostos em qualquer trecho.



Neste cenário percebe-se que a espera por terminal é de aproximadamente 26 horas, e a espera por canal é desprezível.

c. Cenário comboio

A principal premissa deste cenário é que o cruzamento NÃO é permitido ao longo de todo o canal, porém o canal opera em comboio, estando somente destinado à entrada dos navios ou somente destinado à saída. Foram considerados nesta simulação os mesmos parâmetros de entrada para o cenário base.

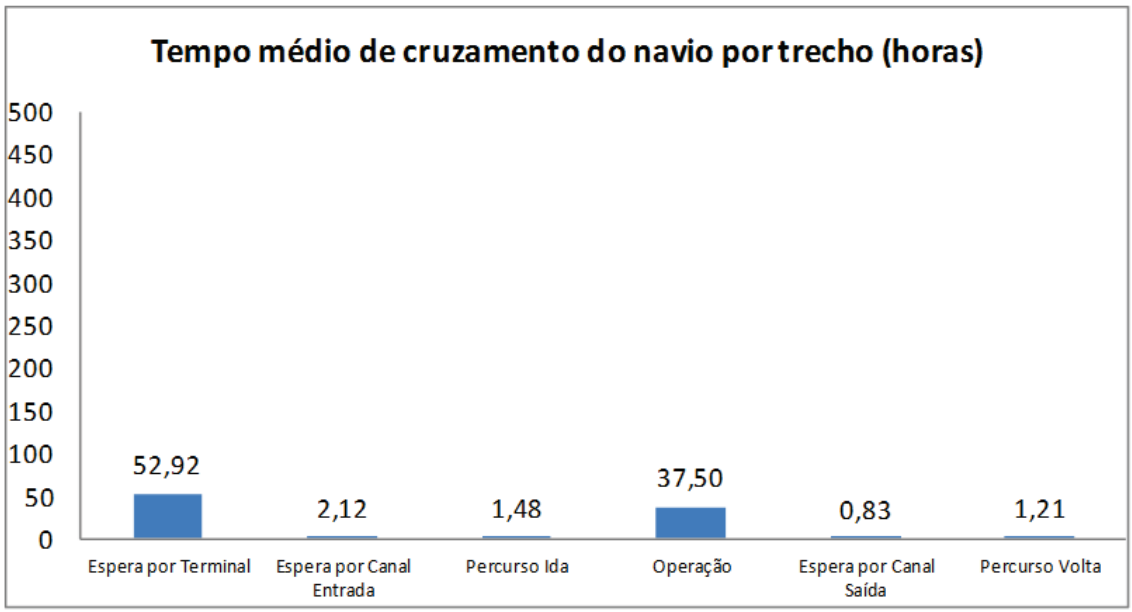


Figura 8 – Tempo médio de cruzamento do navio (h) por trecho (comboio).

Neste cenário o tempo de espera por terminal de aproximadamente 53 horas somadas a 2,1 horas de espera por canal.

Resumidamente, tem-se os seguintes resultados (Tabela 4):

Tabela 4 – Comparação entre os cenários

KPI	PIANC	Comboio	Livre	
Número de navios atracados:	6.294	6.308	6.339	#/ano
Calado médio:	11,5	11,5	11,5	(m)
Comprimento médio:	213,0	212,8	213,5	(m)
Largura média:	30,7	30,6	30,7	(m)
Tempo médio de permanência no canal:	41	41	40	(hora)
Estadia:	79,4	96,1	66,5	(hora)
Total de Carca Transportada:	94.708.083	94.883.419	95.231.532	(ton/ano)
Utilização do Canal Entrada	73%	83%	3%	%
Utilização do Canal Saída	42%	46%	1%	%
Número de navios Planejados	55.188.000	55.299.252	55.569.936	#/ano
Tempo médio percurso canal	1,31	1,34	1,26	(hora)

Percebe-se que os resultados do sistema livre apresenta a menor utilização (3%) do canal, influenciando inclusive no tempo médio de percurso do canal. Em contrapartida, percebe-se que a política de comboio apresenta o pior resultado (83%) tanto em termos de utilização, tempos de estadia e esperas. Assim a política de "farol" deveria ser avaliada com cautela. No caso de um canal saturado (como o de Santos), esta política pode ser indutora de filas e ineficiências.

7) CONCLUSÕES

Neste estudo, uma grande área de pesquisa operacional (probabilística) foi usada como base para estudar um sistema complexo como um canal portuário. Assim, um modelo de simulação foi usado para testar o impacto de políticas de cruzamento, replicando limitações da vida real. A simulação oferece uma investigação de cenários mais precisos para verificar o quão viável e benéfica é a melhoria de uma operação portuária.

Uma vez que a maioria das mercadorias que flui para um país utiliza uma estrutura portuária, é desejável utilizar este recurso da melhor forma possível. No entanto, o processo de navegação é submetido a diversas restrições do canal, tais como regras de passagem, a profundidade do canal, e disponibilidade de vaga. Este estudo mostrou como a utilização de técnicas quantitativas pode ser útil para aumentar a produtividade, tornando este porto mais eficiente, sustentável e dinâmico. A aplicação de técnicas expostas neste trabalho, que utilizou o canal de santos Santos no Brasil como um estudo de caso, pode ser estendida para qualquer porto sujeito a restrições de acesso, podendo ajudar alguns terminais a operar mais navios, utilizando os mesmos recursos.

A revisão de políticas de acesso ao terminal precisa ser discutida com base em dados e análises estatísticas para se tomar a melhor decisão. Logicamente, um modelo quantitativo não tem o poder de capturar todas as eventualidades do dia a dia de uma operação. Problemas que estão relacionados à greve de agentes de fiscalização, como a vigilância sanitária, que impedem a operação dos navios no porto elevando o tempo em fila e de estadia, são bons exemplos. Esses eventos

ocorreram nos anos de 2011 e 2012. Porém, o assunto precisa ser analisado sob a ótica política, técnica e também econômica. Os interessados devem mostrar qual é o impacto que seu terminal trará a operação do canal, bem como aos operadores já instalados no canal. Finalmente, é importante considerar que para atender demandas maiores deverão ser testadas novas políticas operacionais dos navios no porto. Por exemplo, a redução do espaçamento entre os navios, bem como uma melhor programação de entrada e saída. Uma sugestão poderia ser operar em comboios para entrada e saída dos navios.

REFERÊNCIAS

Alfredini, Paolo, and E. Arasaki. "Obras e gestão de portos e costas."*A técnica aliada ao* (2009).

Kelton, W. David, Randall P. Sadowski, and Deborah A. Sadowski. *Simulation with ARENA*. Vol. 3. New York: McGraw-Hill, 2002.

Pereira, Newton Narciso, and Hernani Luiz Brinati. "Onshore ballast water treatment: A viable option for major ports." *Marine Pollution Bulletin* (2012).

Chwif, Leonardo, and Afonso Celso Medina. *Modelagem e simulação de eventos discretos*. Afonso C. Medina, 2006.

Shyshou, Aliaksandr, Irina Gribkovskaia, and Jaume Barceló. "A simulation study of the fleet sizing problem arising in offshore anchor handling operations."*European Journal of Operational Research* 203.1 (2010): 230-240.

Chen, Hsiao-Chang, et al. "New development of optimal computing budget allocation for discrete event simulation." *Proceedings of the 29th conference on Winter simulation*. IEEE Computer Society, 1997.

Mota, Daniel de Oliveira, et al. " PHYSICAL OBJECTS ON NAVIGATION CHANNAL SIMULATION MODELS." Simulation Conference (WSC), Proceedings of the 2013 Winter. (aprovado para publicação)

CODESP. Disponível em: <http://www.portodesantos.com.br/ >. Santos, São Paulo, Brasil. Acessado em: 07 de Agosto de 2013.

Modelo de simulação para dimensionamento da frota de contêineres movimentada por navios em rota dedicada

João Ferreira Netto
Universidade de São Paulo
Av. Prof Melo Moraes, 2231 – Cidade Universitária – São Paulo – SP – Brasil 55 11 99613-9966. joao.nettof@gmail.com

Rui Carlos Botter
Universidade de São Paulo
Av. Prof Melo Moraes, 2231 – Cidade Universitária – São Paulo – SP – Brasil 55 11 98402-6003. rcbotter@usp.br

RESUMO: As empresas de navegação que operam com transporte de contêineres têm como desafio alocar a quantidade de navios, com características específicas (entre elas capacidade de transporte e velocidade), em uma rota dedicada, atendendo à demanda em um determinado período. Para tanto, é também necessário que sejam disponibilizados aos clientes uma frota de contêineres, que serão retirados nos depósitos de vazios, carregados nas origens e enviados aos portos de embarque para serem transportados pela frota, em ciclo fechado, aos outros terminais que compõem a rota, de acordo com a matriz de cargas de cada navio.

Esse trabalho apresenta um modelo de simulação para o dimensionamento da quantidade de contêineres necessária para operar junto a uma frota de navios que atende determinada rota (em ciclo fechado) ao mesmo tempo em que se consideram as operações de carregamento e esvaziamento dos contêineres junto aos clientes, em terra.

Neste trabalho devem ser considerados o tempo de retenção de contêineres nos clientes (seja para carregamento ou descarregamento dos mesmos), os estoques iniciais de contêineres nos portos e o reposicionamento de contêineres vazios entre os terminais que compõem a rota. A lógica de reposicionamento construída leva em

consideração a matriz de carga de demanda em todos os portos que compõem a rota e, a partir desta, determina os portos ofertantes e demandantes por contêineres vazios.

O modelo de simulação utiliza um processo de busca por melhores soluções para apresentar resultados que minimizem a frota de contêineres à disposição da empresa e reduza os custos para a mesma. Reduzir o tamanho da frota de contêineres é uma das alternativas que ajudam a empresa de navegação a diminuir seus custos.

INTRODUÇÃO

Uma companhia de navegação que opera no mercado regular (liner) de transporte de contêineres trabalha com rotas definidas e uma frota de navios dedicada a essas rotas durante um período de planejamento, em geral de seis meses. Para o atendimento de uma demanda em um determinado horizonte de tempo, além de ser necessária uma frota compatível de navios, é também necessária uma frota de contêineres que estarão, carregados ou não, a bordo dos navios, em posse de clientes, em trânsito em terra e ou armazenados nos portos.

Como as matrizes de carga dos navios geralmente apresentam desequilíbrio entre contêineres entregues e contêineres recebidos pelos navios (também conhecido como “imbalance”), muitos dos portos acabam acumulando contêineres vazios, ao passo que outros sofrem com a falta destes. Para mitigar os efeitos do “imbalance”, as companhias de navegação buscam realizar o reposicionamento dos vazios, levando os recipientes dos portos ofertantes para os terminais demandantes. Um reposicionamento eficiente de vazios entre os portos possibilita à companhia que se disponha de frotas menores de contêineres, além de evitar custos com leasing e perda de transporte.

Sendo assim, objetiva-se dimensionar, por meio de um modelo de simulação com um método de busca da melhor solução, uma frota de contêineres no sistema de forma que os clientes tenham contêineres para serem carregados em terra e enviados aos portos para serem embarcados nos navios cumprindo a matriz de

carga planejada pela empresa de navegação, considerando também o reposicionamento de vazios entre os portos que compõem as rotas adotadas.

O TRANSPORTE DE CONTÊINERES

O transporte de contêineres é amplamente utilizado para o transporte de mercadorias entre os países. Segundo a UNCTAD (2010), no ano de 2010 a frota mundial de porta-contêineres era capaz de movimentar 169 milhões de toneladas de cargas. Um fator que atribui grande utilidade aos contêineres é a possibilidade de utilizá-los em diferentes modais sem a necessidade de muitas adaptações. A padronização de equipamentos para movimentação dos contêineres e desenvolvimento dos terminais favorecem o transporte destes equipamentos.

O mercado de transporte de contêineres, embora seja amplo e muito importante, está concentrado na mão de poucas empresas, devido aos grandes custos envolvidos e dificuldades de operação. Esse mercado restrito faz com que as empresas busquem possibilidades de oferecer preços atrativos continuamente. Sendo assim, ferramentas que possibilitem a diminuição de custos, eficiência no transporte e diminuam os tempos de ciclo das viagens são alvo de grandes pesquisas e análises por parte dos grandes armadores.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este trabalho procura dimensionar a frota de contêineres de uma companhia de navegação, levando em consideração a possibilidade de reposicionar os contêineres vazios entre os portos.

Muitos trabalhos tratam o problema da logística de vazios. De acordo com Di Francesco; Crainic e Zuddas (2009), o processo de reposicionamento de contêineres vazios em um sistema marítimo pode ser definido como o planejamento da distribuição destes contêineres de forma que sejam minimizados os estoques, os custos com transporte e manuseio ao passo que a demanda seja atendida em todos os portos.

Cheung e Chen (1998) definiram um itinerário comumente executado pelos contêineres durante um ciclo logístico. A Figura 1 é uma adaptação deste itinerário. Nesta figura, o Porto A representa um porto que envia contêineres para determinado Porto B, que somente recebe. Em casos reais, os portos atuam tanto como emissores quanto receptores de contêineres.

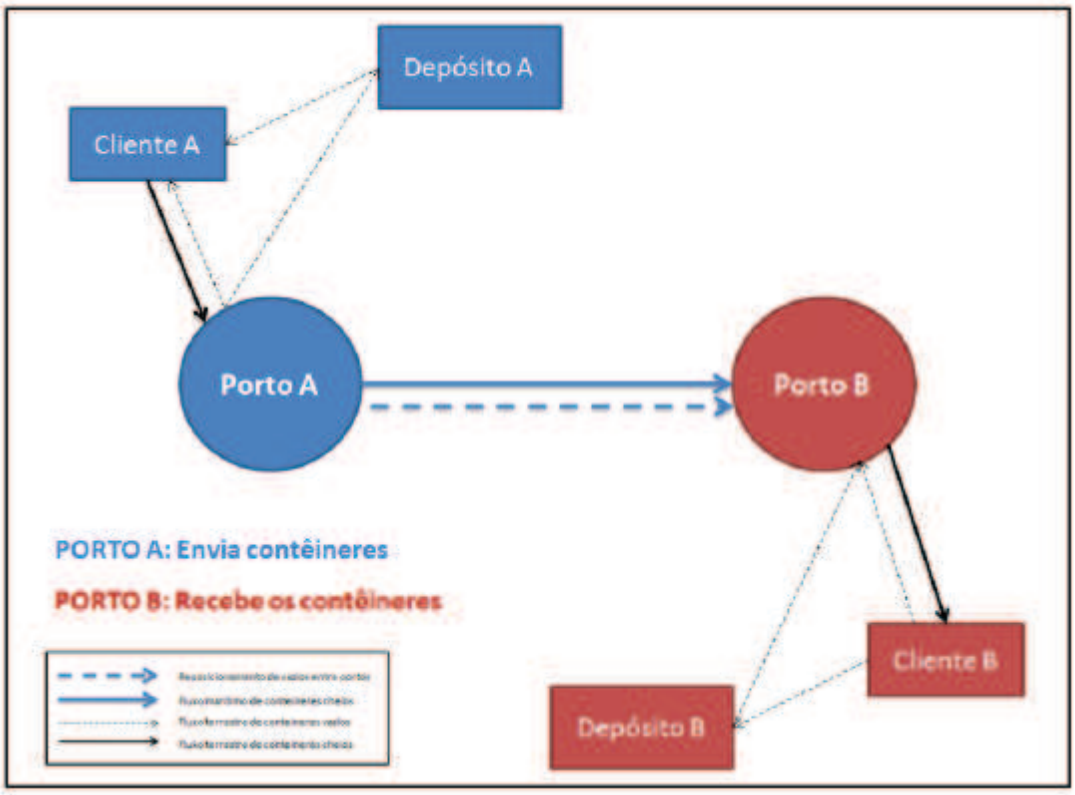


Figura 1: Representação gráfica do ciclo logístico dos contêineres (Fonte: o autor)

Yun; Lee e Choi (2010) afirmam que as empresas costumam perder tempo com reposicionamentos de contêineres vazios e movimentações entre os locais (portos, depósitos, etc.) onde estes são armazenados e citam que um gerenciamento eficiente nesta área pode aumentar a produtividade da empresa. Para que os contêineres vazios sejam reposicionados nos navios, estes devem disponibilizar espaços (slots vagos), o que obriga o planejamento a considerar também estes

espaços de forma que não haja ocupação em lugares que deveriam abrigar contêineres carregados.

Segundo Di Francesco; Crainic e Zuddas (2009), é comum que haja, em grandes portos, áreas especificas para o armazenamento de contêineres vazios, que podem ser mantidos, por um preço pré-estipulado, pelo tempo que a empresa de navegação proprietária julgar necessário. Muitas empresas optam por armazenar seus contêineres vazios em depósitos fora da zona portuária por estes oferecerem tarifas de estocagem mais em conta que aquelas geralmente utilizadas pelas companhias portuárias.

Poucos são os trabalhos encontrados com metodologias de dimensionamento da frota de contêineres para um armador. De acordo com Imai e Rivera (2001), dimensionar a frota de contêineres é um modo de determinar as quantidades necessárias para atender às demandas futuras, enquanto que os problemas de administração da frota geram ações como o reposicionamento ou o leasing de vazios. Caso um armador disponha de uma grande frota de contêineres próprios, provavelmente este necessite realizar poucos movimentos com vazios e ou aluguel de recipientes, mostrando interdependência entre decisões estratégicas e operacionais.

Existem diversos estudos que tratam do dimensionamento de frotas de veículos (caminhões, trens, navios, etc) e do reposicionamento de contêineres vazios. Entretanto, a maioria destes trabalhos não possui abordagens relevantes ao problema do dimensionamento da frota de contêineres e poucos são os trabalhos que abordam diretamente o tema. Tal observação também é destacada por Yaguiu (2006), um dos únicos que trata diretamente da frota de contêineres. A autora afirma, entre outras coisas, que modelos que tratam do dimensionamento de frota de veículos e de contêineres se diferenciam em diversos aspectos, entre eles a aleatoriedade dos tempos de trânsito dos contêineres em terra.

O MODELO DE SIMULAÇÃO DA MOVIMENTAÇÃO DE CONTÊINERES CHEIOS E VAZIOS COM FROTA DE NAVIOS EM ROTA DEDICADA

A simulação de eventos discretos foi adotada como a técnica para resolução do problema apresentado nesta dissertação por apresentar grandes vantagens em relação a outras técnicas conhecidas, como a possibilidade de rápida avaliação de estratégias propostas, a utilização de dados pouco robustos, maior facilidade em se detalhar um sistema complexo, a compreensão de quais variáveis são realmente influentes e orientam os resultados obtidos, identificação dos “gargalos” do sistema e representação verdadeira dos acontecimentos reais, interligando os subsistemas e possibilitando a avaliação completa da interdependência entre estes. Além disso, o problema possui natureza estocástica e a simulação de eventos discretos é uma ferramenta indicada para este tipo de situação.

Foi criado um modelo de simulação para simular uma rota de transporte marítimo de contêineres entre os portos em um ciclo fechado com determinada frota de navios. Para essa simulação consideram-se algumas premissas, como a disponibilidade de um berço em cada terminal incluído no cenário simulado e a possibilidade de configuração do sistema, variando-se o número de portos visitados, o tamanho da frota e as matrizes de cargas a serem atendidas.

O modelo de simulação compreende dois submodelos interligados entre si: o submodelo de circulação dos navios e o submodelo de circulação dos contêineres em terra, apresentados nesta seção. O primeiro submodelo que compõe a simulação do transporte de contêineres em um ciclo fechado representa as viagens dos navios e operações portuárias de acordo com as rotas e matrizes de carga pré-definidas. As matrizes de cargas dos navios foram estabelecidas em uma fase de planejamento, de forma a garantir que o armador tenha rentabilidade caso atenda, no mínimo, essas cargas representadas nestas matrizes.

Criados os navios da frota considerada, o modelo atribui as características específicas de cada um, como o número da viagem e as sequências dos portos que

serão visitados nas rotas consideradas para os mesmos. Os navios são, então, posicionados nos portos definidos como os iniciais de cada par navio-viagem. Dentre as operações que o modelo realiza cada vez que um porto é alocado por um navio, considera-se o descarregamento de contêineres embarcados com destino naquele porto e o carregamento (havendo estoque suficiente de contêineres cheios no porto) e a decisão sobre o reposicionamento ou não dos contêineres vazios. As quantidades são definidas a partir dos valores informados nas matrizes de carga. Depois disso, subtrai-se da quantidade descarregada o número de contêineres retirados dos portos, obtendo-se o saldo de contêineres que deve permanecer em terra depois que o navio termina sua operação. É esse saldo que determina para o modelo se o porto é ofertante ou demandante por vazios. Nos portos em que o saldo é positivo, o porto é ofertante, caso contrário, se o saldo for negativo, o porto será demandante.

Ordenados os portos de acordo com a sequência de visitas, estes devem ser divididos em grupos que se iniciam por portos ofertantes. Nestes grupos, retira-se dos portos ofertantes a quantidade máxima que sobrará em um ciclo, ou seja, retira-se dos portos ofertantes uma quantidade igual ao saldo positivo daquele porto. Calcula-se, então, a porcentagem deste saldo que deve ser descarregada nos portos que sucedem este ofertante até que o navio chegue a outro porto ofertante.

Por exemplo, se são retirados 428 contêineres em um porto ofertante e o porto seguinte é demandante de 376 contêineres, sabe-se que naquele porto serão descarregados 87,9% dos vazios a bordo, fazendo com que sobrem, no navio, 52 contêineres vazios. Se o próximo porto visitado for demandante, será calculada a porcentagem dos vazios que restaram a bordo que será descarregada, caso contrário, serão carregados novos vazios, acumulando a quantidade de contêineres a bordo. Exemplificando, se o porto seguinte tiver um saldo positivo de 818 contêineres (ofertante, portanto), estarão a bordo do navio 870 contêineres vazios para serem descarregados nos portos.

A Figura 2 exemplifica este mecanismo para reposicionamento de contêineres, mostrando as porcentagens dos contêineres a bordo que serão descarregadas em cada porto demandante.

No exemplo da Figura 2, apresenta-se um cenário cuja sequência de portos visitados é 1 – 2 – 3 – 5 – 6 – 4, na qual somente os portos 1 e 3 são ofertantes e os outros, demandantes. Note que depois de visitar o porto 1 e retirar deste 428 contêineres vazios, o reposicionamento necessário no porto 2 é de 87,9% do total a bordo, e os contêineres carregados no porto 3 se acumulam, sendo descarregados nos portos 5, 6 e 4 posteriormente.

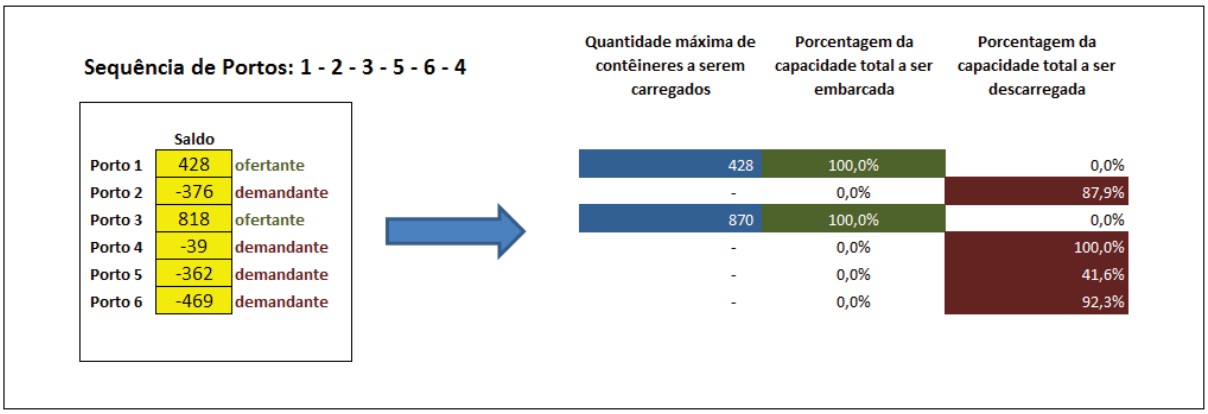


Figura 2: Representação do mecanismo de reposicionamento de contêineres vazios

A Figura 3 apresenta uma representação esquemática das quantidades de contêineres que são carregados e descarregados nos portos a cada viagem dos navios.

Além do submodelo de circulação de navios já apresentado anteriormente, foi construído um submodelo para representar a circulação dos contêineres em terra. Esse submodelo trata das operações realizadas com os recipientes vazios que estão nos portos e são enviados para carregamento nos clientes, voltando cheios para serem embarcados e transportados, e com os contêineres que são desembarcados cheios nos portos e são enviados para os destinatários, que os esvaziam e os

devolvem vazios aos depósitos portuários que estão localizados em regiões próximas aos portos considerados na simulação.

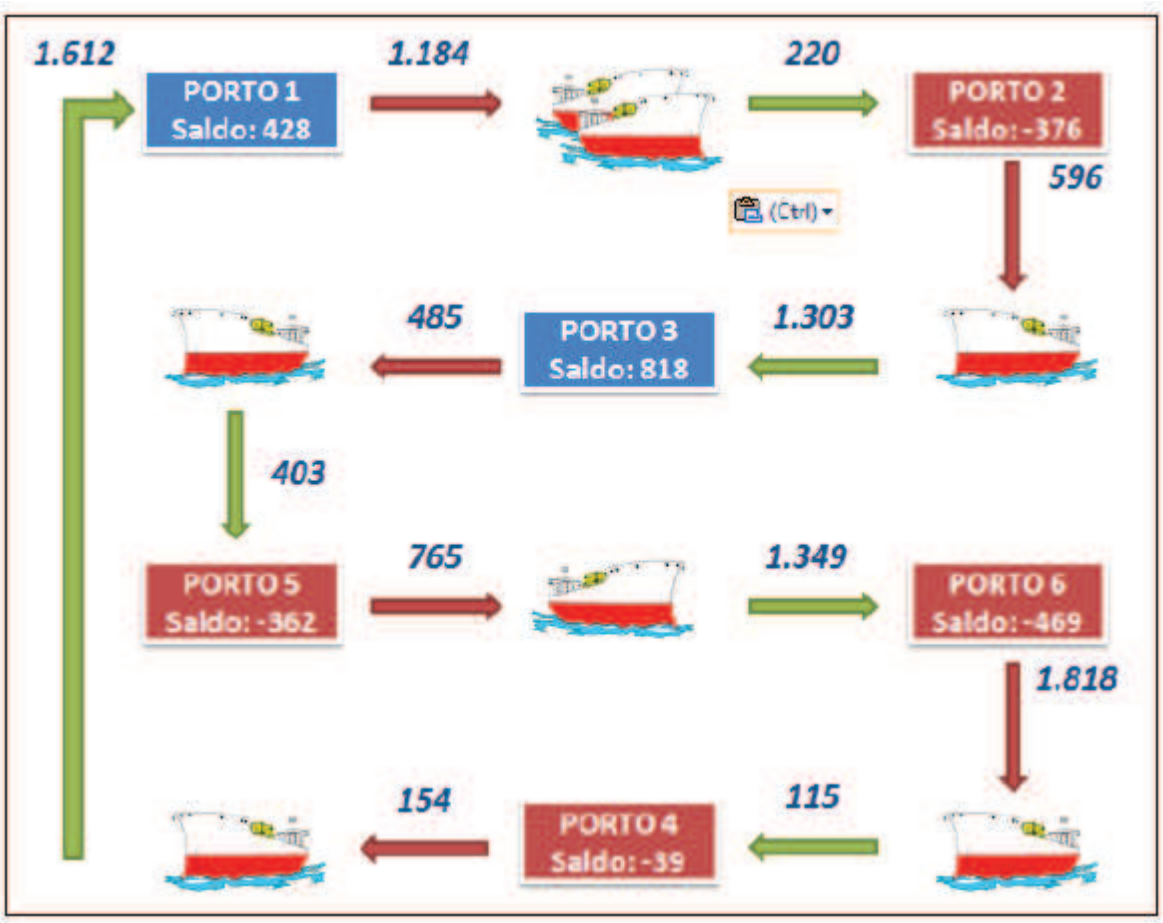


Figura 3: Representação da quantidade de contêineres carregados e descarregados em cada porto

Neste submodelo existem duas lógicas diferentes: a que sorteia (a partir de uma distribuição estatística que leva em consideração os dados provenientes da matriz de carga) a demanda diária de contêineres vazios do porto considerado e que resultará na geração dos contêineres a serem enviados cheios aos terminais para serem embarcados nos navios, e a lógica que deverá tratar os contêineres que vêm cheios dos portos para os clientes em terra e são esvaziados e devolvidos aos depósitos junto aos portos.

MÉTODO DE BUSCA DA MELHOR SOLUÇÃO

Como apoio ao modelo de simulação construído, utilizou-se uma ferramenta de busca de soluções próximas da ótima, utilizada para determinação da frota de contêineres com a qual deve contar a companhia de navegação (dimensionamento da frota). Para a busca da melhor solução e respostas do sistema, foi utilizada a ferramenta OptQuest do ARENA®. O processo de busca considerou os estoques iniciais nos portos (cheios “in”, cheios “out” e vazios) como sendo as variáveis de decisão.

O OptQuest é um mecanismo de busca da melhor solução que se baseia em técnicas de scatter search associadas ao procedimento de tabu search com a finalidade de obter soluções para problemas definidos em ferramentas complexas (Laguna, 1997). Em outras palavras, o OptQuest busca as variáveis de decisão que se aproximem da solução ótima do problema, através da avaliação das respostas obtidas para a função objetivo, baseando-se em heurísticas.

Este processo de busca pela melhor solução contribuiu, neste trabalho, para que fosse encontrado um estoque inicial de contêineres (frota) menor, de forma a buscar a minimização da perda de transporte.

RESULTADOS

Processamento Inicial a partir de estoque suficiente para atender à demanda integralmente

Este primeiro cenário simulado é o ponto de partida para a simulação dos cenários de busca pelo dimensionamento da frota de contêineres e posteriores análises de sensibilidade em função de parâmetros importantes. Foi construído a partir dos dados de entrada e premissas fornecidas por uma companhia de navegação brasileira, representando uma operação regular de todo o sistema que inclui seis portos de determinada rota e quatro navios.

A sequência de visitas aos portos é a mesma para os quatro navios da frota:

Sequência de visitas: porto 1 – porto 2 – porto 3 – porto 5 – porto 6 – porto 4.

Sendo a velocidade dos navios igual a 15 nós (27,8 km/h) (sua capacidade igual a 3,000 TEU's), através da matriz de distâncias entre os portos são obtidas as durações das viagens entre os mesmos. A Tabela 1 mostra as distâncias, em quilômetros, entre os 6 portos considerados nas rotas dos navios.

É considerada a duração média das operações dos contêineres em cada porto, considerando a atracação e a desatracação das embarcações. Para estes valores, utiliza-se uma distribuição estatística triangular (com variação de 30% em relação à média, ou seja, o menor valor é 30% menor que a média e o maior valor, 30% maior que esta mesma média) que, segundo a empresa que forneceu os dados, adere aos dados reais. O tempo médio de retenção dos contêineres em terra utilizado foi de 15 dias, também considerando a distribuição estatística triangular com variação de 30%, de acordo com o informado pela empresa de navegação.

Tabela 1: Matriz de distância entre os portos considerados

	PORTO 1	PORTO 2	PORTO 3	PORTO 4	PORTO 5	PORTO 6
PORTO 1	0	83,4 km	695,7 km	921,7 km	1083,7 km	1990,8 km
PORTO 2	83,4 km	0	612,3 km	838,3 km	1000,3 km	1907,4 km
PORTO 3	695,7 km	612,3 km	0	226,0 km	388,0 km	1457,1 km
PORTO 4	921,7 km	838,3 km	226,0 km	0	162,0 km	1069,1 km
PORTO 5	1083,7 km	1000,3 km	388,0 km	162,0 km	0	907,1 km
PORTO 6	1990,8 km	1907,4 km	1457,1 km	1069,1 km	907,1 km	0

É considerada a duração média das operações dos contêineres em cada porto, considerando a atracação e a desatracação das embarcações. Para estes valores, utiliza-se uma distribuição estatística triangular (com variação de 30% em relação à média, ou seja, o menor valor é 30% menor que a média e o maior valor, 30% maior que esta mesma média) que, segundo a empresa que forneceu os dados, adere aos dados reais. O tempo médio de retenção dos contêineres em terra utilizado foi de 15 dias, também considerando a distribuição estatística triangular com variação de 30%, de acordo com o informado pela empresa de navegação.

Para este cenário inicial utilizou-se um estoque inicial de contêineres (frota de contêineres) de tamanho grande o suficiente para que o sistema opere, sem perda de transportes por falta de contêineres. Este estoque inicial de contêineres (soma total dos estoques de contêineres cheios “in”, estoques de contêineres “out” e estoques de vazios em todos os portos da rota considerada) foi determinado a partir de testes iniciais com o modelo. O estoque de contêineres cheios “in” representa os contêineres que chegam dos navios para os portos, enquanto que os contêineres cheios “out” referem-se aos contêineres cheios que chegam aos portos para serem embarcados nos navios e transportados.

Com base na matriz de carga, foi então calibrada a quantidade diária de contêineres vazios que os clientes necessitam. As quantidades de contêineres nos estoques iniciais utilizados para a simulação deste cenário inicial são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2: Estoque inicial de contêineres do cenário inicial

Estoque inicial de contêineres cheios "*in*" nos PORTOS	5,150
Estoque inicial de contêineres cheios "*out*" nos PORTOS	34,200
Estoque inicial de contêineres vazios nos PORTOS	36,900
ESTOQUE INICIAL TOTAL DE CONTÊINERES	**76.250**

Nessa simulação foi obtido o tempo de ciclo médio dos navios que, dividido pelo tamanho da frota (4 navios), forneceu o intervalo médio com os quais os navios

devem ser inseridos no início do processamento da simulação. Cabe ressaltar que neste início da simulação, cada navio está vazio e inicia o ciclo pelo primeiro porto da sequência. Sendo o ciclo médio de 365 horas e a frota composta por 4 navios, o intervalo é igual a 91 horas.

Busca da melhor solução para o problema: dimensionamento da frota de contêineres minimizando perdas de transporte através de multiplicação do termo na função objetivo

Como visto anteriormente, é possível priorizar a minimização do estoque ou da perda. Sendo assim, partiu-se para a busca da frota de contêineres adequada. Inicialmente, foi realizado um experimento de 1.000 simulações, com 5 replicações cada uma, para determinar o estoque inicial de contêineres que minimizava a função objetivo sem ponderar nenhum dos fatores que a compunham (soma entre perda de transportes com o estoque inicial). O computador utilizado é equipado com um processador Intel® i7, com 8 MB de memória RAM e a duração total do experimento (1.000 simulações) foi de 550 minutos.

Depois dessa simulação, os resultados obtidos com o OptQuest mostram uma função objetivo de 66.279, representando um estoque total de contêineres de 64.972 e perda de transporte de 1.317 contêineres dos clientes. O ideal, entretanto, é buscar a menor frota de contêineres com perda de transporte zero. Em novos cenários multiplicou-se a perda de transporte, na função objetivo, por 100, 1.000, 10.000, e 1.000.000. Dessa forma, ao buscar a minimização da função objetivo, o OptQuest deve forçar a busca por uma perda zero de transportes e minimizar os estoques iniciais para determinar aquele que atende às necessidades da rota. Os valores obtidos com estes testes estão apresentados na Tabela 3.

Ao minimizar a função objetivo com um fator multiplicador de 100 vezes na perda de transportes, obteve-se um estoque de 69.936 contêineres no sistema, sem perda de transporte, uma frota de contêineres melhor que a considerada no processamento inicial, com atendimento total da demanda. A partir de agora tal cenário será chamado de cenário base.

Tabela 3: Estoques de contêineres obtidos em experimentos com fator multiplicador da perda na função objetivo

Fator multiplicador da perda	1	100	1,000	10,000	1,000,000
Estoque inicial de vazios	29,765	28,930	5,073	5,073	5,073
Estoque inicial de cheios out	30,429	35,444	35,829	35,829	35,829
Estoque inicial de cheios in	4,778	5,080	29,034	29,034	29,034
Estoque total inicial	**64,972**	**69,454**	**69,936**	**69,936**	**69,936**
Perda total	**1,317**	**22**	**-**	**-**	**-**
Função objetivo	**66,279**	**69,674**	**69,936**	**69,936**	**69,936**

CONCLUSÕES

Conclui-se que a simulação de eventos discretos é uma ferramenta que possibilita tratar o problema de dimensionamento da frota de contêineres para atender a uma frota de navios navegando em ciclo fechado de maneira eficiente e obtendo-se resultados satisfatórios.

Além disso, com o modelo de simulação e o auxílio da ferramenta de busca OptQuest, o tempo de processamento dos cenários propostos foi considerado apropriado, o que transforma este simulador em uma ferramenta apta a ser utilizada no planejamento de grandes empresas de navegação, bem como na geração de novos cenários devido a mudanças ocorridas nas premissas iniciais utilizadas.

Obtiveram-se os estoques de contêineres iniciais dos portos (frota de contêineres) em todos os cenários especificados e validou-se o modelo de simulação.

Os resultados apresentados mostram coerência deste dimensionamento em face das análises de sensibilidade realizadas.

Nota-se que o parâmetro mais importante é o tempo de retenção de contêineres em terra, que eleva o tamanho da frota necessária mais do que a alteração na velocidade dos navios, quando estes dois parâmetros são elevados.

Measuring the efficiency of a ship fleet

Jean-David Caprace and José Ruben Cedeño Coronel***

* Professor, ESPOL, Guayaquil – Ecuador. jcaprace@espol.edu.ec

** Estudiante, ESPOL, Guayaquil – Ecuador. josrcede@espol.edu.ec

ABSTRACT

Improving the efficiency of a ship fleet is the main concern of any ship-owners, not only to reduce costs but also to help to meet national and international standards on safety and environment. To achieve its objectives, the owners often use on-board measurement systems that send data to a satellite control center. This paper considers the use of these data to answer the following questions. What is the ship of my fleet that is less efficient? How I can improve efficiency? What strategy should I implement to increase the productivity of my fleet (or ship?)? To answer these questions, the paper develops an efficiency metric based on several key performance indicators (KPI) measured on ships. Finally the metric is applied to a fleet of 15 bulk carriers.

Key words: Ship operation, Operational efficiency, Operating cost, Environment, Emissions.

1 INTRODUCTION

There are around 70 000 ships engaged in international trade and this unique industry carries 90% of world trade, [1]. Sea transport has a justifiable image of conducting its operations in a manner that creates remarkably little impact on the global environment. Compliance with the international convention for the prevention of pollution from ships (MARPOL) and other International Maritime Organization (IMO) instruments and the actions that many companies take beyond the mandatory requirements serve to further limit the impact. It is nevertheless the case that efficiencies can be found to reduce fuel consumption and to produce directly related

reductions in CO_2 emissions for individual ships. While the yield of individual measures may be small, the collective effect across the entire fleet will be significant.

The price of fuel has been described, with justification, as an efficiency driver greater than any legislation and in response many owners and operators are concentrating considerable effort on finding more and more innovative ways to reduce fuel consumption and to improve efficiency across the supply chain. In global terms it should be recognized that operational efficiencies delivered by a large number of ship operators will make an invaluable contribution to reducing global carbon emissions.

Improving the efficiency of a ship fleet is the main concern of any ship-owners, not only to reduce costs but also to help to meet national and international standards on safety and environment. To achieve its objectives, the owners often use on-board measurement systems that send data to a satellite control center. This paper considers the use of these data to answer the following questions. What is the ship of my fleet that is less efficient? How I can improve efficiency? What strategy should I implement to increase the productivity of my fleet (or ship?)? To answer these questions, the paper develops an efficiency metric based on several key performance indicators (KPI) measured on ships. Finally the metric is applied to a fleet of 15 bulk carriers.

2 FACTORS INFLUENCING SHIP PROPULSION PERFORMANCE

The performance of a ship from the viewpoint of the owner is the cost for a travelled distance divided by the amount of cargo which is transported at a certain speed. If consumables, maintenance, crew and fixed cost are not included, the operational cost is directly proportional to the fuel consumption and energy output of the engine. This leads to the point of view for a naval architect where the performance of a ship is described by the correlation between ship speed through the water and delivered power to the propeller. This speed power curve is determined during model test for calm weather conditions. But it is found that the ship always needs more fuel or power than estimated by model tests. This is due to the fact that the model test

relates to best conditions concerning weather, ship and engine. At a certain speed the ship has a resistance force opposite to the direction of the movement. To move the ship a propulsion force in direction of the movement is needed. This force is generated by the propeller which is driven by the engine. All aspects concerning resistance and propulsion of the ship have to be taken into account to be able to calculate the ships performance. In the following paragraph general parameters that have an influence on these parameters are described, as defined by [2] and [3].

2.1 Influence on resistance

The resistance of the ship without external influence can be divided in three parts: frictional, wave and residual resistance. The two later ones are considered to be constant for a defined ship speed and therefore not taken into account for the further analysis. Only the frictional resistance is depending on weather conditions because the kinematic viscosity is a function of salinity and water temperature.

2.1.1 Ship conditions

The condition of the ship has several influences on the speed power correlation. Major factors are the trim and draft of the ship. To consider this accurately, model test on different drafts are essential, especially if the range of different drafts is high. A very simple approach can be found in the reference [2], which just scales the total resistance by the draft. Concerning trim only model test or direct simulations are found to be reliable and no simple formula can be given for trim corrections. Furthermore the condition of the hull surface regarding fouling has a major influence on the power demand. This condition depends of the age of the ship and also of the date of the last maintenance of the hull.

2.1.2 Wave

A significant increase on ships resistance is produced by the irregular waves which are encountered. The additional resistance is proportional to the square of the wave height and produced by several different effects, [4]:

- Pressure fluctuations on the hull, mainly caused by medium and long crested waves
- Reflection of short crested waves on the hull
- Oscillating longitudinal motion (surge)
- Additional friction caused by orbital movements of the waves and surge
- Rudder and drift angles

Hull form, swell data, significant wave height, mean period and predominant direction of the waves are the main parameters to influence the added resistance by seaways and need therefore to be known.

2.1.3 Rudder and drift angle

The influence of the rudder angle on ships resistance is rather small, compared to other influences as long as the angles are small, [4]. The added resistance for drifting is depending on draft, ship speed and drift angle.

2.1.4 Wind

The wind generates a drag force as well as a yawing moment. Both depend on the relative wind speed and direction of the wind compared to the ship and of course on the shape of the superstructures. This makes calculating the increase of resistance complex, because for most ships the lift and drag coefficients are not known. Constant wind, which does not come from bow or aft results, has an impact not only in increased resistance, but also in drift and rudder angles.

2.1.5 Fuel and engine

If propulsion efficiency is measured by the amount of fuel needed for propulsion, the heating value of the fuel needs to be measured and taken into account. Also the engine efficiency needs to be known for that propulsion point. If the propulsion power is determined by a torque measurement on the propeller shaft directly, as it is recommended during trial trips, fuel quality and engine efficiency need not to be

taken in account and measured values are more accurate. For performance monitoring, power measurement on the shaft is generally not available. Then the amount of fuel used is the easiest way to measure propulsion power but less accurate. With fuel consumption, heating value and energy efficiency the shaft power can be calculated.

2.1.6 Propeller

The shaft power is transformed into thrust by the propeller. The propulsion efficiency between delivered power and thrust is depending on the open water efficiency of the propulsion and the hull efficiency which includes wake and thrust deduction fractions. These elements are sensible to the propulsion point of the ship. A change of ships resistance leads to a change of propulsion efficiency. This means that an additional resistance not only increases propulsion power by itself but maybe also by decreasing the efficiency of the propeller.

2.2 Influence on speed

Besides the influence on resistance and propulsion environmental conditions can affect the ship speed directly. This is mainly caused by an overlaying current of the water.

2.2.1 Current

Resistance and propulsion usually correspond to ship speed through water. If the water itself is moving in current, the ship performance is still the same referred to the water. Referred to the ground the speed can vary.

2.2.1 Water depth

Restricted water depth has also a direct influence on ship speed. If clearance below keel is becoming quite small, the flow around the ship is obstructed. This leads to an increase of speed through water, which in turn increases the ship’s resistance. Also

the wave pattern of the ship changes in narrow waters, which also increases the resistance.

3 EFFICIENCY OF A SHIP FLEET

This section proposes a method to quantify the relative efficiency of a ship based on a multicriteria analysis (MCA). The Preference Ranking Organization METHod for Enrichment Evaluation (PROMETHEE) has been chosen to define efficiency metric for the ships in a fleet, [5], [6] and [7].

3.1 Definition of alternatives

The outcome of any decision-making model depends on the information at its disposal, and the type of information available may vary according to the context in which the ship is operated. Therefore, it is useful for decision-making models to consider all of the information as a whole. In multiple criteria decision making (MCDM), the decision-making procedure is normally carried out by choosing between different elements that the decision maker must examine and assess, using a set of criteria. These elements are called alternatives. In this study, we analysed 15 different bulk carriers of approximately the same size. These ships are numbered from SHIP01 to SHIP15.

3.2 Definition of criteria

The criteria represent the tools that enable alternatives to be compared from the point of view of efficiency. It must be remembered that the selection of criteria is of prime importance in the resolution of a given problem, meaning that it is vital to identify a coherent family of criteria. The number of criteria is heavily dependent on the availability of both quantitative and qualitative information and data.

Ten quantitative efficiency criteria were considered in this study. A college of experts defined these criteria based on their knowledge and expertise. Only the criteria

based on the on-board measurement systems were selected: the Admiralty coefficient, the Heickel coefficient, the specific consumption (IFO and MDO) per ton of cargo, the ship work per deadweight, the real to design speed ratio, the deadweight (DWT), the ship age, the CO2, NOx and SOx emission. The study is based on a 1 year daily record of navigation parameters for 15 different bulk carriers of a fleet.

3.2.1 Propulsion efficiency (Admiralty and Heickel coefficients) [PE]

If two ships are similar in type, displacement, power and speed, then their admiralty coefficient (A_c) defined by equation 1 will be similar in values, [8]. A_c varies generally between 300-600, where Δ is the ship displacement in tones, V is the ship speed in knots (inferior or equal to 20 knots) and P is the power at the thrust block measured in kW. Similarly, equation 2 defines the Heickel coefficient (H_c) where ∇ is the ship displacement in m³, P_B is the engine power measured in kW and V_S is the ship trail speed in m/s. The advantage is that it is linear regarding speed. For both coefficients, the higher the value the better the efficient of vessel is.

$$A_c = \frac{\Delta^{2/3} \times V^3}{P} \quad \textbf{(1)}$$

$$H_c = \left(\frac{\sqrt{\nabla}}{P_B}\right)^{1/3} \times V_S \quad \textbf{(2)}$$

3.2.2 Specific consumption per ton of cargo [SC]

In order to have a non-dimensional KPI, we measured the Fuel Oil Consumption (FOC) defined in equation 3 per knots of speed (V), per nautic mile of travel (D), per hour of time (t) and per ton of transported cargo (M). Both the Intermediate Fuel Oil (IFO) and Marine Diesel Oil (MDO) consumption have been considered. To gather the two fuel oil consumption, an equivalent cost factor (f) has been considered, equal to 1.46.

$$FOC = \frac{IFO + (f \times MDO)}{V \times D \times t \times M} \quad \textbf{(3)}$$

3.2.3 CO_2 emissions

[9] presented the concept of an indicator for the energy efficiency of a ship in operation, as an expression of efficiency expressed in the form of CO_2 emitted per unit of transport work. This coefficient has been called Energy Efficiency Operational Indicator (EEOI). The EEIO is measured in tones CO_2 / (tones × Nautical miles) and given by equation 4 where j is the fuel type, FC is the mass of consumed fuel, C_F is the fuel mass to CO_2 mass conversion factor in t-CO_2/t-Fuel given in Table 1, M is the cargo carried in tons and D is the distance traveled in Nautical Miles. When considering the overall form of the EEIO it is clear that in order to reduce the CO_2 for a given ship at a given speed, a decrease in propulsive power must be achieved and/or improvements made in engine efficiency with a reduction in C_F.

$$E_{CO2} = \frac{\sum_j FC_j \times C_{Fj}}{M \times D} \quad \textbf{(4)}$$

Type of fuel	Carbon content	C_F
Diesel/Gas Oil	0.875	3.20600
LFO – Light Fuel Oil	0.86	3.15104
HFO – Heavy Fuel Oil	0.85	3.11440
LPG – Liquefied Petroleum Gas – Propane	0.819	3.00000
LPG – Liquefied Petroleum Gas – Butane	0.827	3.03000
LNG – Liquefied Natural Gas	0.75	2.75000

Table 1 - Fuel mass to CO_2 mass conversion factors (C_F) in t-CO_2/t-Fuel

3.2.4 NO_x emissions

The NO_X emissions are empirical [10] and are defined by Table 2 depending of engine speed and fuel type. Equation 5 gives the expression to assess NO_X emissions in kg-NO_x/t-fuel depending of Table 2 where FC is the mass of consumed fuel, C_N is the fuel mass to NO_x mass conversion factor in kg-NO_x/t-Fuel, M is the cargo carried in tons and D is the distance travelled in Nautical Miles.

$$E_{NOX} = \frac{\sum_j FC_j \times C_{Nj}}{M \times D} \quad \textbf{(5)}$$

	RPM	BFO	MDO or MGO
Slow speed engine	≤ 300	89.7	88.6
Medium speed engine	$> 300\ and\ \leq 900$	63.4	63.1
High speed engine	> 900	57.7	57.1

Table 2 - Fuel mass to NO_X mass conversion factor in kg-NO_x/t-fuel

3.2.5 SO_x emissions

Equation 6 gives the expression to assess SO_X emissions in kg-SO_x/t-fuel depending on the type and sulphur content of the fuel where FC is the mass of consumed fuel, C_S is the fuel mass to SO_x mass conversion factor in kg-SO_x/t-Fuel, M is the cargo carried in tons and D is the distance traveled in Nautical Miles, [11]. One has to multiply total bunker consumption by the percentage of sulphur present in the fuel and subsequently by a factor of 20 to compute SO_2 emissions. The 20 SO_X factor is exact and comes from the chemical reaction of sulphur and oxygen to produce SO_2. We made the hypothesis that the average sulphur content is respectively for IFO and MDO, 2.5% and 0.25%.

$$E_{SOX} = \frac{\sum_j FC_j \times C_{Sj}}{M \times D} \quad \textbf{(6)}$$

3.2.5 Deadweight [DW]

Deadweight of ships in tons is also considered in the MCDA. It is currently admitted that a larger ship can transport more cargo at the same speed with less power per cargo unit. Nevertheless limitations may be met in port handling.

3.2.6 Real average speed to design speed ratio [DS]

This KPI is defined as the real average speed of the ship in knots divided by the design speed of the ship in knots.

3.2.7 Ship age [SA]

Ship age is defined as the age of the ship in days since the delivery of the ship by the construction shipyard.

3.2.8 Ship work per deadweight [SW]

This KPI is defined as the ship work divided by the deadweight in tons. Ship work, as explained before is the cargo carried in tons multiply by the distance travelled in Nautical Miles.

3.3 Definition of weight and scenarios

The results of multicriteria analysis hinge on the weighting allocated and the thresholds set. The weights express the importance of each criterion and obviously can greatly influence the final outcome of the entire calculation procedure. In this case study, three scenarios with three different weight vectors were formulated to highlight the influence of the weight of the emissions on the decision (see Table 3).

3.3 Results

Figure 1 presents the results of multicriteria decision analysis, with the preferences (global outranking flow φ) for various ships expressed numerically. The higher the global outranking flow the better the alternative is. The small outranking flow for the SHIP01 indicates that it gives a weak performance for most criteria, whereas the high outranking flow of SHIP10 is a sign that this alternative gives mostly strong attribute values, whatever the scenario.

This result is confirmed by the spider diagram of the net flow of each criterion (see Figure 3), which shows that SHIP10 is the strongest alternative (maximizes the spider's surface) and SHIP01 is the weakest alternative (minimizes the spider's surface). Changing the weights of the different criteria again yields SHIP10 as the outstanding alternative and SHIP01 as the poorest alternative (see Figure 1).

		Weight distribution per criteria		
Group	Criteria	W1 [%]	W2 [%]	W3 [%]
Propulsion efficiency [PE]	Admiralty	7	6	8
	Heickel	7	6	8
Emissions [EM]	CO_2	4.66	9.66	1.67
	NO_X	4.66	9.66	1.67
	SO_X	4.66	9.66	1.67
	Specific consumption [SC]	14	12	16
	Deadweight [DW]	14	12	16
	Real speed to design speed ratio [DS]	14	12	16
	Ship age [SA]	14	12	16
	Ship work per deadweight [SW]	14	12	16

Table 3 – Definition of weights per criteria in different scenarios

3.4 GAIA visualization

We also carried out a GAIA visualization, which provides a graphical representation of the various alternatives for different criteria and a decision axis along which the best alternative is located, which depends on the weight distribution. The GAIA plane is obtained by projecting the information in the criteria space onto a plane. The best plane is obtained by applying principal components analysis (PCA), which yields the two eigenvectors corresponding to the two largest eigenvalues of the covariance matrix of the single criterion net flows. Some information is lost when this projection is performed, but most of the information is preserved. In the present case, the preserved information amounts to d = 85.1%. The GAIA plane given in Figure 2 clearly confirms the previous results. Indeed, we can observe the following characteristics:

- The criteria EM, SC, PE, DS, SA are more discriminating than DW and SW.
- The criteria EM and SC express similar preferences.
- The criteria SA and DS express similar preferences.
- The criteria SA and DS are independent of the criteria DW, EM and SC.
- The criterion DW is opposite to criteria EM and SC.
- SHIP10 is the best alternative and SHIP01 is the worst alternative considering ship efficiency.
- The decision axis of scenario W1 is collinear with the PE criterion.

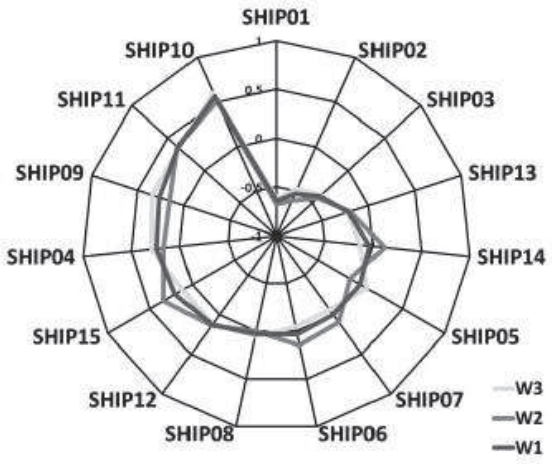


Figure 1 - Aggregated outranking flows of the alternatives

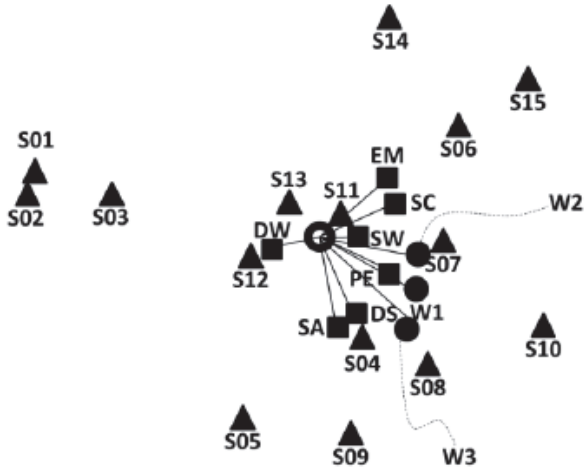


Figure 2 - GAIA view of criteria, alternatives and scenarios (black triangles alternatives, filled circles decision axis of the scenarios, filled squares criteria)

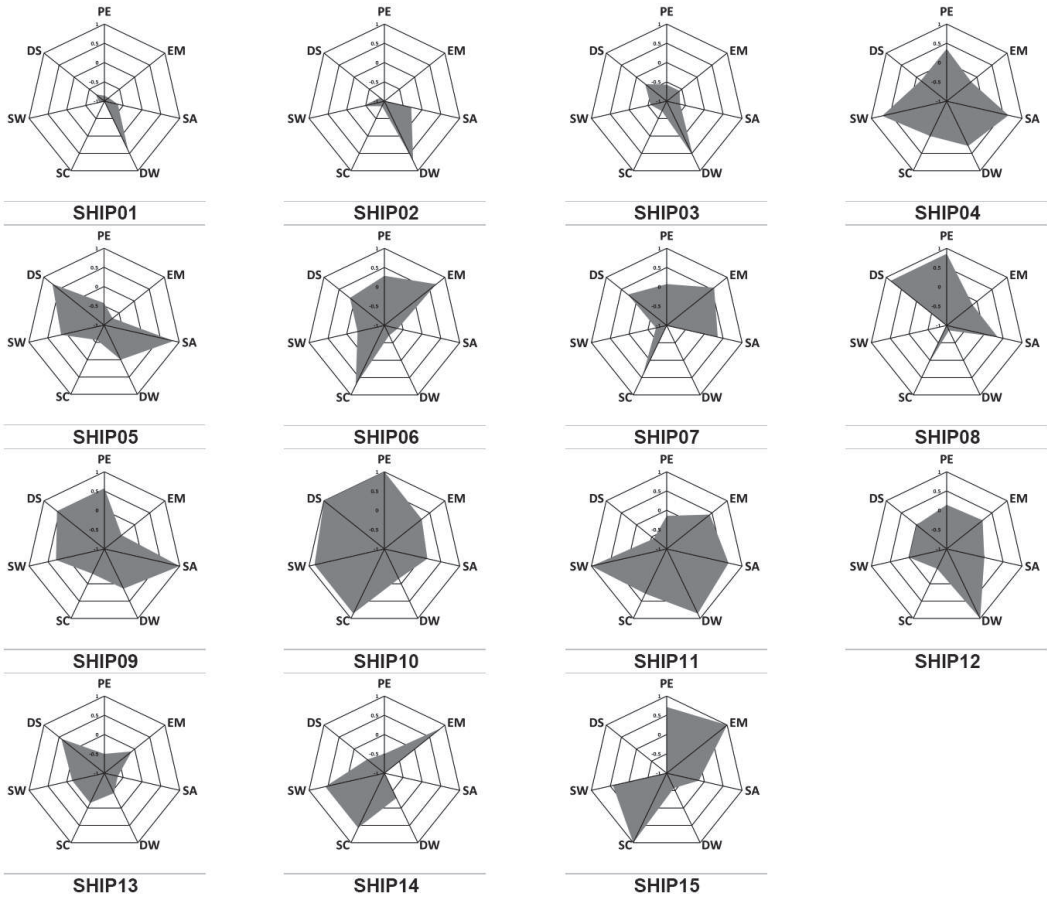


Figure 3 - Spider representations of the ranking matrix for each alternative

In order to study the behaviour of the decision model, we implemented different scenarios with different weights. For all weight distributions, the n decision vector remains oriented towards the same sector of the diagram. Such weight variations can easily be handled and visualized on the GAIA plane. It is apparent that the alternatives SHIP10 and SHIP11 are still the best choices and SHIP01, SHIP02 and SHIP03 the worst choices whatever the scenario.

4 CONCLUSIONS

Ship efficiency analysis can be seen as a critical problem in ship operation that needs to be increased as much as possible. A methodology to compare the efficiency of various ships in a fleet has been introduced in this paper, and this provides a way to compare similar or different ship types and sizes during their operation. This study provides a method to exclude the engineer subjectivity by assessing the ship efficiency from different aspects using PROMETHEE. The results shown here indicate that it is possible to identify easily the most efficient and the less efficient ship of the fleet and subsequently analyse which strategies I should implement to increase the efficiency of my fleet.

5 BIBLIOGRAPHY

[1] ICS, BIMCO, Intercargo, INTERTANKO, OCIMF: Management Tool on Energy Efficiency for Ships. Tech. Rep. 6, IMO – International Maritime Organization (2009). International Meeting of the Greenhouse Gas Working Group

[2] Iso 15016:2002 – ships and marine technology – guidelines for the assessment of speed and power performance by analysis of speed trial data (2002)

[3] Pundt, L.: Development of an On-board Performance and Trial Trip Analysis Tool. In: 10th International Conference on Computer and IT Applications in the Maritime Industries, vol. 1 (2011)

[4] Zhou, Y.: Bestimmung der im Seegang zustzlich erforderlichen Antriebsleistung von Schiffen. Tech. rep., Technische Universitt Hamburg Harburg (1989)

[5] Brans J, Mareschal B (1992) PROMETHEE V: MCDM problems with segmentation constraints. INFOR 30:85–96

[6] Brans J, Mareschal B (1994) How to decide with PROMETHEE. http://www.visualdecision.com/Pdf/How%20to%20use%20PROMETHEE.pdf

[7] Brans J-P, Mareschal B (2005) PROMOTHEE methods. In: Figueira J, Greco S, Ehrgott M (eds) Multiple criteria decision analysis: state of the art surveys. Springer, New York, 78:163–186

[8] Barrass, B.: Ship Design and Performance for Masters and Mates. Elsevier Science (2004). ISBN 0-7506-6000-7

[9] Guidelines for Voluntary Use of the Ship Energy Efficiency Operational Indicator (EEOI). Tech. Rep. MEPC.1/Circ.684, International Maritime Organization – IMO (2009). Ref. T5/1.01

[10] Emep/eea air pollutant emission inventory guidebook. Tech. rep., European Environment Agency (2009). URL http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-emissioninventory-guidebook-2009. Formerly referred to as the EMEP CORINAIR emission inventory guidebook

[11] Cooper, D.: Quantification of emissions from ships associated with ship movements between ports in the European Community. Tech. Rep. ENV.C.1/ETU/2001/0090, IVL – Swedish Environmental Research Institute Ltd. (2001)

An integrated container terminal simulator

Dr. Rui Carlos Botter (Coordinator)
Dr. Newton Narciso Pereira (Senior Research)
Msc. Afonso Celso Medina (Senior Research)

Innovation Center for Logistics and Ports Infrastructure
Polytechnic School of São Paulo University – USP, Brazil

Address: Av. Prof. mello Moraes, 2231, sala A-15, São Paulo, SP, Brasil, CEP 05508-900
Email: rcbotter@usp.br
Phone: +55-11-3091.1724
FAX: +55-11-3091.5717

ABSTRACT

When analyzing the port terminal plannings, an important characteristic is the high degree of interaction and dependence between operational processes, clearly forming a system that can be split into sub-systems. This approach facilitates the identification of relations between internal processes, influences and restrictions in the external environment.

The simulation model is a tool capable of representing these processes with great result accuracy. This accuracy is directly proportional to the quality of the information supplied as model input, such as: number of containers/hour, displacement speed, times of certain tasks, etc. With those information, a model is created to simulate reality. It can, then, realize tests and analyze the behavior of such arrangements. The animation resources used to represent the container and vehicle terminal operations allow the visualization of functional interaction between the ports subsystems and also show in real time the relevant performance statistics.

For this reason, we elaborated a model that point viable configurations of equipment, port layout, container storage areas, number of gates, pier access bridge and truck circulation area. The model allows testing arrangements of a container terminal and optimizes it through a simulation model focused in minimizing the time of investment return, service time and queue, and, consequently, reducing the costs per container.

An application in a Brazilian terminal was done in order to analyze the settings and equipment arrangements used, as well as a variation of equipment number.

The model provides information relative to the system functioning, time in queue and equipment occupation levels, allowing the identification of operational problems such as excess or lack of resources, bad utilization of equipment, layouts or improper operation at storage area, etc.

The simulator is a generic tool to be applied to any container terminal, especially with the characteristics found in Brazilian Ports.

PORT SYSTEM

When analyzing the port terminal plannings, an important characteristic is the high degree of interaction and dependence between operational processes, clearly forming a system that can be split into sub-systems, according to Figure 1. This approach facilitates the identification of relations between internal processes and influences and restrictions in the external environment.

SIMULATION

The simulation has to take as purpose the description of systems behavior, the construction of theories or hypothesis that explain the observed behavior and the use of modeling to predict a future behavior (effects produced by changes in the system or in its form of operating).

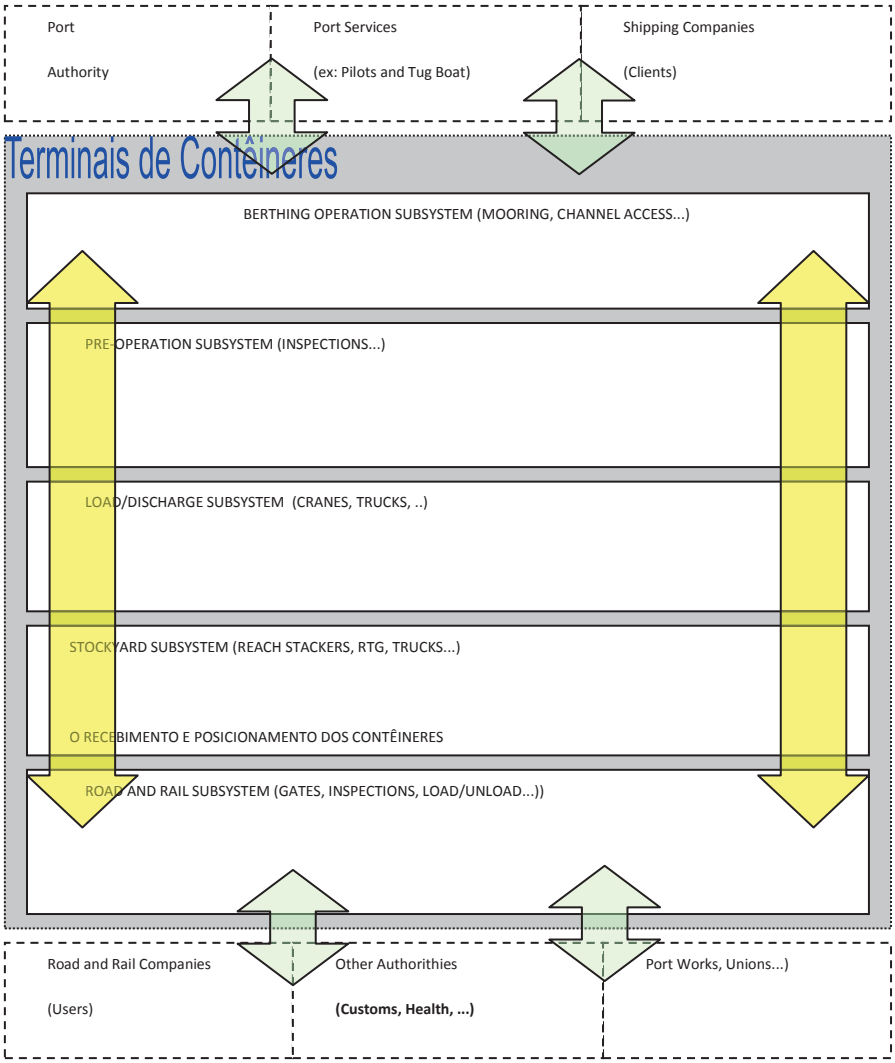


Figure 13 – Container Terminal, subsystems and interactions

The next stages are usually employed in the development of simulation models to guarantee efficiency:

Model conception or formulation;

Model implementation;

Analysis of the model results.

The authors emphasize that the stages disposed on Figure 2 must not be interpreted as a linear sequence, since in a practical study there may (and must) occur several

iterations and reseedings to the process as the understanding of the problem changes.

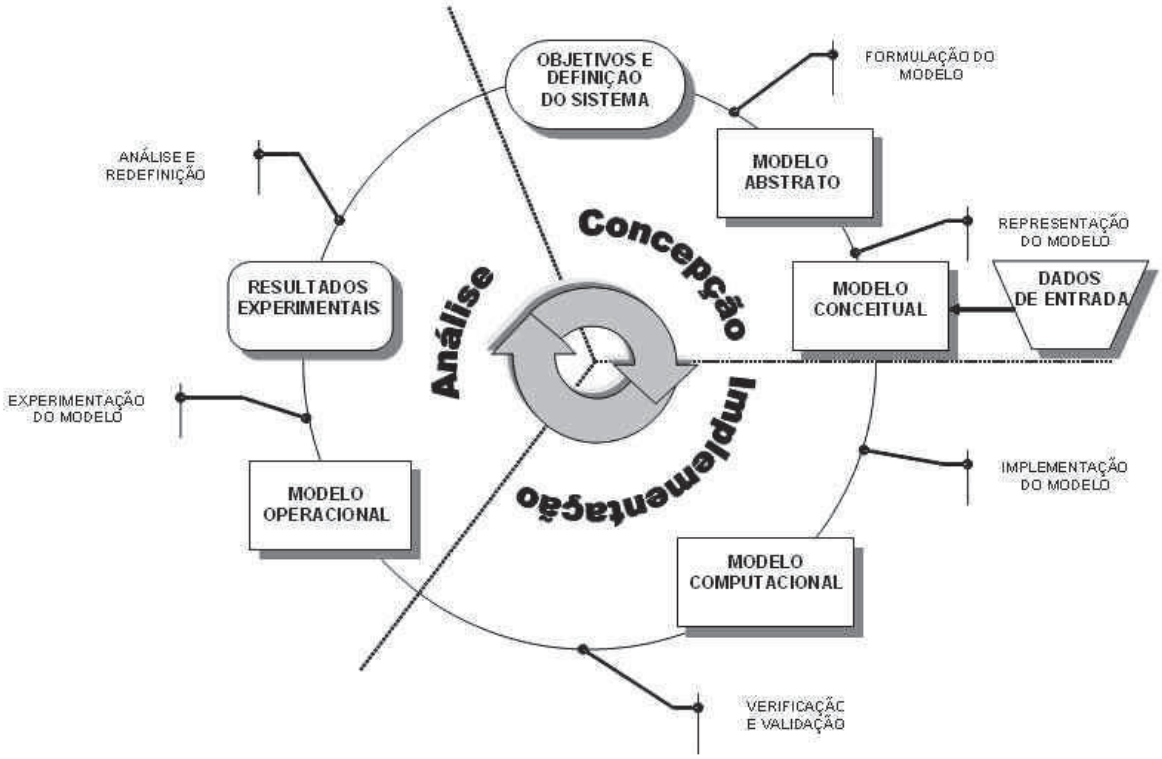


Figure 2 – Simulation Methodology

MODEL DESCRIPTION

As initial premise, we considered the terminal working exclusively with containers.
All processes are set around the movimentation of 8 types of containers, combined as follow: full x empty, 20 x 40 feet, importation x exportation (comprehended here as the direction to which the container will flow), moved by ships via long course navigation or cabotage.

The yards can be classified in these 8 types too, one to each type of container. The quantities stored increase or decrease depending on the operation. These processes that will modify piles and yards are those from importation and exportation of containers brought from ships or trucks. Such processes will be called external entities that can also be split into 4 categories:

Long course container vessel (with load and unload movimentation)

Cabotage vessel (with load and unload movimentation)

Empty container truck entering the terminal to load through the yard

Full container truck entering the terminal to unload in the yard

Still complementing the model, there are internal processes in the terminal that do not modify the number of entities that arrive and depart from the system (terminal), but support the external entities (ships and trucks) in fulfilling the transition between them and the yards: mooring berths, hoisters near the berths, reach stackers and RTGs, yard hustlers, gates and external trucks. Besides, the terminal layout with yard positions, access bridge and distances covered are also elements of the model.

INPUT DATA AND SIMULATION RESULTS

The model was developed in a generic way and may be customized within agreement to situations and scenario, open to analysis.

The maximum numbers of resource available in the model are:

- 6 berths;
- 10 types of ships that may be allocated in specific berths;
- 6 board cranes that may be allocated in specific berths;
- 14 shore cranes that may be allocated in specific berths;
- 8 autonomous yards;
- 32 equipment (RTGs, RS, EH, etc) that may be allocated to specific yards; Flexible yard allocation by equipment type in up to 8 categories (20s, 40s, empty, full, importation, exportation);
- 120 trucks (may be dedicated to an specific operation between gates and yards and type of equipment);
- 8 gates for entrance (may be linked to specific yards);
- 8 gates for exit (may be linked to specific yards);

DATA INPUT

The following tables describe the needed data to process the simulation model:

Table 1 – Demand and consignation data

Importation demand (TEU/year)	
Exportation demand (TEU/year)	
Number of berthing L/C per year	
Number of Cabotage berthing per year	
Average Importation Consignation L/C (TEU/berthing)	
Average Cabotage Importation Consignation L/C (TEU/berthing)	
Average Exportation Consignation L/C (TEU/berthing)	
Average Cabotage Importation Consignation L/C (TEU/berthing)	
% Cabotage cargo	Calculated by interface
Simulation time (days)	
Average Interval Between Ship (days)	Calculated by interface
% Cabotage ships	Calculated by interface
Conversion factor (TEU movimentation)	

RESULTS GENERATED AND PROVIDED BY THE SIMULATION MODEL

The following tables describe the results provided by simulation.
The model generates a ship log that registers the operational characteristics of each ship operating in the terminal, as well as an instant picture of the yard situation concerning stocks. The details of these records are shown on Table 5.

As initial model response, it is showing statistics of occupancy, queues and use of terminal resources (berth, crane, bridge, yard, gate and trucks), detailed accordingly at Table 6.

Table 2 – Operational log of each ship

Number of journey	For each berthing
Traffic type	L/C or cabotage
Board equipment	1 – has board equipment
Berth	Occupied berth
Import. Consignation	Total of importation movimentation
Imp. quantity - full 20	Movements of importation 20 feet full
Imp. quantity - full 40	Movements of importation 40 feet full
Imp. quantity - empty 20	Movements of importation 20 feet empty
Imp. quantity - empty 40	Movements of importation 40 feet empty
Exp. Consignation	Total of exportation movimentation
Exp. quantity - full 20	Movements of exportation 20 feet full
Exp. quantity - full 40	Movements of exportation 40 feet full
Exp. quantity - empty 20	Movements of exportation 20 feet empty
Exp. quantity – empty 40	Movements of exportation 40 feet empty
Imp. Full 20	Importation stock 20 feet full
Imp. Full 40	Importation stock 40 feet full
Imp. Empty 20	Importation stock 20 feet empty
Imp. Empty 40	Importation stock 40 feet empty
Exp. Full 20	Exportation stock 20 feet full
Exp. Full 40	Exportation stock 40 feet full
Exp. Empty 20	Exportation stock 20 feet empty
Exp. Empty 40	Exportation stock 40 feet empty
t_0	Date and time of ship arrival
t_1	Date and time of berthing start
t_2	Date and time of berthing end
t_3	Date and time of operation start
t_4	Date and time of operation end
t_5	Date and time of unberthing start
Equip. productivity (mov/hour)	Ship Operation Productivity

Table 3 - Occupation of resources in queue

Occupation of resources																
Berth 1	Berth 2	Up to 5 berths	Board equipment 1	Board equipment 2	Up to 20 cranes	Truck 1	Truck 2	Up to 200 trucks_3	Truck_20	Resources-bridge	equip_yard_1	equip_yard_2	equip_yard_3	gate_1	gate_2	gate_3
84,1%	75,1%	63,3%	32,4%	30,2%	25,8%	71,2%	71,1%	70,5%	0,0%	41,9%	56,7%	36,1%	0,0%	71,2%	60,0%	46,2%

Average time in queue								
Ship_queue	bridge	Final_berth_1	berth_5	berth_6	Equip._1	Equip._yard_7	Equip._yard_8	Equip_yard_truck_1
0,00	0,00	1,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Queue average sizes								
Queue_ship	bridge	Final_berth_1	berth_5	berth_6	equip_1	Equip._yard_7	Equip.yard_8	Equip._yard_truck_1
0,00	0,11	0,75	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,17

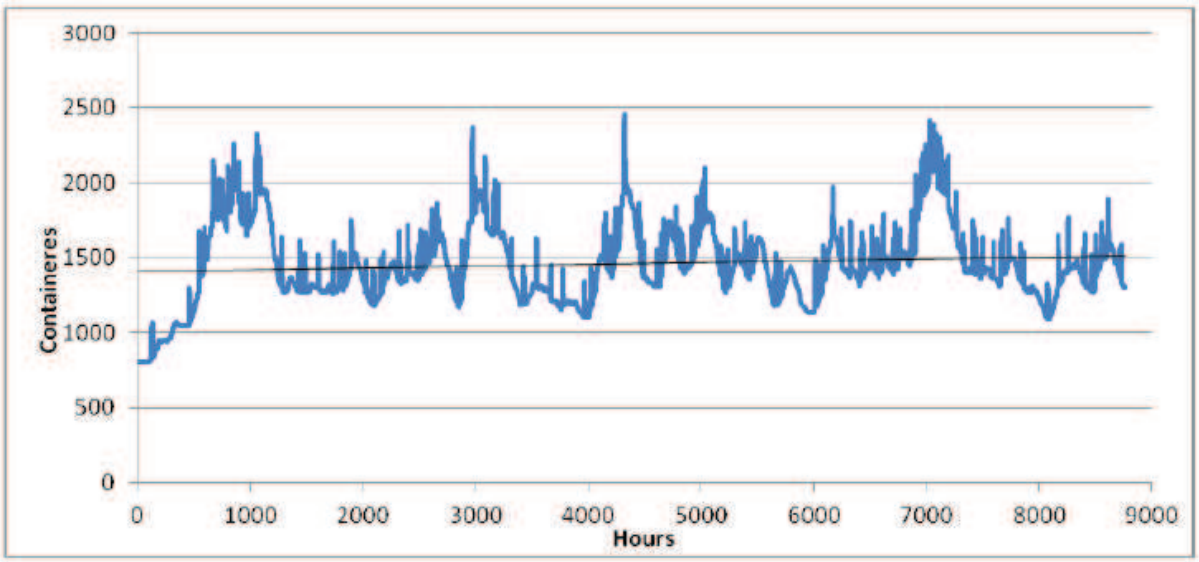
	Truck on berth					
Average time of truck cycle	berth 1	berth 2	berth 3	berth 4	berth 5	berth 6
0,01	2,22	2,20	2,16	2,30	0,00	0,00
17,51 minutes						

Global occupation				
Berths	Cranes	Trucks	Yard equipment	Gates
0,62507	0,30182	0,3053966	0,208969	0,48691

Truck Traffic							
On bridge	max	Between berth and bridge	max	Between bridge and yard	max	Between yard and gate	max
0,8	2,0	5,1	16,0	7,0	20,0	15,7	193,0

In addition to this information, it is possible to make graphics of truck traffic in the terminal and stocks on container yard.

The graphic below shows the total stock evolution considering date 0 and a stock of 800 containers (beginning of year), with an hourly register of punctual terminal stock through 365 days a year (8760h). The maximum peak is 2500 containers, with approximately 1000 containers amplitude.



CONCLUSION

Within the considered premises, it is possible to acknowledge that the system still has layday because of low resources occupation rates (berth, bridge, truck).
It is highlighted that the model is an important tool to port planning to consolidate the scenarios that will be analyzed.

REFERENCES

CHWIF, L., MEDINA, A. C. Modelagem e Simulação de Eventos Discretos – Teoria e Aplicações. 2ª ed., São Paulo: Editora do Autor, 2007.

LAGUNA, M. Optimization of Complex Systems with OptQuest. Graduate School of Business Administration, 1997.

Won Young Yun, Yong Seok Choi, A simulation model for container-terminal operation analysis using an object-oriented approach. International Journal of Production Economics, Volume 59, Issues 1–3, March 1999, Pages 221–230

Dirk Steenken, ,Stefan Voß, Robert Stahlbock, Container terminal operation and operations research - a classification and literature review, OR Spectrum, January 2004, Volume 26, Issue 1, pp 3-49 OR Spectrum.

Zhuo Sun, Kok Choon Tan, Loo Hay Lee, Ek Peng Chew4, Design and evaluation of mega container terminal configurations: An integrated simulation framework, SIMULATION June 1, 2013 89: 684-692

El mercado marítimo internacional a traves de la crisis económica

José González Cobas. Doctor en Ciencias Económicas- Especialidad Economía Marítima. Investigador Titular del Centro de Ingeniería y Manejo Ambiental de Bahías y Costas. Profesor Adjunto del Instituto Superior Politécnico José A. Echeverría de La Habana. Carretera del Cristo No. 3, Casablanca, Regla. La Habana 11700. Telf. (537) 7937051 y (537) 6454892
Correo Electrónico: jgcobas@cimab.transnet.cu y jose@tesla.cujae.edu.cu

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo es ofrecer una panorámica del desarrollo del mercado marítimo internacional en medio de la crisis económica por la que transita el mundo desde el año 2008, esbozando su repercusión en el sector naval y marítimo portuario, 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 y los precios de estos llevados a desguace en los diferentes períodos de los últimos años en el mercado internacional. Finalmente se ofrecen reflexiones acerca de la repercusión de la crisis y algunas ideas de cómo el sector debe enfocar dicha crisis con vistas a un ulterior desarrollo de las marinas mercantes nacionales.

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, is analyzed the crisis effect into shipping, shipbuilding and scrapping, 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 suggest recommendations about consequences of the actual world crisis and some ideas as

how the maritime sector must to face this crisis in order to national merchant fleets development.

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 equipos e 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 los últimos 2 – 3 años, aumenta la proporción de buques amarrados sin trabajo, y existe preocupación respecto al futuro inmediato.

También en los últimos años la crisis internacional ha sido especialmente aguda en el sector de empleo. En algunos países europeos el porciento de desocupación apunta al nivel del 20%, otros en mayor número el valor supera el 10% nivel este al que se ha acercado la economía norteamericana. En el trabajo se ofrece una panorámica del desarrollo de las crisis económicas internacionales en general y su repercusión en el sector naval y marítimo portuario

2. 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 a partir de 1970 hasta el año 2007, en que el crecimiento del comercio internacional alcanzó un momento cumbre y ello en relación a los principales indicadores de construcción naval (contratos de

construcción de nuevos barcos para cada año, entregas anuales y cartera de pedidos acumulada 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. Siguiendo a lo antes expuesto una explosión en el desarrollo de países del sudeste asiático, con China a la cabeza, despuntando ya como gran potencia, y en segundo término la India, se produjo un acelerado desarrollo en el comercio exterior de la región, que ocasionó una gran demanda de buques para satisfacer las transportaciones objeto de dicho comercio. Pero esto se produce al unísono con las crisis hipotecarias en los Estados Unidos, con la quiebra de importantes bancos y entidades financieras, a lo que tuvieron que concurrir los gobiernos norteamericanos y europeos con el aporte salvador de miles de millones con el fin de apuntalar a sus resquebrajadas economías.

Así en el pasado año 2012 y lo que va del presente 2013 se presenta con una gran incertidumbre financiera en los países de mayor desarrollo, obligándose el resto de las regiones a tratar de navegar en un encrespado mar de situaciones financieras de distinta índole y pensar y repensar donde ubicar sus inversiones y en como poder lograr la mayor eficiencia de sus economías aprovechando las coyunturas de un mercado en extremo volátil.

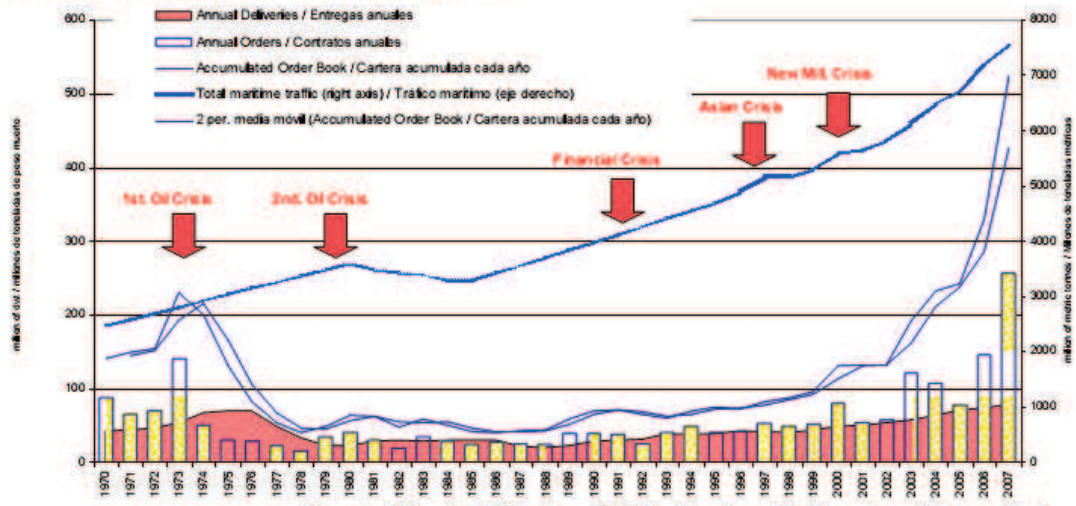
La economía del sector marítimo

El sector marítimo y portuario siempre resultó y resultará afectado por las crisis internacionales, en mayor o menor medida, ya que ees parte de la economía mundial, 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). La crisis en si misma y la posterior recesión económica, provocaron una enorme cantidad de buques amarrados 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, los de Sur América no fueron excepción.

La órdenes de construcción de buques se redujeron un 65% entre 1973 y 1974, y en 1978 las órdenes eran 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. (Gráfico No. 1). 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 hasta 1986, a partir de entonces y hasta 2007, se mantuvo el crecimiento positivo del transporte marítimo en su conjunto (Portacontenedores, graneleros, tanqueros y otros), a una tasa media anual de aproximadamente el 3.5%.

Gráfico 1 El largo plazo en la industria marítima



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

La construcción naval tuvo altibajos; sin embargo, nunca recuperó las tasas de crecimiento previas a 1973, sino hasta treinta años después: 2003 - 2004 y 2005 -2007 (considerando la pendiente de la cartera). 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, fue 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.

Respecto a la crisis actual, la caída del consumo mundial a partir del 2007-2008, 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 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 el mercado mundial de cargas generales, donde anualmente se movieron en los años 2004– 05 más de 300,0 millones de TEUs, esta tecnología tocó fondo durante la crisis a menos de 100 millones, comenzando a recuperarse a partir del 2009 y ya hasta el pasado año 2012 a pesar de la recuperación, la actual estructura de servicios marítimos, ha quedado sobredimensionada. Proliferan los acuerdos entre compañías para ofrecer servicios conjuntos, mientras que otros disminuyen su velocidad para reducir costes en combustible. Las reestructuraciones y fusiones de los servicios dificultan saber cuántas rutas se han reducido. En 2009 estuvieron amarrados 578 buques portacontenedores con una capacidad de 14,3 millones de TPM. una cifra considerablemente más alta de lo que algunos analistas pensaban
En el mercado de petroleros la crisis ha sido menor debido al desguace obligado de tanqueros, en cumplimiento del calendario de la OMI para eliminar progresivamente los petroleros monocasco.El 70% de la flota mundial de petroleros tiene menos de 9 años.

Como consecuencia de toda la situación antes esbozada del mercado internacional de las finanzas y los productos, el mercado de fletes y buques en este caso se ha desplomado, después de un boom del mercado internacional de productos, principalmente graneles (mineral de hierro y carbón) que movieron gran cantidad de buques hacia el Lejano Oriente, que inversamente a lo que pasa actualmente, se produjo a partir del año 2004.

Para iniciar nuestro análisis se expone a continuación el estado de la flota mundial de cargas y el estado de la cartera de pedidos de nuevas construcciones en Junio de 2013 en la Tabla No. 1. De la información que se expone en la tabla cabe destacar los tonelajes de los tipos de buques que constituyen la mayoría de la cartera de pedidos en por ciento del tonelaje en existencia, estos son:

- Tanqueros para combustibles mayores a las 10,000 TPM con un 12%.
- Quimiqueros con un 10%.
- Graneleros con un 20 %.
- Gaseros para LPG y LNG con un 39%.
- Portacontenderos con un 19%.
- Roll-on/Roll-off con un 15%.
- Embarcaciones para servicios Off-shore con un 24%.

La flota en contratos y/o en construcción representa un 16% de la flota total existente en el mundo. Resaltando en importancia la flota de buques gaseros, prueba del gran interés mundial de utilizar los gases como una energía más limpia, asi como la de las embarcaciones para servicios a plataformas de perforación y explotación en el mar que le sigue en volumen de embarcaciones.

Tabla No. 1

Flota Mundial de carga y cartera de Pedidos en Miles de TPM en junio 2013

					Cartera de Pedidos Junio 2013		
	2009	2011	2013				
Tipo de buques	T.P.M.	T.P.M.	No.	T.P.M.	No.	T.P.M.	% Fle
OIL TANKERS > 10k dwt	393,2	432,1	4,009	448,9	407	53,5	0,12
OIL TANKERS < 10k dwt	12	12,6	5,17	12,8	145	0,5	0,04
CHEMICAL TANKERS	43	48,1	3,618	49,6	182	4,7	0,10
OTHER TANKERS	3,6	3,5	657	3,6	19	0,2	0,05
BULKERS	458,6	615,5	9,49	679,2	1,711	136,2	0,20
COMBOS	7,1	7,5	36	5,3	0	0	0,00
LPG CARRIERRS	14,4	15,1	1,24	15,3	94	2,1	0,14
LNG CARRIERRS	25,9	29	372	29	85	7,1	0,25
CONTAINERSHIPS	169,1	196,9	5,108	206,6	476	39,1	0,19
MULTI-PURPOSE	26,5	27,9	3,158	28,2	168	2,4	0,09
			1502				
GENERAL CARGO	38,3	37,8	6	37,2	99	0,7	0,02
RO-RO	9,8	9,1	1,35	8,9	50	1,3	0,15
CAR CARRIERS	10	11,2	750	11,7	44	0,9	0,07
REEFERS	6,7	6	1,452	5,3	3	0	0,00
OFFSHORE (AHTS/PSV)	6,3	7,6	5,233	8,1	629	2	0,24
OTHER CARGO	6	5,9	763	5,9	25	0,3	0,05
WORLD CARGO FLEET	**1,230, 3**	**1,465, 7**	**5743 2**	**1,555, 6**	**4,137**	**251**	**0,16**

Tabla elaborada por el autor a partir de documentos señalados en la bibliografía.

3. LAS CONSECUENCIAS DE LA CRISIS PARA LAS CARGAS SECAS

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 en los últimos años.

Alquiler de buques Graneleros

En la tabla no.2 puede apreciarse el comportamiento de esta modalidad de fletamento en graneleros de tamaños medios del mercado, que son aquellos contratados habitualmente por embarcadores cubanos. Los niveles promedios de esta modalidad de fletamento en el primer semestre del 2013 están rondando entre el 60% y el 90% de los valores del año previo al boom de los años pre-crisis (2003-2004). Los valores obtenidos en la primera parte del presente año parecen indicar a todas luces el nivel de los costos de armador de dichos buques, aunque pudiera haber casos en que muchos de ellos se encuentren por debajo de ellos, prefiriendo tener pérdidas inferiores al amarre, con la esperanza que el mal momento de la crisis pase rápido.

TABLA No. 2

Alquiler promedio diario de graneleros – Modalidad P*eriod Charter*

Time Charter por un año		**2004(*)**	**2007**	**2008**	**2009**	**2011**	**2012**	**Enero-Junio 2013**
Panamax	**Modern**	14000	56909	48876	19303	14663	9706	8823
Handymax	**,,**	12000	47582	41113	36086	12250	8649	8000
Handysize	**,,**	8000	42853	36245	13320	11587	8234	7594

(*) Valores ponderados del 2º semestre de 2003 e inicios del año 2004.

Fuente: Shipping Intelligence Weekly. Clarkson Research Service Ltd. Varios años.

El mercado de alquiler por tiempo (Period), se presenta en los últimos 3 años con niveles similares a los del alquiler por viaje, lo cual es lógico de cara a una crisis

cuyo momento de recuperación no se puede aún vislumbrar con nitidez y mas en este mercado en que el nivel de buques en construcción y contratados alcanzó un nivel record, en los años precedentes. no existiendo, al menos en términos de contratos, espacio en los astilleros de construcción hasta después el año 2014.

En la tabla no. 3 que sigue, se presentan los niveles de alquiler diario para la modalidad Trip-time (alquiler para un viaje). Los niveles actuales de esta modalidad son similares a los de la contratación para el período de un año.

TABLA No. 3

Alquiler promedio diario por viaje de graneleros - Modalidad T*rip - Charter*

TRIP - Time Charter		**2008**	**2009**	**2011**	**2012**	**Enero-Junio 2013**
Panamax	**Modern**	48876	19298	13895	7440	7390
Handymax	**,,**	41113	16914	13814	8859	8125
Handysize	**,,**	36245	14741	10884	7852	7711

Fuente: Shipping Intelligence Weekly. Clarkson Research Service Lted. Varios años.

Un aspecto que deprime el mercado de graneleros, lo es que en este año 2013 se entregará el 75% de los buques ahora en cartera, quedando el 25% restante para su entrega en el 2014. O sea que este mercado se prevé se mantenga deprimido, debido a un desbalance tácito entre oferta y demanda. Consecuencia de lo antes planteado es que los alquileres en contratos por tres años resultan aún ligeramente más bajos que los de un año vista, a partir del criterio de algunos de que ya la economía internacional se encuentra en punto de recuperación.

Alquiler de Portacontenedores y Multipropósito

Otra cosa ha sucedido con el mercado *spot* 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 son en general de largos períodos de tiempo, que varía desde uno a tres años y aún mayores. En la Tabla No. 4 se presenta el comportamiento en promedios anuales de alquiler por día de los distintos tamaños de portacontenedores, incluyendo lo buques sin medios de carga en cubierta de hasta 3,500 TEU´s y multipropósito de 9,000 y 17,700 TPM para cargas generales y contenedores.

Tabla No. 4

Promedios anuales del alquiler diario de buques portacontenedores y Multipropósito

Tamaños de buques	Promedios anuales USD / Día					Ene-Jun
	2005	2007	2009	2011	2012	2013
Porta Contenedores						
Feedermax,725 teu c/ gruas	12775	9054	3,558	5,479	4,383	4700
Handy,1000 teu c/ gruas	17700	12500	4,075	7,729	5,358	6250
Handy,1700 teu c/ gruas	27146	16613	4,754	10,142	6,292	6775
Sub-P´max,2000 teu sin gruas	28750	19696	5,054	10,688	6,408	6350
Sub-P´max,2750 teu sin gruas	34813	26292	5,638	13,388	6,742	6600
Panamax,3,500 teu sin gruas	38427	29958	6,575	14,871	7,179	6825
Multipropósitos						
17,700 dwt,grd.1 yr. t/c (liner)	14983	14792	9,529	9,729	8,988	8600
9,000 dwt,grd.1 yr. t/c (liner)	12213	10708	9,747	6,425	6,042	6100

Fuente: Shipping Intelligence Weekly. Clarkson Research Service Ltd. Varios.

La crisis en estos buques se refleja en el aprovechamiento de sus slots y si la crisis se extiende en el tiempo, es que entonces comienzan a quedar buques disponibles. Debe aclararse que el análisis de estos tipos de buques, no debe confundirse con los grandes buques portacontenedores (más de 3,500 TEU´s) que son noticia en la actualidad, ya que ellos no constituyen en general objeto de fletamento en el mercado, siendo los mismos propiedad de las grandes navieras de contenedores.*años.*

Los fletes de estos buques presentan algún nivel de recuperación a partir del 2011, pero lejos de alcanzar los niveles del 2005, el que podemos llamar un año de mucha especulación financiera. La demanda de carga en contenedores que sigue en ascenso es la causante de que el mercado de estos buques haya experimentado alguna mejoría.

Por otra parte resulta interesante el análisis de cómo está evolucionando el tamaño de los buques portacontenedores con dos tendencias buques más grandes hacia "Mega carriers" y hacia otros mas pequeños – Feeder -, que sirvan de enlace a los tráficos, dejándose a un lado los buques de capacidades intermedias, por lo que parece vislumbrarse, podrán tener más importancia en el futuro los "Feeders" de tamaños inferiores, pero, ¿cuanto más inferiores?. Las capacidades de admisión de los puertos y terminales especializadas tendrán la palabra.

4. LAS CONSECUENCIAS DE LAS CRISIS PARA LAS CARGAS LIQUIDAS

Como hemos expuesto con anterioridad el mercado de cargas liquidas ha sufrido en menor escala las consecuencias de la crisis actual, ya que si bien tuvo un repunte de los fletes, aprovechando el florecimiento del mercado de cargas secas en los años de mediados de la década anterior, como objeto de la transportación de una carga imprescindible para todas las economías, su evolución ha dependido de la época del años (la demanda de combustibles en el invierno del hemisferio norte se incrementa) y por tanto es un mercado cíclico. No obstante debido a la importancia de los combustibles, situaciones de inestabilidad política son aprovechadas por comerciantes y armadores para incrementar sus ganancias.

El mercado de tanqueros ha estado en los últimos 15 años en un proceso de sustitución de los buques sin doble casco para productos pesados (negros o sucios), próximo este a terminarse por resoluciones de la OMI para garantizar mayor seguridad contra derrames, cuestión esta que ha servido de incentivo a la industria de construcción naval, debido a que muchos armadores le han fijado esos buques una edad límite de 20 años para su retirada del servicio activo. Noticia ha sido la conversión de unos 60 VLCC a *Mineraleros.*

En ambos gráficos puede verse las alzas que se presentan en los meses de invierno del hemisferio norte. En el caso de la gráfica de tanqueros para derivados, se puede observar como durante el período han existido picos sensibles de los buques "handy", (los más chicos y dedicados fundamentalmente a la transportación de productos blancos). En ambos años 2011 y 2012 en la época de invierno han tenido picos de precios por encima de los buques de mayor tamaño.

A continuación se presenta la tabla no. 5 en donde se exponen los valores promedio de alquiler de tanqueros en los últimos años.

Tabla No. 5

PROMEDIOS DE ALQUILER DE TANQUEROS POR TAMAÑOS - Trip – Time

Tipo de buques	Promedio de USD/Día					
	2007	2008	2009	2011	2012	Junio 2013
VLCC	54979	92511	49943	15461	18296	16434
SUEZMAX	44142	76634	43175	18154	16908	6272
AFRAMAX	33124	49944	25810	12597	12939	9738
HANDYMAX	24416	23325	13445	10,545	10,505	12032
HANDYSIZE Limpios	22412	21422	15461	10,037	11,186	9671
HANDYSIZE Sucios	31162	36845	22093	8,456	11,637	11266

Tabla elaborada por el autor a partir de fuentes señaladas en la bibliografía.

Puede verse como en general los años 2007 y 2008 fueron años pico en los alquileres tras los cuales comenzó la crisis en el sector y los niveles han llegado a niveles ínfimos. Con ello se demuestra el nivel de especulación que se ha estado viviendo en este sector y la importancia de siempre que exista una garantía de carga, resulta conveniente desde el punto de vista económico poseer buques propios. Vale señalar también que producto de la eliminación de los buques de casco sencillo en un porciento grande en estos momentos, se ha hecho sentir la disminución de la oferta en buques, lo cual ha traido como consecuencia el comienzo de la estabilización de este mercado a partir del pasado año 2012. A

continuación en la tabla no. 6 podemos observar el comportamiento del mercado de alquiler de los tanqueros por mayor tiempo (Period Charter).

Es curioso observar que los buques de menor tamaño han estado durante el período analizado, libres del factor especulativo. Por el contrario de los buques mayores, que sufrieron el efecto especulación, la causa puede haber sido o bien por casualidad de vencimiento de sus contratos vigentes o bien por una clausula resbalante de contrato que se haya incluido en los mismos como elemento de cautela, ya que los tanqueros de gran tamaño son explotados por grandes transnacionales petroleras vinculadas principalmente al mercado del medio oriente, área esta muy explosiva.

TABLA No. 6
ALQUILER DE TANQUEROS POR TIEMPO (PERIOD) – 2006 – 2013

Tamaños de buques		Promedio de USD/Día				
		2006	2008	2010	2012	2013
Timecharter por un año						
310,000 Dwt	Modern	58308	72073	37,962	22,125	19,146
150,00 Dwt	Modern	43173	47671	28,377	17,356	16,041
110,000 Dwt	Modern	33154	36622	18,731	13,639	13,292
74,000 Dwt	Modern	31144	28939	16,604	12,995	14,719
47-48,000 Dwt	Modern	27067	23902	13160	13,514	14,073
37,000 Dwt	Modern	24731	22220	11,528	12,317	12,854
Timecharter por 3 años						
310,000 Dwt	Modern	47279	66537	38,302	26,995	24,375
150,00 Dwt	Modern	38087	41012	27,387	20,952	18,646
110,000 Dwt	Modern	28635	31037	20,052	15,87	15,115
74,000 Dwt	Modern	27096	26494	17,495	14,168	15260
47-48,000 Dwt	Modern	22279	22646	14,175	14,389	14,698
37,000 Dwt	Modern	20712	20488	11,783	13,178	13490

Tabla elaborada por el autor a partir de fuentes señaladas en la bibliografía.

El mercado de buques gaseros

Este mercado ha estado tomando fortaleza e importancia en la medida que se ha estado fortaleciendo la política medioambientalista en busca de tecnologías

energéticas mas limpias o renovables. Aunque en nuestro país todavía se encuentran en proyecto las operaciones de importación de grandes cantidades de gases, se realizan actividades de cabotaje con pequeños buques y no resulta despreciable comenzar a conocer el desarrollo de este mercado. Como comentario acerca del desenvolvimiento de este mercado, es que se nota una ligera tendencia al incremento en el año actual en comparación con el 2012, como consecuencia lógica de lo anteriormente planteado sobre la tendencia a la utilización de tecnologías energéticas más limpias. Como comentario acerca del desenvolvimiento de este mercado, es que se nota una ligera tendencia al incremento en el año actual en comparación con el 2012, como consecuencia lógica de lo anteriormente planteado sobre la tendencia a la utilización de tecnologías energéticas más limpias. A esos efectos se muestra la tabla no. 7 con la evolución del fletamento de buques gaseros en los últimos años y hasta el momento actual.

TABLA No. 7

ALQUILER DE GASEROS POR VIAJE y POR TIEMPO

	USD / DIA				
Capacidad en m³	**2006**	**2008**	**2012**	**2013**	**jun-13**
Alquiler por viaje					
82000 m3	(*)	22357	30,396	39,538	58,686
78000 m3	37327	21535	29,280	39,203	56,089
Alquiler por 12 meses					
82,000 m3 modern	(*)	25932	30,513	30,149	35,343
78,000 m3 modern	37727	24617	30,159	29,820	34,850
59,000 m3 modern	35394	28439	29,144	32,286	32,549
57,000 m3	29931	18370	26,005	27,913	27,946
35,000 m3	33247	27946	25,704	25,381	25,809
22,500 m3 modern	27588	27946	23,95	24,395	24,987
20,500 m3 Semi- Ref	(*)	30946	28,104	29,721	30,412
15,000 m3 Semi-Ref	22353	23425	20,687	20,417	20,548
8,250 m3 Ethylene	19967	21370	17,744	17,261	17,261
3,500 m3 Presure	(*)	7521	7,777	8,219	8,219
3,200 m3 Semi-Ref	9939	10192	8,842	9,206	9,206

(*) Las fuentes utilizadas no contemplaban información en esos años.

Tabla elaborada por el autor a partir de fuentes señaladas en la bibliografía.

Por otra parte se nota mayor estabilidad en el mercado de fletes de estos buques, pues no ha habido afectación durante los años del boom de los buques para cargas secas y la elevación de los niveles de alquiler se deben en general a consecuencias de los precios de las nuevas construcciones y a la elevación de los precios del bunker y otros servicios en general.

5. EL MERCADO DE BUQUES: NUEVAS CONSTRUCCIONES Y DE SEGUNDA MANO.

El mercado de buques de segunda mano se muestra con una depresión debido a la carencia de mercado, ya que buena parte de los buques contratados y que ahora exceden, en grandes proporciones, la demanda de los armadores que operan en el mercado *spot,* están operando y obviamente los fletadores prefieren los de nueva construcción, por lo que los buques más viejos se están poniendo a la venta, se han estado amarrando o demoliendo en dependencia de su edad y de la economía del armador.

En la tabla no. 8 que sigue se muestra la evolución de los precios promedios anuales reportados de buques de nueva construcción y de segunda mano de 5 y 10 años de edad, según tipos de buques de interés para nuestro país. Resulta evidente el salto especulativo del mercado de nuevas construcciones y de buques de segunda mano, en donde se cumple perfectamente la ley de la oferta y la demanda del mercado. Resaltan los precios de buques de segunda mano que entre 2007 y 2009 se comercializaron a valores superiores o muy cercanos a los de nueva construcción, la causa: Los astilleros mundiales se saturaron de pedidos y en el año 2008 no se podían contratar buques con entregas a menos de 2-3 años vista y el negocio del mercado spot estaba en tener los buques en la mano.

Las diferencias de precios hablan por si solas. Si se tiene mercado, sobre todo cautivo, en estos momentos es tiempo de comprar buques. En la tabla no.9 que sigue, se presentan los precios promedio de los últimos años de los tanqueros de

nueva construcción y de segunda mano de 5 y 10 años de edad de interés para nuestro país.

Tabla No. 8

Evolución de los precios de Graneleros en los últimos años

Clase de Buque		Precio en Millones de U.S.D.			
	2006	2008	2010	2012	2013
N. Construcción					
Panamax	36	64	34,5	25,8	25,8
HandyMax	28	47	31	24,3	24,8
HandySize	26	32.5	26,5	21	21,3
2da Mano - 5 años					
Panamax	29,5	85	36	18	22
HandyMax	25	74	29	19,5	25
HandySize	25	68.2	25	15,5	18
2da Mano - 10 años					
Panamax	24	71	28	13	15,5
HandyMax	21	59	24	14,5	15,5
HandySize	21	58	21,5	12	13

Fuente: Elaboración del autor a partir de reportes de varios años de Clarksons Consultants Services.

En el caso de los tanqueros las diferencias de precios de buques nuevos y de segunda mano no fueron tan drásticas como la de aquellos para cargas secas, aunque en el período 2006 – 2008 se presenta similar situación respecto a los buques de nueva construcción y de segunda mano, dado por la situación de falta de capacidad para la construcción debido haber alcanzado una gran alta las carteras de pedidos en la mayor parte de los astilleros. A partir del 2010 las diferencias entre buques nuevos y de segunda mano ya se restablecieron y los precios han disminuido a niveles inferiores a los del 2006.

Tabla No. 9

Evolución de los precios de Tanqueros en los últimos años

Clase de Buque	Precio en Millones de USD				
	2006	2008	2010	2012	2013
Nueva construcción					
Panamax	48,5	62,1	46	35	37
Product carrier - 45/51000	36,5	50,9	36	35	35
2da Mano - 5 años					
Panamax	48	61,5	36	25	27
Product carrier - 45/51000	45	52,5	26	25	25
Product carrier - 35/37000	25	30,5	24,5	22	23
2da Mano - 10 años					
Panamax	39	49,2	24,5	16,5	17,5
Product carrier - 45/51000	35	43	18,5	16,5	16,5
Product carrier - 35/37000	21	23,0	15,5	13	14
Nota: Los valores para buques Panamax / Product Carrier 45/51000 de nueva					

Nota: Los valores para buques Panamax / Product Carrier 45/51000 de nueva construcción 2010-2013 se refieren a Re-sales.
Fuente: Elaboración del autor a partir de reportes de varios años de de publicaciones de Clarksons Consultants Services Lted.

Debe considerarse que los precios de las construcciones navales solo pueden ser rebajados hasta descontar el nivel de especulación dado por las circunstancias coyunturales, pues 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 costos de materias primas, producciones de equipamiento, salarios y los precios de los combustibles dados por cada productor y por cada sector en particular.

6. **EL MERCADO DE DESGUACE DE BUQUES**

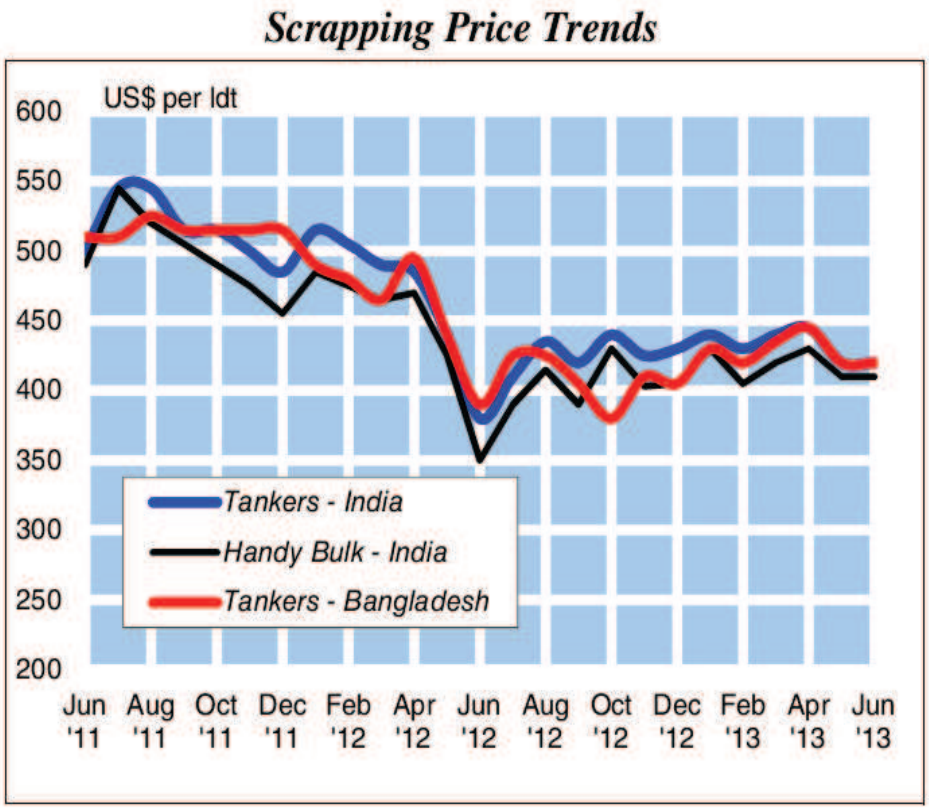
Este mercado se mueve como consecuencia del comportamiento de la oferta y la demanda de buques y es un comportamiento muy claro y directo:

- Escasean buques por alza en la demanda de cargas y todos los armadores tratan de *estirar* la vida útil de sus viejos buques para sacar más provecho. Como consecuencia se envían menos buques a desguace.
- Sobran buques por exceso de estos en el mercado spot o sencillamente por bajs en la demanda de cargas y se comienza a *amarrar buques.* Si la situación perdura en el tiempo más allá de lo que la economía de los armadores lo posibilita, entonces estos comenzarán a enviar los buques más viejos al desguace.

A su vez, al existir bajo desguace de buques, el precio de la chatarra altamente demandada por acerías aumenta y viceversa cuando los buques abruman los centros de desguace. Entre Febrero y Septiembre de 2008 los precios de compra por tonelada larga de buques para desguace se sostuvo en el increíble nivel de los $ 750 por tonelada larga de desplazamiento, debido a la pobre oferta de buques para desactivación, nivle este que se desplomó a los $ 200/250 por tld en octubre de ese propio año, como consecuencia de la irrupción de la crisis en el sector. Con posterioridad este mercado se fue recuperando y los niveles ascendieron hasta altos niveles de nuevo a mediados del 2011, año en que hubo un repunte -*en falso*- de los mercados, para caer de nuevo con la llegada masiva de más buques a desguace a partir del 2012. Desde entonces los precios de la tonelada larga de acero naval de desguace se ha mantenido en el entorno de los $ 400 USD / tld, tendencia esta que pudiera bajar ligeramente debido al alargamiento de la crisis financiera en la Comunidad Europea y otros países de mayor desarrollo, como puede verse en el Gráfico No. 2.

Grafico No. 2

Evolución de los precios del desguace de buques - 2011 – 2013



Fuente:Shipping Intelligence Weekly.Clarkson Research Serv.Ltd.Londres,Junio 2013.

7. DESPUES DE LA TEMPESTAD ¿La calma? Esto solo es verdad en meteorología.

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

En el período (1998-2008), el comercio creció rápidamente como en todos los períodos de florecimiento y hubo déficit de flota, de modo que el mercado de fletes experimentó un “boom”, como ya se expuso con anterioridad. Una cuestión importante es que estas altas y bajas no son generalizables para todas las modalidades y sub-sectores del mercado marítimo. En este caso estamos reconociendo comos sub-sectores al de Combustibles, Graneles, Contenedores y el resto de las Cargas Secas, y en el caso de combustibles incluso se puede abrir el

diapasón para separar los gases licuados que han ganado en volumen de transportación considerable en los últimos años.

El año 2008 indicó la presencia (o el inicio) de una crisis (posiblemente la más severa) para el sector marítimo, 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, pero bajo severa revisión en la actualidad.

La crisis 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.

Siempre decimos que las bajas de los fletes son una buena noticia en el corto plazo para el sector productivo y el comercio internacional, para importadores y exportadores. Sin embargo, tales magnitudes de caída, como también lo fueron las anteriores subidas y la alta volatilidad, indican la existencia de problemas en la economía mundial que llama a preocupación.

Lo anterior indica que para la planificación de políticas de desarrollo, no se debe descansar en el hecho de que hoy es más barato fletar buques y los niveles de fletes de línea están en los niveles mínimos, pues en cuanto se alcance la igualdad entre oferta y demanda de buques, todo ello cambiará y se repetirá el ciclo que ha regido la economía internacional por los últimos dos siglos, volverá a escasear tonelaje en buques y fletes, y precios de buques serán objeto de especulación de nuevo y se elevarán todos los valores de estos servicios y producciones.

Cabe desde luego redundantemente repetir: El sector marítimo portuario constituye la extensión del comercio internacional, sin el cual ninguno de nuestros países del llamado tercer mundo, “**NO PUEDE SUBSISTIR”.**

Y ¿que se requiere?

- Una política de planificación acertada del sector marítimo y portuario en función del desarrollo del comercio exterior de cada uno de nuestros países.
- Búsqueda de vías de financiamiento para la construcción naval de buques de nueva construcción, porque atención, la adquisición de buques de segunda mano es una opción coyuntural solamente y no se podrá emprender una política de desarrollo de flota mercante sin garantizar el transporte en buques de nueva tecnología y con una perspectiva de máxima vida útil económica.
- No dejar atrás la tecnología portuaria, la que requiere de una innovación tecnológica constante acorde al desarrollo del tamaño de los buques.

8. CONCLUSIONES

- La crisis 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 que no tienen garantía de empleo.
- 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, pero ello no debe lugar a la especulación, pues esta degrada moralmente al sector.
- El sector marítimo portuario constituye la extensión del comercio internacional, sin el cual nuestros pais de América Latina, en general "**NO PUEDEN SUBSISTIR".**
- La flota nacional 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 realizarse sobre la base del régimen medio internacional, lo que solo se logrará 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 y se contribuya adecuadamente a mantener a las Balanzas de Pagos de nuestros países en, si no en un estado positivo, sin pérdidas o ganancias.

- La adquisición de buques debe hacerse aprovechando las coyunturas del mercado internacional, como sucede hoy en dia, lo cual será favorable en el corto plazo, ya que dueños de muchos de los buques que se terminarán en astilleros no tendrán recursos financieros ni garantía de trabajo para extraerlos, dejándolos a disposición de los propios astilleros o de sus bancos, pudiéndose comprar a precios bajos.
- Se deben comprar los buques con especificaciones y parámetros adecuados a las necesidades del comercio del país, "*No comprar lo que nos vendan*", comprar lo que nos ofrecerá una explotación eficiente.
- No huelga repetir y recalcar que "Es tiempo de promover la creación de un esquema financiero para la construcción naval en los países miembros de la CELAC indagando y promoviendo posibles oportunidades del Banco del Sur y del Banco del ALBA, para pagar los buques con el ahorro en fletes y bajo la garantía de un mercado cautivo.
- Un sector marítimo fuerte y consolidado, con puertos que operen eficientemente, es necesario para la actividad productiva y comercial, y para "ASEGURAR" el desarrollo económico de nuestro país.

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, 2009, 2010 y 2011.

Reportes del Mercado Marítimo Internacional . IMER. Varios reportes. La Habana, 2005 /2013.

Shipping Intelligence Weekly. Clarksons Research Services Lted. 2005/ 2013.

Reporte Anual del Mercado Marítimo Internacional – IMER – 2006/2013. CIMAB. La Habana, Agosto de 2013.

Estimación de cargas marinas de petroleo por calados para buque tanque petrolero y quimiquero como metodo de cuantificación indirecta de cargas de petroleo, productos refinados y quimicos.

Carlos Esteban Laya Márquez (1)
Refinería "El Palito", Edificio Terminal Marino, Apartado Postal 102, Puerto Cabello 2024-A. Estado Carabobo, Venezuela. Teléfonos: (0242) 3603805 – 3603802, (0416) 4143596. Fax (0242) 3603802.
clnaval@gmail.com / clnaval@unefa.zzn.com / layacu@pdvsa.com

Tradicionalmente la cuantificación de las cargas marinas de petróleo y productos refinados se rige por los estándares internacionales del API (American Petroleum Institute - USA) y el IP (Institute of Petroleum – UK). Para ambos casos se realiza la medición directa de los volúmenes contenidos en los tanques ya sea por vacío (ullage) o columna de líquido (innage) siendo el volumen total obtenido por esta vía posteriormente comparado con el volumen cuantificado en los tanques de tierra. En este sentido resulta de vital importancia contar con otra alternativa de cuantificación para verificar la exactitud del volumen determinado a bordo del buque, especialmente cuando se presentan diferencias buque - tierra que exceden los limites comúnmente aceptados de 0,3% y 0,5%. El método presentado en este trabajo ofrece una alternativa de cuantificación de cargas marinas de petróleo basado en los principios de la Ingeniería Naval, en el que no se mide directamente el volumen contenido en los tanques del buque, sino por el contrario se determina el Peso Muerto del buque a determinado calado y en función de este, el volumen de la carga como componente del Peso Muerto. En primer lugar se determina el Peso Muerto del buque al Calado considerado asumiendo que la sección longitudinal del casco en la línea de carga de verano es constante, donde el valor de TPC a dicho calado es constante para cualquier condición de carga; luego de esto se asume que existe una relación lineal entre el Calado y el Peso Muerto del buque para las distintas condiciones de carga (lastre, invierno, verano y tropical), calculándose el peso muerto al calado en estudio por regresión lineal. Teniendo en cuenta que el

volumen cargado es un componente del Peso Muerto, para ambos casos de despeja este valor, obteniéndose un valor que al ser promediado constituye el volumen final estimado. El volumen obtenido por este método ofrece alta precisión con desviaciones de hasta 0,01% respecto a los valores obtenidos por medición de vacío (ullage), especialmente cuando la relación entre el calado considerado y el calado de verano es mayor o igual al 80%.

Ecuación de estimación de volumen 60ºf asumiendo tpc al calado de verano constante.

$$GSV@60ºF=\frac{100.TPC\left(\frac{(C_{pr}+C_{pp}+6.C_{\otimes})}{8}+\frac{(C_{pp}-C_{pr}).LCF}{L_{pp}}-\frac{\Delta_{max}(1,025-\rho)}{100.TPC}-T_{max}\right)+SDW-\sum Pesos}{T13}$$

Donde:

GSV@ 60 ºF: Volumen estándar a 60ºF en Barriles (Estimado asumiendo TPC constante).

Δ max: Desplazamiento máximo (Ton).

ρ_{obs} : Densidad observada del agua de mar (Ton/m^3).

Lpp: Eslora entre perpendiculares (m).

T_{max} = Calado máximo del buque o calado de verano (m).

Cpr: Calado en la perpendicular de proa (m).

Cpp: Calado en la perpendicular de popa (m).

$C_{\otimes}$: Calado en la sección media del buque (m).

LCF: Centro de flotación longitudinal (m).

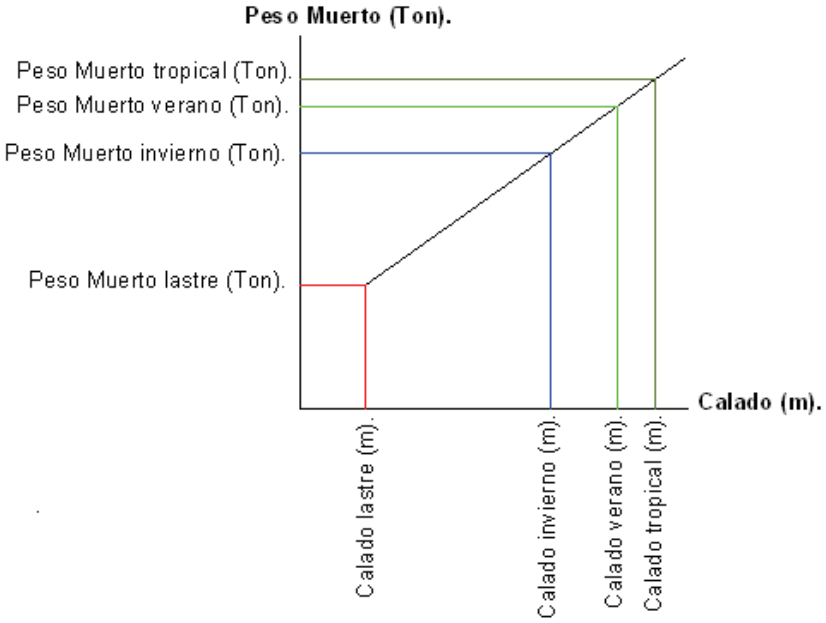
SDW = Peso muerto al calado de verano (Ton).

T13 = Factor de corrección de peso para cada parcela cargada, depende de la gravedad API del producto (Ton/Bbl).

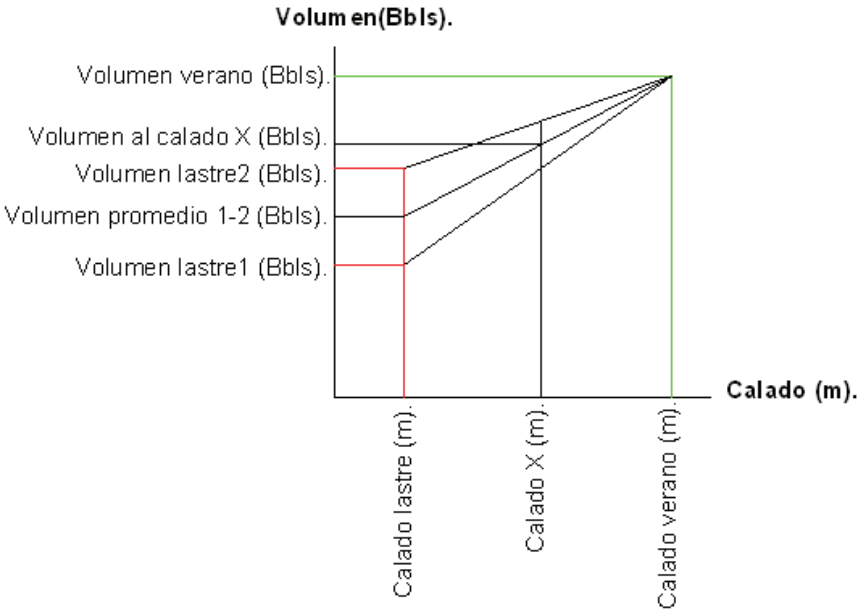
TPC = Toneladas por centímetro de inmersión del buque al calado máximo (Ton/cm).

Pesos: son todos los pesos variables que componen el peso muerto del buque a la condición de carga considerada, incluye lastre, bunker (Fuel Oil y Diesel Oil), lubricante, agua fresca, tanque residuales, slop (cuando no forma parte de la carga), constante del buque, ajuste etc.

Relación lineal Calado versus Peso Muerto.



Volumen final estimado (promedio).



INTRODUCCIÓN.

Una de las actividades que revista gran importancia en el Comercio Internacional de Hidrocarburos y Petroquímicos líquidos a granel, lo constituye la inspección de las cargas transportadas diariamente a bordo de buques tanque de distinto porte y especialización. Tradicionalmente la actividad de fiscalización de estas cargas se divide en dos vertientes a saber: una orientada a la determinación de las cantidades cargadas o descargadas (transferidas) por los buques tanque en durante la interface buque puerto, y la otra destinada a la verificación y certificación de la calidad de los productos cargados en atención a los estándares internacionales y nacionales que aplican sobre esta materia. Este trabajo está orientado a la primera de estas vertientes, toda vez que plantea la propuesta de un método alternativo para la cuantificación de cargas marinas de petróleo, productos refinados y petroquímicos líquidos a granel.

Tradicionalmente la determinación de las cantidades cargadas o descargadas por los buques tanques se realiza de forma manual o automática, en ambos casos se mide directamente el producto (Fiscalización cuantitativa directa); de igual forma dichas cantidades son medidas y cuantificadas tanto a bordo del buque así como en tierra, esto en razón de que debe existir cierta concordancia entre el volumen entregado al buque desde los tanques de tierra involucrados en la carga y el volumen recibido a bordo del buque en sus tanques de carga y viceversa para las operaciones de descarga. La forma manual de medir y cuantificar los volúmenes de una carga marina de petróleo, refinados y petroquímicos líquidos a granel tanto en tierra como abordo consiste en el aforo de los tanques de carga ya sea por medición de vacío (ullage) o medición de la columna de fluido desde su superficie al fondo del tanque (innage); por otra parte también son usados para tal fino medidores automáticos basados en el caudal del fluido en cierta sección de la tubería que interconecta al buque con tierra durante las operaciones de carga o transferencia, entre estos figuran los siguientes: medidores ultrasónicos, medidores de coriolis, medidores de caudal de disco, y medidores de caudal electromagnético entre otros.
El método de medición y cuantificación de cargas marinas de petróleo, refinados y petroquímicos objeto de este estudio no interviene directamente sobre el fluido

almacenado en los tanques de carga del buque, ni sobre el fluido transportado a través de la tubería durante la operación de carga o transferencia (Fiscalización cuantitativa indirecta), sino que se vale de ciertas variables de diseño y operacionales del buque generadas a partir de los principios de la Arquitectura Naval y la Estabilidad del Buque (Flotabilidad) para de esta manera estimar con determinado grado de precisión la carga total contenida en el buque ya sea una vez culminada la operación de carga o antes de iniciar una operación de descarga. Bajo ningún concepto debe confundirse este procedimiento con la llamada "Inspección de cargas por calados" o "Draft Survey" ya que a pesar de que existen puntos de encuentro entre ambos ya que se trabaja con variables similares, la metodología de cálculo y la aplicación funcional del mismo es diferente a la planteada para el llamado "Draft Survey" tal como será demostrado en el desarrollo del trabajo (recuérdese que el método de Inspección de cargas por calados es comúnmente usado para cuantificar cargas sólidas a granel tales como: mineral de hierro, cereales, carbón, urea, etc).

La importancia de la aplicación del método propuesto radica en varios aspectos fundamentales a saber:

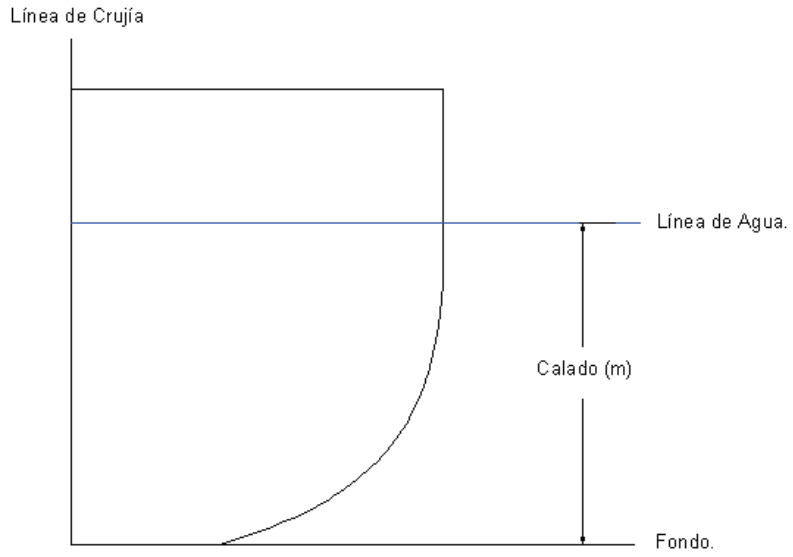
1) **Aspectos comerciales:** constituye una tercera vía cuantificación de cargas marinas de petróleo para fines determinación de discrepancias que excedan los límites contractuales buque – tierra fijados por las partes, siendo de gran utilidad para actividades de control de pérdidas (loss control) y transferencia de custodia de hidrocarburos y petroquímicos líquidos a granel, y cuando por determinadas razones e imposible realizar la medición y cuantificación de la carga en tierra.
2) **Aspectos operacionales:** constituye una herramienta fundamental para el personal de tierra asociado a la operación (supervisores de carga, programadores de buques e inspectores independientes), toda vez que permite estimar la carga que puede tomar determinado buque antes de su arribo al Terminal de carga en atención a las limitaciones de calado de cada muelle, la naturaleza del producto a cargar y las variables operacionales y de diseño del buque.

DEFINICIONES.

Antes de desarrollar el método propuesto para estimación de cargas marinas de petróleo por calados para buque tanque petrolero y quimiquero, es necesario establecer ciertas definiciones que establecen el basamento teórico sobre el cual se sustenta la metodología de cálculo a ser desarrollada. A continuación se presentan en orden alfabético los principales conceptos tratados en este trabajo.

Calado: Se define el calado como la distancia vertical entre la línea de agua a determinada condición de carga del buque y fondo del casco, medida sobre el costado del buque.

Representación del Calado del buque.



Calado estimado a TPC constante: Para efectos del presente trabajo se define calado estimado el calado medio resultante del cálculo de calado por adición de pesos a bordo del buque asumiendo TPC al calado de verano constante para cualquier condición de carga del buque, como se indica en la siguiente expresión.

$$T = Tmax - \frac{\left(SDW - \sum_{i=1}^{n} (V.T13)_n - Pesos \right)}{100.TPC}$$

Donde:

T = calado estimado asumiendo TPC constante e igual al valor de TPC al calado de verano.

T_{max} = calado máximo o calado de verano del buque.

SDW = Peso Muerto al calado de verano.

V = Volumen de la parcela cargada en Barriles (GSV@60ºF).

Pesos = sumatoria de todos los pesos variables contenidos en el buque, incluye lastre, combustibles, lubricantes, agua fresca, provisiones, repuestos, constante del buque, etc.

TPC = Tonelada por centímetro de inmersión al calado de verano.

T13 = Factor de corrección de peso de Toneladas métricas a Barriles a 60ºF, obtenido de la Tabla 13 de ASTM y expresado en Toneladas / Barriles.

Calado corregido por asiento: Es el calado medio resultante de sumarle a este la corrección por asiento, lo cual da el calado medio verdadero del buque cuando sus calados a proa y popa no son iguales. La corrección al calado medio por asiento se muestra en la siguiente expresión.

$$C_{Trim} = \frac{(C_{pp} - C_{pr}).LCF}{L_{pp}}$$

Donde:

C_{pp} = Calado a popa, expresado en metros.

C_{pr} = Calado a proa, expresado en metros.

LCF = Distancia del centro de flotación longitudinal a la cuaderna maestra, signo positivo si el centro de flotación esta a popa de la maestra y viceversa, expresado en metros.

L_{pp} = Eslora entre perpendiculares del buque, expresada en metros.

Calado corregido por densidad: Es el calado medio estimado a TPC constante mas inmersión o emersión del buque al flotar en una densidad diferente a la densidad estándar de 1,025 Ton/cm, de acuerdo a la expresión.

$$T\rho = T_{max} - \frac{\left(SDW - \sum_{i=1}^{n}(V.T13)_n - Pesos\right)}{100.TPC} + \frac{\Delta_{max}(1{,}025 - \rho)}{100.TPC}$$

Donde:

$T\rho$ = calado corregido por densidad.

T_{max} = calado máximo o calado de verano del buque, expresado en metros.

SDW = Peso Muerto al calado de verano, expresado en toneladas métricas.

V = Volumen de la parcela cargada en Barriles (GSV@60ºF).

Pesos = sumatoria de todos los pesos variables contenidos en el buque, incluye lastre, combustibles, lubricantes, agua fresca, provisiones, repuestos, constante del buque, etc.

TPC = Tonelada por centímetro de inmersión al calado de verano.

T13 = Factor de corrección de peso de Toneladas métricas a Barriles a 60ºF, obtenido de la Tabla 13 de ASTM y expresado en Toneladas / Barriles.

Δ_{max} = Desplazamiento máximo al calado de verano del buque, en toneladas métricas.

ρ = Densidad del agua donde flota el buque, generalmente considerada como 1,025 Tom/m^3.

Calado estimado por regresión: Es el calado determinado por regresión lineal de los valores de calado versus peso muerto para las condiciones de lastre, invierno, verano y tropical, a un determinado peso muerto de conformidad con el volumen cargado por el buque.

Calado estimado final: Es el calado medio resultante del promedio entre el calado corregido por densidad y el calado estimado por regresión, expresado en metros.

Calado medio equivalente: Para efectos de este trabajo el calado medio equivalente es el calado medio luego de aplicársele las correcciones por deformaciones de casco, por asiento y por densidad del agua de mar, como se muestra en la siguiente ecuación:

$$T_{Equiv} = \frac{(C_{pr}+C_{pp}+6.C_{\otimes})}{8} + \frac{(C_{pp}-C_{pr}).LCF}{L_{pp}} - \frac{\Delta_{max}(1{,}025-\rho)}{100.TPC}$$

Donde:

T_{Equiv} = Calado equivalente, expresado en metros.

C_{pr} = Calado a proa, expresado en metros.

C_{pp} = Calado a popa, expresado en metros.

LCF = Centro de flotación longitudinal, expresado en metros.

L_{pp} = Eslora entre perpendiculares, expresada en metros.

Δ_{max} = Desplazamiento máximo (en la condición de verano), expresado en Toneladas métricas.

ρ = Densidad del agua donde flota el buque, expresada en Ton/m^3.

TPC = Toneladas por centímetro de inmersión al calado de verano.

Calado de verano: Es el calado correspondiente al peso muerto de verano del buque de conformidad con las líneas de carga del buque de acuerdo a lo establecido en el Convenio Internacional de Líneas de Carga, expresado en metros. Para fines de este trabajo es el máximo calado del buque.

Constante del buque: Es la diferencia entre desplazamiento en rosca de diseño del buque menos el desplazamiento actual del buque vacio.

Gravedad API: La gravedad API es una medida de densidad utilizada comúnmente en crudo de petróleo y productos refinados, en comparación con el agua precisa cuan liviano o pesado es el petróleo, por ejemplo un crudo de API 10 es considerado un crudo pesado cuya densidad es igual a la del agua, a medida que la gravedad API es mayor quiere decir que el petróleo es más liviano y más pesado cuanto más se acerca al API 10. La gravedad API es un valor adimensional que se obtiene de la siguiente expresión.

Donde:

$$API = \frac{141{,}5}{\rho_{relativa}} - 131{,}5$$

API = Gravedad API del crudo o producto cargado por el buque.

$\rho_{relativa}$ = Densidad relativa estándar del crudo 60ºF/60ºF.

Peso Muerto: El Peso muerto de un buque se define como el peso de la carga mas el peso de los consumibles del buque, lastre, provisiones, pasaje y tripulación, slop (cuando no forma parte de la carga), constante, etc. También se define como el

peso resultante de restar el desplazamiento de un buque a determinado calado menos el desplazamiento en rosca.

Pesos varios: Es la sumatoria de todos aquellos pesos contenidos en el buque y que no forman parte de la carga, tales como: lastre, combustibles, lubricantes, agua fresca, provisiones, repuestos, constante del buque, etc.

Peso de ajuste: Es el peso resultante de multiplicar por las Toneladas por centímetro de inmersión la diferencia entre el calado equivalente menos el calado estimado para un volumen predefinido (volumen determinado por ullage) medido directamente en el buque, tal como se indica en la siguiente expresión.

$$P_{Ajuste} = 100.TPC.(T_{Equiv} - T_{Est})$$

Relación de inmersión: Es un valor adimensional resultante del cociente entre el calado a determinada condición de carga y el calado de verano, se puede expresar como un valor numérico o como porcentaje.

Tonelada por centímetro de inmersión: Las toneladas por centímetro de inmersión son el número de toneladas a cargar o descargar en la vertical del centro de flotación para que el calado medio aumente o disminuya paralelamente un centímetro; para fines de este estudio se trabajara sobre el valor de las Toneladas por centímetro de inmersión al calado de verano. Están relacionadas con el área de la superficie de flotación de acuerdo a la ecuación.

$$TPC = \frac{\rho.A_F}{100}$$

Donde:

TPC = Toneladas por centímetro de inmersión a calado considerado.

ρ = Densidad del agua donde flota el buque, generalmente considerada como 1,025 Tom/m^3.

A_F = Área de la flotación longitudinal al calado considerado.

Volumen estimado a TPC constante: Es el volumen determinado a un calado medio (corregido por deformaciones del casco, densidad y asiento) determinado

asumiendo un valor de TPC al calado de verano constante para cualquier calado y condición de carga.

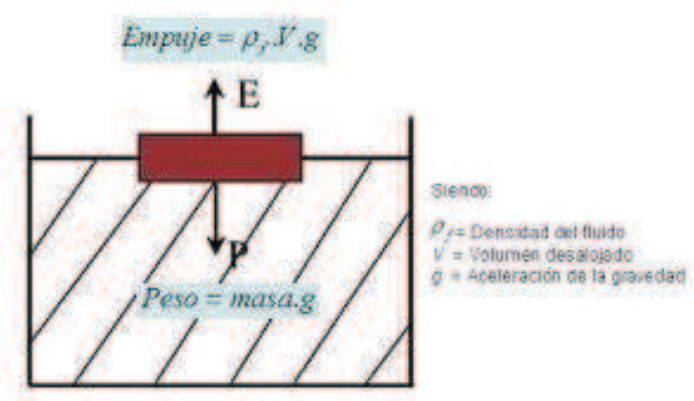
Volumen estimado por regresión: Cuando se establece una regresión lineal Calado – Peso Muerto teniendo como base los calados y peso muerto para las líneas de carga en lastre, invierno, verano y tropical, se obtiene un Peso Muerto para un calado determinado, al restarle a este peso muerto los pesos variables del buque (lastre, combustibles, lubricante, provisiones, constante etc) se obtiene el peso de la carga, el cual al dividirse entre el factor T13 (Factor de corrección de peso de toneladas métricas a barriles a 60ºF) resulta en el volumen estimado por regresión.

Volumen final estimado: Es el resultado del promedio entre el Volumen estimado a TPC constante y el Volumen estimado por regresión.

Principios fundamentales sobre los que se basa el Método de Estimación de Cargas Marinas de Petróleo por calados para buque tanque petrolero y quimiquero.

Todas la definiciones técnicas y legales alusivas al buque coinciden en que se trata de un cuerpo flotante, y como todo cuerpo flotante está regido por el Principio de Arquímedes el cual establece que todo cuerpo total o parcialmente sumergido en un fluido, está influenciado por una fuerza vertical de abajo hacia arriba denominada empuje, la cual es igual en magnitud al peso del volumen del fluido desalojado. El buque como cuerpo flotante está sujeto a los principios de equilibrio estático en el eje vertical en virtud de que el peso total del mismo está contrarrestado por el empuje ejercido por el fluido sobre el cual flota (Figura Nº 3).

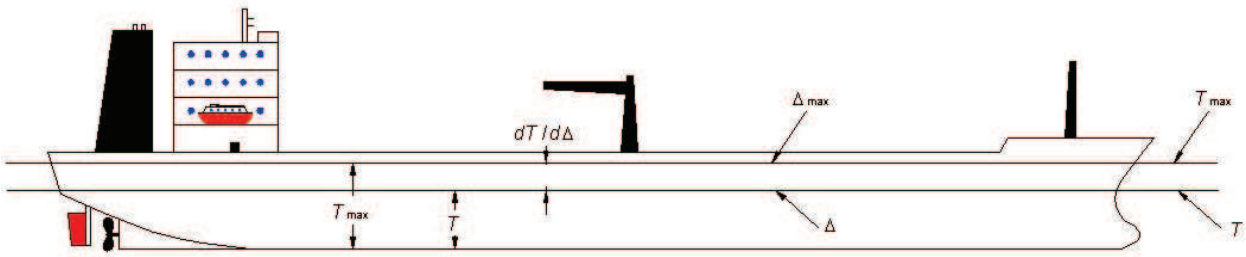
Figura Nº 1 – Principio de Arquímedes.



Estimación de calado.

Ahora bien supóngase un buque flotando al calado de verano (calado máximo) tal como se indica en la Figura Nº 2 al cual se le extrae un peso igual a las TPC a su calado de verano, evidentemente el calado de este buque se reducirá en 1 cm en atención al concepto de Toneladas por centímetro de inmersión. Ahora supongamos que el casco de dicho buque tiene forma de paralelepípedo cuyos coeficientes de afinamientos son iguales a 1, esto quiere decir que el valor de TPC al calado de verano permanece constante para cualquier calado considerado puesto que las TPC de un buque son función del área de flotación.

Figura Nº 2 – Buque tipo de coeficientes de afinamiento 1 y TPC constante.



Como se aprecia en la figura al sacar un peso del buque equivalente al valor de las TPC al calado de verano (calado máximo) se produce un diferencial de calado y un diferencial desplazamiento en el buque, dado que 1 cm de reducción de calado puede considerarse como una cantidad infinitesimal que representa menos del 0,1 % del calado de verano para buques de calado igual o superior a los 10 m. Luego de esta acotación se tiene que el peso extraído del buque es igual por una parte al diferencial de Desplazamiento y a su vez igual al diferencial de calado multiplicado por las TPC.

$$P = dT.100.TPC$$

$$P = d\Delta$$

Donde P es el peso extraído del buque.

Igualando ambas ecuaciones, resulta. $d\Delta = 100.TPC.dT$

Integrando a ambos lados de la igualdad.

$$\int_{\Delta}^{\Delta max} d\Delta = \int_{T}^{T max} 100.TPC.dT$$

Considerando que se asumió el valor de TPC constante para cualquier flotación la ecuación queda.

$$\int_{\Delta}^{\Delta max} d\Delta = 100.TPC. \int_{T}^{T max} dT$$

Desarrollando la integral a ambos lados de la igualdad.

$$\Delta max - \Delta = 100.TPC.(T max - T)$$

Teniendo en cuenta que el Desplazamiento es la suma del Peso Muerto más el Peso en Rosca, se tiene.

$$\Delta max = LightShip + SDW \qquad \Delta = LightShip + DW$$

Sustituyendo resulta.

$$LightShip + SDW - LightShip - DWT = 100.TPC.(T max - T)$$

Operando

$$SDW - DWT = 100.TPC.(T max - T)$$

Despejando T, resulta.

$$T = T max - \frac{(SDW - P_{C arg a} - Pesos)}{100.TPC}$$

Sustituyendo P_{Carga} = V.T13 resulta.

$$T = T max - \frac{(SDW - V.T13 - Pesos)}{100.TPC}$$

Para el caso de carga de varias parcelas de distinto API se tiene la ecuación generalizada de calado medio estimado asumiendo TPC constante.

Ecuación Nº 1 – Estimación de calado asumiendo TPC constante.

$$T = Tmax - \frac{\left(SDW - \sum_{i=1}^{n} (V.T13)_n - Pesos\right)}{100.TPC}$$

Donde:

T = calado estimado asumiendo TPC constante e igual al valor de TPC al calado de verano.

T_{max} = calado máximo o calado de verano del buque.

SDW = Peso Muerto al calado de verano.

V = Volumen de la parcela cargada en Barriles (GSV@60ºF).

Pesos = sumatoria de todos los pesos variables contenidos en el buque, incluye lastre, combustibles, lubricantes, agua fresca, provisiones, repuestos, constante del buque, etc.

TPC = Tonelada por centímetro de inmersión al calado de verano.

T13 = Factor de corrección de peso de Toneladas métricas a Barriles a 60ºF, obtenido de la Tabla 13 de ASTM y expresado en Toneladas / Barriles.

Ahora bien si el buque flota en aguas cuya densidad difiere del valor estándar de 1,025 Ton/m^3 debe hacerse una corrección al calado por densidad, la cual se le adiciona a la ecuación Nº 1.

Ecuación Nº 2 – Calado estimado corregido por densidad.

$$T\rho = T_{max} - \frac{\left(SDW - \sum_{i=1}^{n}(V.T13)_n - Pesos\right) + \Delta_{max}(1{,}025\text{-}\rho)}{100.TPC}$$

Donde:

$T\rho$ = calado estimado asumiendo TPC constante, corregido por densidad.

T_{max} = calado máximo o calado de verano del buque, expresado en metros.

SDW = Peso Muerto al calado de verano, expresado en toneladas métricas.

V = Volumen de la parcela cargada en Barriles (GSV@60ºF).

Pesos = sumatoria de todos los pesos variables contenidos en el buque, incluye lastre, combustibles, lubricantes, agua fresca, provisiones, repuestos, constante del buque, etc.

TPC = Tonelada por centímetro de inmersión al calado de verano.

T13 = Factor de corrección de peso de Toneladas métricas a Barriles a 60ºF, obtenido de la Tabla 13 de ASTM y expresado en Toneladas / Barriles.

Δ_{max} = Desplazamiento máximo al calado de verano del buque, en toneladas métricas.

ρ = Densidad del agua donde flota el buque, generalmente considerada como 1,025 Tom/m^3.

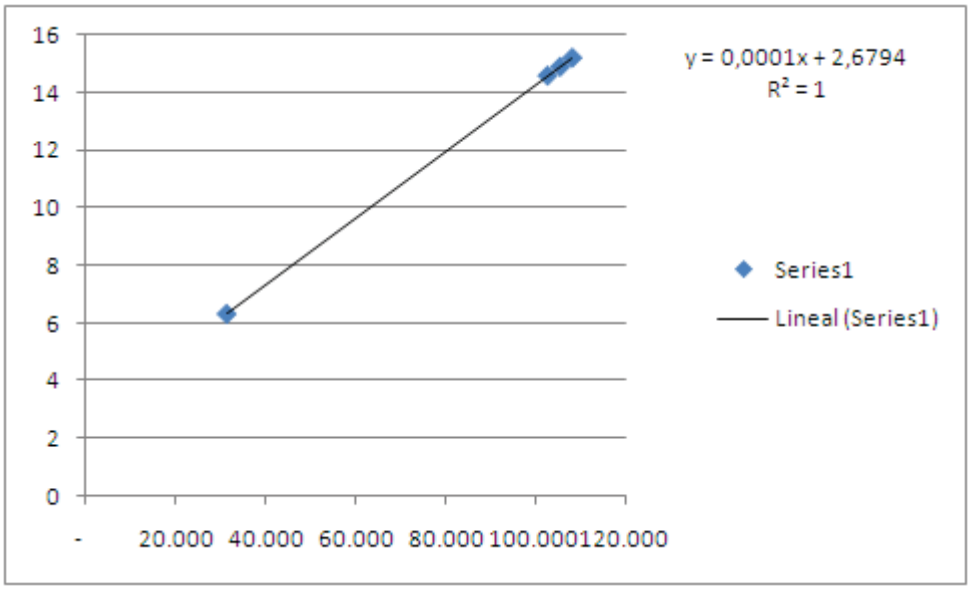
Con esto ya se tiene una primera aproximación al valor estimado del calado, ahora se desarrollara una segunda vía para la obtención del calado estimado, la cual se basa en el hecho de que existe una tendencia lineal entre los valores de calado versus peso muerto del buque correspondiente a dicho calado. Teniendo en cuenta los valores de calado y peso muerto de un buque como los mostrados en la Tabla Nº 1.

Tabla Nº 1 – Calado y Peso Muerto de un buque AFRAMAX a distintas líneas de carga.

Condición:	Calado (m):	Peso Muerto (Ton):
Lastre.	6,32	31.439
Invierno.	14,571	102.563
Verano.	14,88	105.363
Tropical.	15,189	108.081

Al graficar estos valores con el Peso Muerto sobre el eje X y el Calado en el eje Y, se tiene claramente demostrado que existe una relación lineal entre estas dos variables, tal como se muestra en la Figura Nº 3.

Figura Nº 3 – Relación lineal entre el Peso Muerto yel Calado de un buque.



Con esto se tiene que para cualquier valor de Peso Muerto se puede estimar el calado en cualquier condición de carga, solo basta tener en cuenta que el Peso Muerto lo constituyen la sumatoria los Pesos varios (combustibles, lubricantes, agua fresca, lastre, slop, constante, etc) mas la el peso de la carga.

Una vez determinado el calado estimado por estas dos vías se procede a promediar ambos valores resultado de esta forma el calado estimado final. Todo desarrollado hasta ahora sirve de base para el desarrollo del Método de estimación de cargas por calados.

Ecuación Nº 3 – Calado final estimado.

$$T_{Est} = 0,5.\left(T_{max} - \frac{\left(SDW - \sum_{i=1}^{n} (V.T13)_n - Pesos \right) + \Delta_{max}(1,025-\rho)}{100.TPC} + T_{Reg} \right)$$

Donde:

T_{Reg} = Calado estimado por regresión, expresado en m.

MÉTODO DE ESTIMACIÓN DE CARGAS MARINAS DE PETRÓLEO POR CALADOS PARA BUQUE TANQUE PETROLERO Y QUIMIQUERO.

Una vez establecidos los basamentos y principios sobre los que se sustenta el método propuesto, se procede a desarrollar el mismo. Para este caso de igual forma se procede por dos vías, la primera estimado el volumen asumiendo que el buque tiene coeficientes de afinamiento 1 y TPC constante igual al valor correspondiente al TPC en el calado de verano; y la segunda partiendo del hecho de la relación lineal existente entre el Calado y el Peso Muerto del buque.

Estimación de Volumen asumiendo TPC constante.

Partamos nuevamente de la Ecuación Nº 1 simplificada para una sola parcela a cargar y despejemos el volumen de la expresión.

$$T = T_{max} - \frac{(SDW - V.T13 - Pesos)}{100.TPC}$$

Despejando V, resulta.

$$V = \frac{100.TPC(T - T_{max}) + SDW - \sum Pesos}{T13}$$

Siendo T el calado medio al aplicarle las correcciones por deformación en el casco, asiento y densidad, se tiene el calado medio equivalente. Dicho valor se sustituye en la expresión de volumen previamente obtenida, resultando lo siguiente:

$$V = \frac{100.TPC(T_{equiv} - T_{max}) + SDW - \sum Pesos}{T13} \qquad T_{equiv} = \frac{(C_{pr} + C_{pp} + 6.C_{\otimes})}{8} + \frac{(C_{pp} - C_{pr}).LCF}{L_{pp}} - \frac{\Delta_{max}(1{,}025 - \rho)}{100.TPC}$$

Sustituyendo.

$$V = \frac{100.TPC\left(\frac{(C_{pr} + C_{pp} + 6.C_{\otimes})}{8} + \frac{(C_{pp} - C_{pr}).LCF}{L_{pp}} - \frac{\Delta_{max}(1{,}025 - \rho)}{100.TPC} - T_{max}\right) + SDW - \sum Pesos}{T13}$$

Esto da como resultado la ecuación generalizada de estimación de Volumen por calado asumiendo TPC constante, con la cual se estima el volumen estándar del crudo cargado a 60º.

.**Ecuación Nº 4 – Volumen estimado asumiendo TPC al calado de verano constante.**

$$GSV@60ºF=\frac{100.TPC\left(\frac{(C_{pr}+C_{pp}+6.C_{\otimes})}{8}+\frac{(C_{pp}-C_{pr}).LCF}{L_{pp}}-\frac{\Delta_{max}(1,025-\rho)}{100.TPC}-T_{max}\right)+SDW-\sum Pesos}{T13}$$

Donde:

GSV@ 60 ºF: Volumen estándar a 60ºF en Barriles (Estimado asumiendo TPC constante).

Δ max: Desplazamiento máximo (Ton).

ρ_{obs} : Densidad observada del agua de mar (Ton/m^3).

Lpp: Eslora entre perpendiculares (m).

T_{max} = Calado máximo del buque o calado de verano (m).

Cpr: Calado en la perpendicular de proa (m).

Cpp: Calado en la perpendicular de popa (m).

$C_{\otimes}$: Calado en la sección media del buque (m).

LCF: Centro de flotación longitudinal (m).

SDW = Peso muerto al calado de verano (Ton).

T13 = Factor de corrección de peso para cada parcela cargada, depende de la gravedad API del producto (Ton/Bbl).

TPC = Toneladas por centímetro de inmersión del buque al calado máximo (Ton/cm).

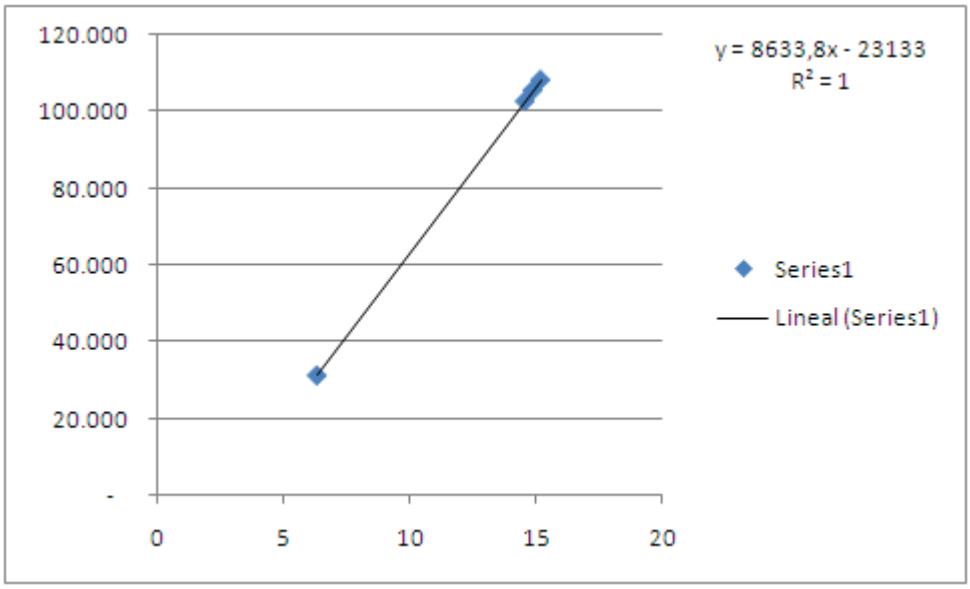
Pesos: son todos los pesos variables que componen el peso muerto del buque a la condición de carga considerada, incluye lastre, bunker (Fuel Oil y Diesel Oil), lubricante, agua fresca, tanque residuales, slop (cuando no forma parte de la carga), constante del buque, ajuste etc.

Estimación de volumen por regresión Calado – Peso Muerto.

Para este caso al igual que como se planteo en la estimación de calado, se tiene que existe una relación lineal entre el Calado y el Peso Muerto a cualquier condición

de carga. Volviendo a los datos del buque AFRAMAX contenidos en la Tabla Nº 1, se puede graficar la relación Calado vs Peso Muerto, con el Calado representado en el eje X y el Peso Muerto en el eje Y tal como se indica en la Figura Nº 4.

Figura Nº 4 – Relación Calado – Peso Muerto.



Para este caso se puede obtener por regresión lineal el valor del Peso Muerto para un determinado Calado, estableciendo la relación lineal entre Calado y el Peso Muerto para las condiciones de lastre, invierno, verano y tropical. Una vez determinado el Peso Muerto se puede determinar el volumen estimado por regresión atendiendo a la siguiente expresión de Peso Muerto.

$$DWT = P_{C\,arg\,a} + \sum Pesos$$

Siendo el Peso de la carga igual a:

$$P_{C\,arg\,a} = V.T13$$

Sustituyendo en la ecuación de Peso Muerto.

$$DWT_R = V.T13 + \sum Pesos$$

Luego despejando el Volumen, resulta.

$$V = \frac{(DWT_R - \sum Pesos)}{T13}$$

Así resulta que el GSV@60ºF obtenido por regresión lineal es:

Ecuación Nº 5 – Volumen estimado por regresión lineal.

$$GSV@60ºF_R = \frac{(DWT_R - \sum Pesos)}{T13}$$

Donde:

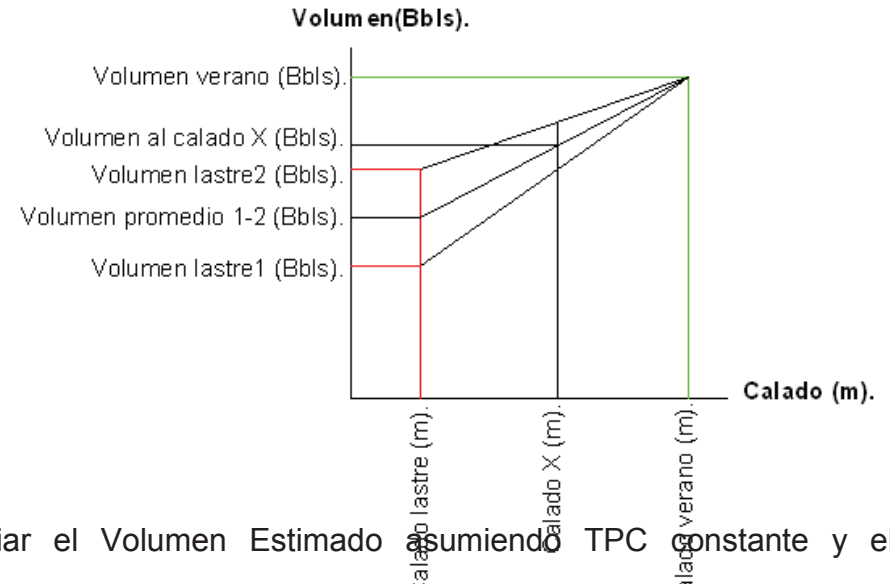
$GSV@60ºF_R$ = Volumen estándar a 60ºF para el crudo o producto cargado.

DWT_R = Peso muerto al calado considerado obtenido por regresión lineal.

Pesos = Pesos que conforman el peso muerto del buque, pero no son parte de la carga, tales como combustibles, lubricantes, provisiones, repuestos, pasaje, tripulantes, agua fresca, constante, ajuste, etc.

En virtud de que los volúmenes estimado regresión y asumiendo TPC constante difieren entre sí, es necesario promediar ambos valores para de esta forma obtener una mejor estimación más ajustada a la realidad tal como se muestra en la Figura Nº 5.

Figura Nº 5 – Volúmenes estimados por regresión lineal y asumiendo TPC constante.



Al promediar el Volumen Estimado asumiendo TPC constante y el Volumen estimado por regresión lineal se tiene el Volumen Final Estimado y operando algebraicamente.

$$V_{Fest}=\frac{\left(\frac{100.TPC\left(\frac{(C_{pr}+C_{pp}+6.C_{\otimes})}{8}+\frac{(C_{pp}-C_{pr}).LCF}{L_{pp}}-\frac{\Delta_{max}(1,025-\rho)}{100.TPC}-T_{max}\right)+SDW-\sum Pesos}{T13}+\frac{(DWT_R-\sum Pesos)}{T13}\right)}{2}$$

$$V_{Fest}=\frac{\left(\frac{100.TPC\left(\frac{(C_{pr}+C_{pp}+6.C_{\otimes})}{8}+\frac{(C_{pp}-C_{pr}).LCF}{L_{pp}}-\frac{\Delta_{max}(1,025-\rho)}{100.TPC}-T_{max}\right)+SDW-\sum Pesos+(DWT_R-\sum Pesos)}{T13}\right)}{2}$$

Ecuación Nº 6 – Volumen Final Estimado.

$$V_{Fest}=\frac{100.TPC\left(\frac{(C_{pr}+C_{pp}+6.C_{\otimes})}{8}+\frac{(C_{pp}-C_{pr}).LCF}{L_{pp}}-\frac{\Delta_{max}(1,025-\rho)}{100.TPC}-T_{max}\right)+SDW-2.\sum Pesos+DWT_R}{2.T13}$$

Aplicación del Método como herramienta de fiscalización cuantitativa de cargas marinas de Petróleo.

Este método puede ser de utilidad como herramienta auxiliar en los procesos de fiscalización durante las operaciones de transferencia de custodia de hidrocarburos (carga y transferencia buque – tierra), en especial en aquellos casos donde se presenten situaciones como:

- Diferencias buque – tierra que exceden el límite contractual acordado por las partes o el límite comúnmente aceptado en fiscalización de cargas de petróleo (entre 0,3 y 0,5% del volumen medido).
- Cuando por razones operacionales de distinta índole es imposible llevar a cabo la medición de cantidades en los tanques de tierra o en la tubería por donde se transfiere el fluido desde el buque a tierra y viceversa.

Como se puede observar gráficamente en la Figura Nº 5 el valor real del volumen debe estar entre el valor del Volumen estimado asumiendo TPC constante y el Volumen estimado por regresión, es por esto que la mayor precisión entre el Volumen Final estimado y el Volumen real medido en el buque se obtiene cuando la

relación de inmersión es más alta, es decir para aquellas condiciones de carga donde el calado considerado es más cercano al calado de verano.

Cuando se desconoce el volumen medido a bordo del buque la cifra del volumen obtenida solo tiene validez para fines de estimación de carga y no se aplica el concepto de Peso de ajuste, por otro lado cuando se conoce el valor del volumen medido abordo se aplica el concepto de Peso de ajuste y la cifra obtenida bien puede ser de utilidad para fines de Fiscalización y comprobación del volumen determinado abordo por fiscalización cuantitativa directa.

CONCLUSIONES.

Luego de desarrollar el presente método de estimación de cargas marinas de petróleo por calados para buque tanque petrolero y quimiquero, se tienen las siguientes conclusiones:

- ✓ El Método de estimación de cargas marinas de petróleo por calados se constituye en una herramienta de cuantificación indirecta de la carga del buque puesto que no trabaja sobre la base de la medición directa de los tanques de carga del mismo, sino más bien hace uso de las variables de diseño del mismo en sus condiciones de carga típicas (lastre, invierno, verano y tropical) así como de la suposición de que el casco del buque es un sólido cuyos coeficientes de afinamiento son iguales a 1, por lo cual el valor de TPC al calado de verano es el mismo para cualquier calado del buque.
- ✓ Este método ofrece puede ser usado como herramienta de estimación de carga a determinado calado del buque y en función de los pesos variables del mismo. De igual forma puede ser usado como herramienta auxiliar a los fines de fiscalización cuantitativa indirecta de cargas marinas de petróleo puesto que ofrece resultados con elevada precisión sobre todo para los casos en los cuales la relación de inmersión es cercana a 1 (cuando el calado en estudio es cercano al valor del calado de verano).
- ✓ Este método constituye una herramienta de apoyo al personal ajeno a la operación del buque y de la carga, pero que está relacionado con la verificación cuantitativa de los volúmenes cargados o transferidos por el

mismo, tales como Supervisores de carga (Loading Master), Inspectores de carga, Programadores de buques, entre otros.

BIBLIOGRAFIA.

American Petroleum Institute. **Manual de Estándares de Medición de Petróleo – Capitulo 17 Mediciones Marítimas**. Washington D.C, 2.001.

Escuela Naval Militar. **Estabilidad del Buque. Ediciones de la Escuela Naval Militar de Marin.** Marin – España, 1.979.

Ministerio de Energía y Minas. **Normas Técnicas para la Fiscalización de Hidrocarburos Líquidos**. Caracas,2.001.

Olivella Puig, Joan. **Teoría del Buque (Estabilidad, Varada e Inundación)**. Ediciones UPC, Barcelona España, 1.996.

Olivella Puig, Joan. **Teoría del Buque (Flotabilidad y Estabilidad)**. Ediciones UPC, Barcelona – España, 1.994.

Estaciones móviles de apoyo fluvial, un modelo de innovación para la Armada Nacional de Colombia

John Jairo Oviedo Sánchez
Calle 22D No. 17-18 - Bogotá D.C, Colombia
+57 3132707878
johnjoviedo@gmail.com

Palabras Clave: Estación Móvil de Apoyo Fluvial (EMAF), Construcción Naval Fluvial, Innovación

RESUMEN

La historia de Colombia en las últimas décadas ha obligado a los entes Estatales militares volver a esas expediciones que dieron inicio y conformación a su territorio, y es que la población en la región Orinoquía y Amazónica del país suman apenas 5,4% nacional para una extensión de 57,6% del total del territorio continental para una densidad poblacional de 4,1 hab/km² y con una capacidad de navegabilidad en los ríos de estas dos regiones de 24799 Km. Estas características han sido favorables para el guarecer y actuar de grupos al margen de la ley y por tal motivo el aumento de la presencia de las Fuerzas Armadas oficiales del País se hizo pertinente.

Para la Armada Nacional ejercer control y soberanía en esta área y la totalidad del territorio nacional ha impulsado el crecimiento de la industria naval en el área fluvial de tal forma que tanto empresas estatales como privadas han desarrollado productos y procesos completamente innovadores en la construcción de embarcaciones y artefactos fluviales militares capaces de responder a las retos del territorio en mención y sus características socio-económicas. Los casos de éxito no se han hecho esperar, tal es el caso de las Estaciones Móviles de Apoyo Fluvial un elemento clave en la organización estratégica de la cobertura C3I2 de los medio fluviales.

Las EMAF, como se le conocen por sus siglas ha sido un desarrollo continúo que un Astillero privado ha logrado en algo más de 16 años mediante la construcción de 17 unidades de este tipo y sus variantes en Astilleros móviles en todas las regiones del país, logrando ofrecer bienestar y seguridad a las tropas y con características técnicas únicas como un muy bajo calado, autonomía mínima de 21 días, alojamiento para 50 hombres, plantas de tratamiento de agua potable y de aguas residuales, entre otras que le permiten establecerse en los ríos territoriales y los más de 3900 kilómetros de fronteras fluviales con Ecuador, Perú Brasil y Venezuela con total seguridad del cuidado ambiental de los mismos.

INTRODUCCIÓN

Los escenarios operacionales fluviales de la Armada Nacional de Colombia exigen un nivel logístico alto dada la complejidad geográfica del país y desde hace algunos años un astillero civil ha incursionado con hangares tácticos flotantes, las cuales en un principio pretendían brindar bienestar a las tropas a flote y de tierra que patrullan, combaten y ejercen control en las zonas de jurisdicción fluvial y que dadas sus condiciones de misión, se veían obligadas a guarecerse en terrenos selváticos lejos de los centros de permanencia ubicados en los cascos urbanos de poblaciones y capitales. Con un diseño simple pero efectivo las estaciones móviles de apoyo fluvial, como las ha designado la Armada Nacional de Colombia, han evolucionado de ser un lugar de paso y descanso a ser una unidad clave en la misión de la función pública de seguridad de esta institución.

SITUACIÓN GEO-SOCIAL DE LAS ZONAS DE JURISDICCIÓN FLUVIAL

Los afluentes fluviales colombianos se encuentran rodeados en su mayoría de interminables llanuras selváticas y de forma particular los ríos asociados a ellos son pobremente explotados como vías de transporte, a excepción del río magdalena; esta situación se hace más evidente al observar un mapa de distribución de la densidad de población del país (figura 14) que muestra que éste se ha desarrollado sobre las cadenas montañosas centrales y sobre la costa del mar Caribe.

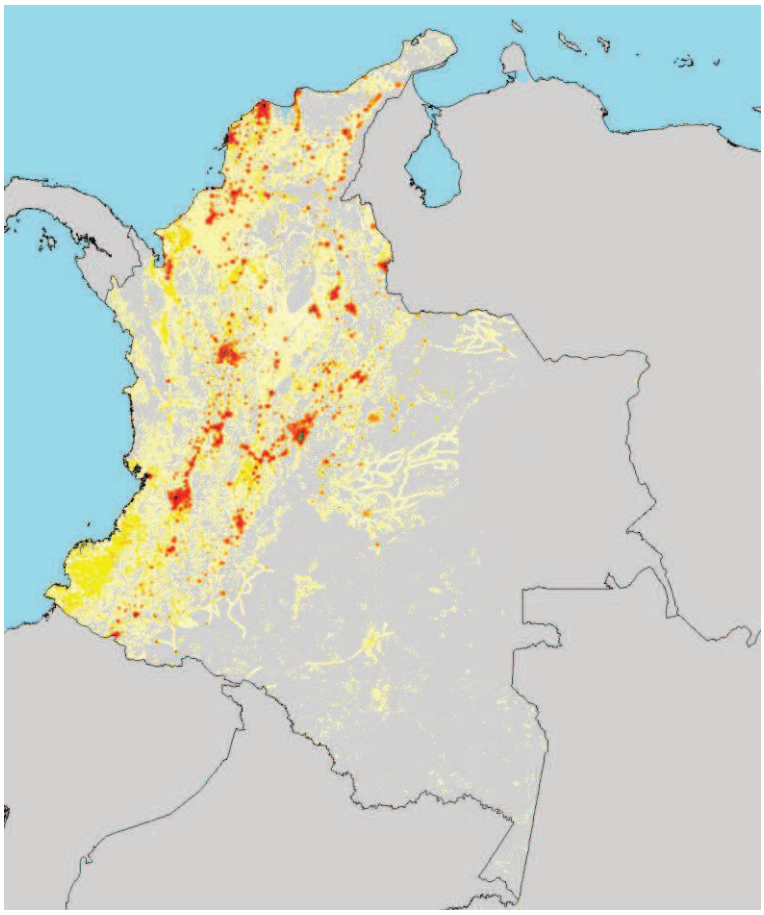


Figura 1 Densidad demográfica de Colombia en 2013

Esta característica demográfica se ha acompañado históricamente de una baja inversión en infraestructura en la región oriental y sur del país, acompañada de también una baja inversión social y una limitada oferta educativa, en contraste con su alta riqueza mineral y excelentes tierras de cultivo y pastoreo así como una incalculable abundancia en flora y fauna. Lamentablemente es estas zonas del país donde grupos al margen de la ley han encontrado formas de refugio, medios de financiación y allí principalmente su actuar delictivo.

NECESIDAD DE LA ARMADA NACIONAL DE COLOMBIA

Como parte de su misión global, para la armada colombiana el espacio fluvial del país es objeto de control y resguardo de forma que se haga un uso legítimo del mismo y en procura de cumplir con la seguridad fluvial ha extendido en los últimos años un programa de modernización y fortalecimiento de su flotilla fluvial y ha visto

necesario no solo establecer nuevas capacidades asalto y control sino también nuevas capacidades logísticas y de apoyo técnico adecuado.



Figura 2 Principales ríos colombianos y sus afluentes

La forma de cobertura de los medios fluviales se ha organizado en ríos principales y sus afluentes primarios y secundarios (figura 15) en donde actúan unidades de patrullaje y combate, sin embargo para estas establecerse en un lugar a lo largo de la trayectoria de un río principal en las zonas sur u oriente representaba riesgos técnicos y de seguridad. Es de notar que en estas zonas los ríos varían su caudal y nivel de forma significativa, son altamente sedimentados y transportan gran cantidad de hojas, ramas y troncos, las riberas son lodosas, de vegetación tupida y difícil acceso, de tal suerte que establecer un protocolo efectivo de seguridad implicaba prácticamente permanecer a bordo de las unidades, una situación incómoda si se tiene en cuenta las unidades de combate son lanchas artilladas de máximo 40 pies

de eslora y que las patrulleras fluviales poseen acomodación confortable y permanente para su tripulación pero permanente y limitada para la tropa que se encuentre transportando; se hacía necesaria una solución a esta problemática, que ofreciera versatilidad de operación, transporte y bienestar al personal presente en el área en medio de la selva colombiana.

INNOVACIÓN EN PRESENCIA Y PERMANENCIA DE LA FUERZA PÚBLICA

Comisionado este reto a una empresa, en ese entonces al Astillero James Osorio León hoy Astillero Naval JOL s.a., y en su desarrollo inicial conjunto con la Armada Nacional de Colombia, fueron creadas las EMAF acrónimo de estación móvil de apoyo fluvial, la cual es una plataforma flotante multicasco de bajo calado (figura 16) que puede albergar un elemento de combate fluvial que es un grupo de cuatro botes de asalto y sus tripulantes, ofrecer asistencia técnica a estas unidades, habitabilidad hasta para 50 hombres en alojamientos, higiene, preparación y conservación de alimentos, recreación, puesto de comando y comunicaciones, refugio y defensa.

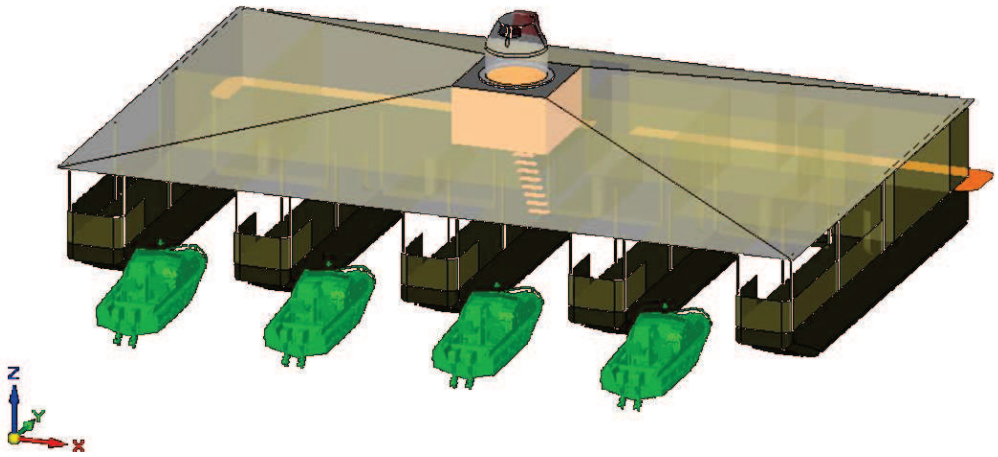


Figura 3 Diseño básico de una EMAF

Estas estructuras se encuentran ubicadas por casi todo el territorio colombiano (figura 17) y han evolucionado desde la fabricación de la primera unidad hasta los modelos actuales, que inclusive presentan propulsión autónoma y, tanto en sus capacidades como en su forma constructiva reduciendo sus costos de fabricación y tiempo de construcción; hoy en día en Colombia el modelo más moderno de EMAF cuesta alrededor de US $ 3.500.000 y se puede fabricar de 6 a 8 meses

dependiendo de la región donde se construya. Y es esta una variable y a la vez una característica importante de estos artefactos, son construibles virtualmente en cualquier cuerpo de agua y sus riberas siempre que se pueda acceder a ellos.



Figura 4 Sitios de construcción de algunas de las EMAF

Estas estructuras flotantes son diseñadas de acuerdo a *American Bureau of Shiping - Steel Vessels for Service on Rivers and Intracoastal Waterways – 2007* y se construyen de forma modular, comenzando con la unidad de flotación compuesta por 5 pontones (figura 18) de sección variable y dispuestos en capacidades de flotabilidad diferentes cada uno, pero simétricos respecto al plano de crujía.

Los pontones se construyen individualmente en tierra incluyendo todas sus penetraciones a caco y diferentes arreglos estructurales, cada uno ofrece diferentes servicios desde alojar la planta de generación eléctrica y las plantas de tratamiento de aguas hasta el almacenamiento de municiones, víveres y combustible para los botes de ataque.



Figura 5 Pontón, unidad de flotación básica de una EMAF

Los 5 pontones de una EMAF convencional son botados al cuerpo de agua, y se comienzan a unir en la popa con una estructura semirígida, esta es una operación de bastante importancia porque se asegura la estabilidad en flotación del artefacto, su correcto arreglo geométrico y una resistencia estructural adecuada (figura 19); si se tiene en cuenta que esto se realiza con los pontones a flote se entiende porque es una operación bastante delicada que requiere especialización y experiencia, aún más si en el sitio el agua tiene corriente.



Figura 6 Estructura de flotación de una EMAF



Figura 7 Construcción de cerramiento en una EMAF

Luego sobre la estructura de flotación se comienza a construir las área de habitabilidad, logística, soporte técnico motriz y de comunicaciones (figura 20), medios de blindaje y artefactos de defensa (figura 21). Luego al interior se realiza la acomodación de todo el equipamiento, para completar así la EMAF.



Figura 8 Estructuras finales y de defensa en una EMAF

Simultáneamente se avanza en la construcción estructural se realiza la conexión de sistemas auxiliares como redes de agua potable, redes para desagüe, aire acondicionado; de otro lado la instalación del sistema eléctrico basado en *IEEE 45:*

Recommended Practice for Electrical Installations on Shipboard comienza luego de terminados los acabados interiores y los tableros de transferencia y distribución eléctrica han sido fabricados previamente.

El resultado final es un artefacto naval de las siguientes características:

Dimensiones

Tipo: Multicasco
Eslora: 15 [m]
Manga: 23 [m]
Puntal: 1,6 [m]
Calado: 0,75 [m] max.

Desplazamiento: 150 [ton]



Figura 9 Aspecto final de una EMAF

Capacidades

Combustible diesel: 500 [gal]
Gasolina: 200 [gal]
Agua potable: 500 [gal]

Personal

Tripulación: 02 - 04 – 12 (oficiales, suboficiales, infantes de marina profesiones
Flotante: 32 hombres (tripulación de elemento de combate fluvial y cuerpo de operaciones terrestres)



Figura 10 Cocina de una EMAF



Figura 11 Alojamientos de una EMAF

Habitabilidad

Batería de baños –inodoros, duchas, lavamanos, orinales

Lavandería

Cuarto de Comunicaciones

Taller para reparación de motores fuera de borda

Enfermería

Cocina

Comedor y área de recreación

Cuarto de operaciones

Sistemas de defensa

Planta de producción de agua potable

Planta de tratamiento de aguas residuales

Almacenamiento de víveres, munición, repuestos, misceláneos

Apoyo

Elemento Combate Fluvial (Unidad de asalto compuesta por 4 lanchas rápidas artilladas y tripuladas generalmente por 6 plazas.

El Astillero Naval JOL s.a. sigue en el desarrollo de nuevas generaciones de éstos artefactos flotantes, los cuales desde un principio han demostrado su confiabilidad frente a los hechos lamentables propios de una confrontación armada; un atentado explosivo contra una de ellas tuvo como saldo técnico la destrucción de un pontón y cerca del 20% de su estructura no flotante (figura 12), sin embargo se mantuvo segura a flote y sin necesidad de llevarla a tierra fue reparada; así como en el mejoramiento del desarrollo logrado en el diseño y fabricación de plantas de producción de agua potable.



Figura 12 Seguridad de flotabilidad una EMAF luego de un atentado explosivo

Este astillero también ha logrado establecerse en Colombia como el único astillero móvil mediante el desarrollo de logísticas de dique y transporte de materiales, maquinaria, herramientas y personal a las áreas remotas de construcción de lasa EMAF.

Funcionalidad C^3I^2

Las EMAF aunque tienen un área amplia son versátiles en su transporte, su calado siempre menor a 2,5 pies le permite establecerse virtualmente en cualquier afluente inclusive en caños de bastante vegetación remolcándose con los propios botes de asalto, remolcadores o en sus modelos modernos por su propio medio, y en dirección longitudinal o transversal.



Figura 13 Remolque de una EMAF

Se establecen así en una posición estratégica en la evaluación de desempeño de sus capacidades C^3I^2, comando, control, comunicaciones, inteligencia e información, que junto con un nivel de permanencia prácticamente constante son elementos claves en la nueva estrategia de fortalecimiento y aplicación efectiva de la fuerza en el escenario fluvial de la Armada Nacional colombiana, que junto con una mayor colaboración e interoperabilidad con las demás fuerzas logran el aumento del control, cobertura y reconocimiento de los principales ríos del país y sus afluentes.

Junto a las necesidades operacionales de la Armada Nacional de Colombia y el éxito del uso de las EMAF en el oriente del país, esta institución activo en el presente año la Fuerza Naval del Oriente, a la cual quedaron asignadas más del 50% de las actualmente construidas.

RESPONSABILIDAD AMBIENTAL

No solo las EMAF han atendido las necesidades operacionales, también han considerado la obligación de cuidado y preservación ambiental de los sitios donde se establecen y se han equipado con plantas de tratamiento de aguas residuales, diseñadas y fabricadas también por el astillero constructor, de igual forma cuentan con un plan integral de manejo de residuos permitiéndole cumplir con estándares internacionales –MARPOL 73/78- frente a vertimientos y así poder operar en fronteras y puertos internacionales.



Figura 14 Entorno de operación de una EMAF

De igual forma se han comenzado desarrollos en la aplicación de energía alternativas que suplan los recursos energéticos de la unidad, como la aplicación de paneles solares para el funcionamiento del sistema de aire acondicionado y luminarias de tecnología led de bajo consumo, así como diseños alternativos de ventilación que favorezcan la circulación natural de aire fresco, todos éstos con el fin de reducir el consumo de combustibles fósiles y sus conocidas consecuencias.

RESPONSABILIDAD SOCIAL

Dado que los sitios de construcción de las EMAF son en su mayoría alejados de centros urbanos y en ocasiones en áreas escasamente pobladas, la logística en el

desarrollo del proyecto de fabricación se convierte en un aspecto significativo del mismo, y un punto de referencia importante en su éxito es el empleo de personas oriundas de la región y el uso máximo posible de los servicios que en ella se ofrecen, de tal forma que cada EMAF lleva tras sí, inversión, capacitación y experiencia al lugar donde se produce; instalaciones de distribución de electricidad, pequeños muelles y pequeñas vías terciarias son algunas de las obras adjuntas y que se conceden luego de terminada una estación flotante de este tipo.



Figura 15 Tercera generación de EMAF con propulsión, San Felipe Guainía

Un caso reciente corresponde a una Estación Móvil de Apoyo Fluvial construida en San Felipe, departamento del Guainía un corregimiento en el que históricamente conviven colonos e indígenas, éstos últimos mayoritariamente colombianos pues también se encuentran pobladores originarios de Venezuela y Brasil, dada la proximidad de la frontera simultánea con ambos países, allí el impacto positivo de la construcción y permanencia de la EMAF en la población va desde un comercio continúo de víveres con los tripulantes hasta el suministro de energía eléctrica garantizada al puesto de salud. Esta es la construcción más reciente de éstos artefactos, la tercera generación, e incluye un sistema de propulsión de 350 hp compuesto por dos motores fuera de borda (figura 15).

Estos artefactos flotantes no son solo un elemento diseñado exclusivamente para uso militar, su diseño novedoso le ha permitido plantearse en los ámbitos

hospitalario, turístico –servicios hoteleros especializados-, de servicios en salud –centros hospitalarios básicos- de servicios financieros –sucursales bancarias-, de atención a emergencias como viviendas alternativas y lugares de refugio temporal, educativo como escuelas en lugares de alto riesgo de inundación, infraestructura básica de riego, entre otros.

CONCLUSIÓN

Cada vez el combate de los delitos, los abatimientos de la naturaleza y la responsabilidad de crear construcciones sostenibles retan la agudeza de la ingeniería en Colombia y aún más si éstos se presentan de forma simultánea, sin embargo con el desarrollo de los hangares flotantes y su uso militar como EMAF, se ha demostrado que con prácticas de innovación e ingeniería responsable se puede responder eficientemente a éstos desafíos.

Las experiencias en construcción permiten concebir el desarrollo de un territorio que reserva un potencial enorme para el crecimiento regional, nuevas rutas comerciales fluviales y por ende una integración regional auténtica para Colombia y sus vecinos fronterizos.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a los funcionarios militares y civiles de la Armada Nacional de Colombia que han prestado su excepcional conocimiento e interés en el desarrollo y mejoramiento de las Estaciones Móviles de Apoyo Fluvial y sus aportes a este documento en especial al señor Contralmirante Germán González Reyes, al Capitán de Navío Máximo Linares Moreno y al Capitán de Navío José Manuel Meza Torres, de igual forma a todo el departamento de ingeniería del Astillero Naval JOL S.A. al señor James Osorio León y al señor John Jairo Osorio León.

REFERENCIAS

[1] F.J. ALVAREZ LAITA, M. L. MEDINA ARNÁIZ, Guerra Fluvial Irregular Fuerzas de Combate en los Ríos de América, publicado por Alfredo Florenza de Medina –IDS, Madrid, 2012.

[2] ARMADA REPÚBLICA DE COLOMBIA, Revista Cerrando Espacios, Edición especial de Revista Armada, junio de 2007, ISSN 1692-1097.

[3] E.V LEWIS. , Principles of Naval Architecture, vol. 1 Stability and Strength, New York, 1989.

Medios de salvamento para la nueva terminal de contenedores del puerto de Mariel, Cuba.

Capitán Ingeniero Aleop Tur Gutierrez

INTRODUCCION

La nueva e importante Terminal de Contenedores del Puerto de Mariel será determinante en el desarrollo marítimo en desarrollo dela Republica de Cuba y esta siendo construida en un esfuerzo mancomunado de Empresas de Construcción Brasileñas con Empresas de Construcción Cubanas. Se espera que opere con una profundidad de canal planificado de 15 metros y, por tanto, podrá recibir los grandes buques MEGACONTENEDORES de 12,000 a 14,000 TEUS de capacidad que ya también cruzaran por las nuevas esclusas del CANAL DE PANAMA en el año 2015.

Estos buques tienen por diseño mas de 300 metros de eslora y las Revistas Inglesas Marítimas mencionan que comparativamente tienen el largo de 4 campos de futbol. Sus grandes proporciones de superficie velica debido a los miles de contenedores estibados en sus cubiertas los hacen fácil presa de los efectos del viento y si estos son cruzados como los Noroestes de los Frentes Fríos o los Nordestes de los Fuertes Alisios de las Altas Presiones hacen que las maniobras de entrada y salida de estos gigantescos buques se convertirán en una tarea harto difícil por lo que se ha calculado la asistencia de cuatro grandes remolcadores azimutales ASD de ultima generación , con una potencia de Empuje- Tracción no menor de 60 tons. cada uno, que ayudaran decisivamente en las maniobras antes mencionadas.

El problema que mencionamos se agudiza por la zona donde se esta construyendo la Terminal que es la REGION OCCIDENTAL DE CUBA, la cual históricamente es afectada cada temporada invernal por 20 a 30 FRENTES FRIOS, algunos de ellos

con vientos de fuerza de un pequeño huracán, por lo que en la Costa Mexicana del Golfo los llaman “NORTES HURACANADOS”, aunque esta terminología nunca ha sido usada en los partes meteorológicos cubanos.

Indudablemente, cuando ocurra la llegada de un poderoso Frente Frio, la Terminal tendrá que suspender sus operaciones de entrada y de salida, bajo riesgo de un accidente marítimo grave.

Desafortunadamente en Verano también existe el peligro de los CICLONES Y HURACANES TROPICALES, con una media de 15 a 20 organismos por año y los que durante su trayectoria pueden provocar situaciones atmosféricas difíciles también en la Zona Occidental. Este año 2012 hemos tenido esta situación con la Tormenta Tropical ALBERTO que cruzo por el Golfo de México y sobre la Florida y posteriormente por el poderoso Huracán ISAAC que barrio toda la Costa Norte de Cuba y se interno en el Golfo de México hasta las costas de la Luisiana con el consiguiente mal tiempo en la Zona Occidental de Cuba.

LAS IMPORTANTES EXPERIENCIAS DE LA RECIENTE PERDIDA DEL PORTACONTENEDORES “RENA” EN NUEVA ZELANDIA.

El portacontenedores liberiano “ RENA “ de 236 metros de eslora, cargado totalmente de contenedores golpeo el arrecife ASTROLABIO cerca de la Isla Norte en NUEVA ZELANDIA el 5 de Octubre del 2011 y aproximadamente 350 tons. de combustible pesado (HFO) se vertieron al mar después que el buque fue dañado por una tormenta durante la varadura.

Inmediatamente actuaron las autoridades de la MARITIME NEW ZEALAND (MNZ) y la Empresa de Salvamento de Buques mas grande del mundo que actualmente es la SVITZER SALVAGE B. V., de propiedad danesa y con oficinas en Holanda, envío un Grupo de Salvamento encabezado por el Capt. Drew Shannon.

Durante tres meses, los Salvadores priorizaron la tarea de remover el combustible desde el buque fuertemente escorado unos 40 grados a estribor y lograron transferir

737 tons.de combustible “fuel“ por mangueras hasta el remolcador de plataforma “ GOCANOPUS ‘ de 67 metros de eslora y potencia de 10,800 caballos construido en el 2009, pero no iniciaron operaciones de descarga de los centenares de contenedores en la Cubierta Principal. El resultado final fue que el buque se partió en dos mitades el 9 de Enero del 2012, las que quedaron separadas unos 20 metros, ya que el buque varado fue afectado por olas de mas de 12 metros, las que fueron monitoreadas en el arrecife donde el Barco estaba localizado.

Durante las semanas posteriores a la partidura ya habían sido recuperados un total de 800 Contenedores de la carga del barco por la flotilla compuesta por mas de una docena de Remolcadores y barcazas de salvamento. Con la extracción de los hidrocarburos del buque se evito una catástrofe medioambiental en la paradisiaca Nueva Zelandia, pero el no remover al unísono los contenedores de la cubertada conllevo a la pérdida total del buque al partirse en dos pedazos.

LA EXPERIENCIA DE LOS SALVADORES CUBANOS EN EL REFLOTE Y SALVAMENTO DEL PORTACONTENEDORES CHIPRIOTA “GUTTERMANN “

ENCALLADO FUERTEMENTE EN BANCO JARUCO, FRENTE A GUANABO, CERCA DE LA HABANA EN FEBRERO DE 1998.

Este buque portacontenedores que fue construido en los Astilleros de SHANGHAI, CHINA en 1989 bajo bandera cubana y con el nombre de “ CAMILO CIENFUEGOS”, enarbolaba ahora la bandera chipriota y usaba el nombre de “ GUTTERMANN “ y el 7 de Febrero de 1998 regresaba de un viaje al Norte de Europa completamente cargado de contenedores y ómnibus de turismo como carga de cubierta, amén de sus bodegas también repletas de contenedores. El Capitán cubano del barco Eduardo Blanco Guerrero recibió esa mañana por la Radio la orden del Capitán del Puerto de La Habana de que debía prestar ayuda a un yate de vela tripulado por un matrimonio de Navegantes Norteamericanos los que estaban al garete al Norte de la Playa de SANTA MARIA DEL MAR. Como el tiempo estaba fuerte con viento fresco del Norte, cuando el gran buque paro su máquina para la ayuda del rescate , el

viento lo aconcho hasta vararlo en el BAJO REDONDO al Norte del Hotel " ATLANTICO " cerca de la playa.

La EMPRESA ANTILLANA DE SALVAMENTO de La Habana , Cuba, movilizo de inmediato los remolcadores "EDIMIR '' de 4500 HP y PROPULSION AZIMUTAL y el " SEA WOLF " de 2400 HP y esa tarde- noche el buque fue reflotado sin grandes averías en su casco, pero en la maniobra de desconectar al remolcador "SEA WOLF " hubo demoras y el buque portacontenedor fue aconchado de nuevo por el ahora fuerte viento del Norte y así el buque derivo hacia el terrible BANCO JARUCO formado de rocas coralinas y calizas muy duras y quedo ahora fuertemente encallado con sus 6,600 tons. De carga abordo y 2, 450 tons. de lastre en sus tanques, así como 266 tons. de petróleo pesado como combustible propio. El peso en rosca del buque era de 5,422 tons., lo cual arrojaba un desplazamiento total de 14,874 tons, cual si fuera un Crucero Pesado en la noche encallado en una profundidad del mar de solo 3,5 metros de calado en el arrecife, cuando sus calados de navegación eran de 6 metros por lo que el buque estaba 2,5 metros fuera de sus calados y en una condición bien peligrosa pues además estaba emproado con un asiento negativo de 1,5 metros por estar montada la Bodega 4 en la cima del cabezo rocoso y dicha bodega se encuentra a popa de la cuaderna maestra del buque.

El Autor de esta Conferencia se embarco a bordo del " GUTTERMANN" el Lunes 9 de Febrero por la tarde y cuando llego a bordo a la cubierta principal, bajo la gran cubertada de contenedores, escucho los constantes chirridos de hierros con hierros por los esfuerzos que estaban soportando la carga y la estructura del buque. Una operación RELAMPAGO DE DESCARGA fue organizada y se incluyo en ella al buque portacontenedores " ARMIN STAR " también del mismo Armador CORAL LINES el cual fue fondeado a 2 millas del buque varado para recibir en sus bodegas los contenedores que iban siendo descargados usando como medios de trasbordo dos barcazas del tipo DM del Rio Danubio donde se podían estibar 8 contenedores FEUS en cada una por viaje.

Para la descarga se usaban las dos grúas japonesas IHI del barco con capacidad de izaje De 36 tons. cada una las que eran operadas por los hábiles grueros

cubanos de la TERMINAL DE CONTENEDORES DEL PUERTO DE LA HABANA y los estibadores de esa misma Terminal efectuaban eslingado de los grandes contenedores de 40 pies de largo cada uno; estos obreros se transportaban todos los amaneceres desde la cercana DARSENA DE MARINA TARARA con la ayuda de los yates de esa entidad y para el movimiento de las barcazas DM se usaba el remolcador " OBERON " de 1200 HP perteneciente al Puerto de Cienfuegos.

En resumen, en alrededor de 24 horas se había creado un PUERTO ARTIFICIAL para el Alijo del buque encallado; el Autor de esta conferencia creó la consigna de "TODO PARA EL GUTTERMANN", parafraseando la histórica consigna de "TODO PARA EL FRENTE " de los Republicanos Españoles en MADRID en 1936, y como una forma de recabar la ayuda de los Ministerios y de los Organismos Involucrados. También se filmo un video submarino del buque varado con la ayuda de los Buzos profesionales de las Empresas INTERMAR y ANTILLANA DE SALVAMENTO.

Con todos estos esfuerzos logrados y con la gran experiencia de los Jefes de Salvamento Capitanes Aleop Tur Gutierrez y Reinaldo Garcia Paez y con la ayuda de los tres potentes Remolcadores halando por la Popa, pues ahora se había sumado el Remolcador de Propulsión Azimutal " CRIOLLO", de 3,400 HP que había llegado desde el Puerto de MATANZAS, mas el el uso adecuado de la también potente máquina principal SULZER del barco con una potencia de 6,659 HP, en estas maniobras dando " ATRÁS TODA " y también usando el Timón del barco colocándolo a diferentes ángulos, se logro reflotar el Barco en la noche del Sábado 14 de Febrero de 1998, cerca de la hora de la Pleamar. Cuando fue reflotado el barco se le habían alijado 2,600 tons. de carga en los 260 TEUS descargados y también se había achicado toda el agua de lastre que traía el buque.

Esa medianoche el portacontenedores "GUTTERMANN" hacia una entrada gloriosa por el Canal del Morro de La Habana donde resonaban los gritos de " VICTORIA " de los Tripulantes, Estibadores, Buzos y Salvadores desde a bordo del buque salvado.

Para que se tenga una idea de lo que sufre un buque portacontenedor encallado en estas condiciones, el “GUTTERMANN“ tuvo que proceder desde LA HABANA hasta un Astillero de Reparaciones Navales en el Puerto de LIVORNO, ITALIA, donde le fueron Sustituidas mas de 300 toneladas de planchas de acero y estructuras en sus fondos en un Tiempo de reparación de dos meses y el costo de estos trabajos ascendió a 5 millones de Dólares.

Del análisis comparativo de los casos del “ RENA “ y del “ GUTTERMANN” podemos determinar que el aligeramiento de la cubertada de contenedores es VITAL PARA LA SUPERVIVENCIA DE ESTE TIPO DE BUQUE, debido a los grandes esfuerzos estructurales a que es sometido el barco cuando se encuentra fuertemente encallado en un Arrecife.

Teniendo en cuenta las experiencias de los accidentes marítimos que acabamos de relatar, se plantea el PRIMER MEDIO DE SALVAMENTO NECESARIO que seria una BARCAZA DE CARGA EN CUBIERTA no menor de 80 metros de eslora y 20 Metros de manga, la que deberá estar equipada con UNA GRUA DE ALTA TORRE Y capacidad de izaje de entre 80 y 100 tons. que seria usada para el alijo de los contenedores de la cubertada en los buques que no dispusieran de medios de izaje propios conocidos como “ gearless”.

Un aleccionador ejemplo de este tipo de alijo fue el efectuado en el caso del buque Portacontenedores “ MSC NAPOLI “ que fue victima de una fuerte tormenta Invernal cerca de la entrada del CANAL DE LA MANCHA en Enero de 2007 Y su Capitán tuvo que vararlo a propósito en la costa inglesa en BRANSCOMBE, DEVON para evitar su hundimiento.

Después que el Grupo de Salvamento por diferentes medios le extrajo 3,600 tons.de HFO (Petróleo Pesado), se uso este tipo de barcaza para la descarga de todos los contenedores de la cubertada en operaciones de alijo que se efectuaron hasta mediados de Mayo del 2007 . Posteriormente el buque fue reflotado pero tan dañado que su casco fue vendido como chatarra a un Astillero Español de Desguace.

¿POR QUE REMOLCADORES DE 200 TONS. DE TRACCION EQUIVALENTES A 20,000 hp ¿

La respuesta esta aquí: " EL MOUS'IF " es el segundo de los tres Super Remolcadores de Escolta ordenados ahora en el año 2012 por el GOBIERNO DE ARGELIA al famoso Astillero Noruego STX OSV BRATTVAAG. El primero de estos barcos, nombrado " " EL MOUNDJIB " ya ha sido entregado mientras que el tercero está siendo completado e iba a ser entregado en Septiembre del año 2012. Basados en el diseño ROLLS-ROYCE UT 515 CD, el trio de súper remolcadores será muy similar al de un par equivalente de súper remolcadores franceses construidos hace siete años. Con medidas de eslora total de 86 metros y manga de 17,5 metros y estando diseñados para tareas de rescate y salvamento, los barcos también están equipados para grandes tareas contraincendios y de prevención de la contaminación. Los cascos de los súper remolcadores fueron completados por el Astillero de STX TULCEA en RUMANIA y fueron después remolcados al Astillero BRAATVAG en NORUEGA para su completamiento. El grueso de su maquinaria es de la firma ROLLS-ROYCE. Estos buques de configuración de dos hélices con cuatro motores Controlados a través de dos cajas de engranajes TISO y proveerán una potencia de tracción de 200 toneladas y una velocidad máxima de 20 nudos.

Los dos primeros Super Remolcadores estuvieron en el RIO CLYDE (cerca de la Base De la Marina Real Británica en FASLANE) en ESCOCIA para pruebas de mar en su ruta Desde NORUEGA hasta ARGELIA. El Astillero STX OSV tiene nueve Astilleros de Construcción Naval esparcidos por el mundo, a saber: AUKRA, BRAATVAAG, BREVIK, LANGSTEN y SOVIKNES en NORUEGA; BRAILA y TULCEA en RUMANIA, NITEROI en BRASIL y VUNG TAU en VIETNAM.

Por otro lado, desde Mayo del año 2007 la Empresa de Salvamento y Remolque Oceánico holandesa FAIRMOUNT MARINE BV completo su equipamiento también De Cinco Super Remolcadores de 20,500 HP y 205 tons de Tracción cada uno que fueron construidos en el Astillero Japonés de NIIGATA SHIPBUILDING, los que ostentan los nombres de " FAIRMOUNT ALPINE ", " FAIRMOUNT GLACIER ",

“FAIRMOUNT SHERPA “, “ FAIRMOUNT SUMMIT “ y el “ FAIRMOUNT EXPEDITION “.

Estos importantes navíos están estratégicamente basificados para salvamentos en las principales encrucijadas marítimas tales como la entrada del CANAL DE LA MANCHA, CAPETOWN en el SUR DE AFRICA, SINGAPUR en el. SUDESTE ASIATICO y KINGSTON, JAMAICA en el MAR CARIBE. Sin embargo, estos Super Remolcadores son también usados para el remolque de PLATAFORMAS PETROLERAS, por lo que por ejemplo la Base en KINGSTON, JAMAICA, puede no estar cubierta durante algunas semanas o meses. Estos Super Remolcadores son los IDONEOS Y ADECUADOS para maniobrar con los nuevos buques MEGACONTENEDORES de 12,000 y 14,000 TEUS, dadas sus dimensiones, por lo que se requiere la Basificacion de un SUPER REMOLCADOR en la BAHIA DE MARIEL, para que pueda atender DE INMEDIATO un accidente marítimo de uno de estos grandes barcos, que bien pudiera suceder en los próximos 20 años de operaciones.

Se debe resaltar que desde la adquisición del Remolcador de Salvamento Holandés “CARIBBEAN SALVOR “, de 6,000 caballos de fuerza en 1985, hace 27 años, no se adquiere por CUBA ningún buque de este tipo y la EMPRESA ANTILLANA DE SALVAMENTO en estos tiempos no posee ningún Remolcador de Salvamento aunque sigue siendo Empresa Miembro desde 1992 de la UNION INTERNACIONAL DE SALVADORES (ISU).

EL TERCER MEDIO DE SALVAMENTO : LA BARCAZA TANQUE AUTOPRO-PULSADA PARA RECIBIR LOS HIDROCARBUROS DE LOS MEGACONTENEDORES ACCIDENTADOS, CUANDO ASI LO REQUIERAN.

Hemos pensado, después de un estudio del tema, que la Barcaza adecuada para este Trabajo, sería una de las del trafico fluvial de los ríos del Norte de Europa. La red de VIAS NAVEGABLES de este Continente, sin fronteras interiores, fue culminada en 1992 con la apertura del CANAL RHINE-MAIN-DANUBE comunicando los puertos Marítimos con las tierras interiores por una red de 25,000

kilómetros de vías acuáticas Donde casi todas las grandes áreas industriales de EUROPA pueden ser alcanzadas por El agua a través de estos canales y teniendo como ejemplo a DUISBURGO, ya en el interior de ALEMANIA, en la confluencia de los ríos RHINE y RUHR, que es el MAYOR PUERTO FLUVIAL DEL MUNDO. La Flota de Navegación por Aguas Interiores de Europa comprendía en 1992 la cantidad de 10,000 Barcazas con una capacidad de carga de 10 Millones de Toneladas. El Sueño del Emperador CARLOMAGNO, que concibió mil años atrás este proyecto, por fin se hacía realidad en Septiembre de 1992 con la interconexión de los tres grandes ríos.

La Barcaza que se sugiere seria similar a la ENTERPRISE, construida en 1991 en una serie de cuatro con el Astillero Holandés MACHINENFABRIEK DE WAAL y tiene una eslora total de 86 metros, una manga de 11,40 metros y un calado de 3,20 metros en condiciones de carga completa. Sus cinco tanques de carga le brindan una capacidad de carga de 1,600 tons. Esta Barcaza o similar puede ser adquirida en el Mercado Naval Holandés de Segunda Mano o se puede ordenar la construcción de una nueva en el Astillero Cubano- Holandés de DAMEX, en SANTIAGO DE CUBA.

Para hacer mas eficiente y rápido el alijo de los contenedores en el caso de una Emergencia con un buque MEGACONTENEDORES en el Área de la NUEVA TERMINAL DE CONTENEDORES DEL PUERTO DE MARIEL, también se sugiere la compra de dos BARCAZAS AUTOPROPULSADAS TRANSPORTADORAS DE CONTENEDORES como las que se muestran en las fotos (una foto vale tanto como mil palabras dice el refrán chino) de las Barcazas “ MIRIAM “ y “‘FREINSTEIN “, las que cargarían al costado de la Barcaza Grúa que estaría descargando la cubertada de contenedores del buque varado.

Estas son nuestras consideraciones para aplicar un PLAN PREVENTIVO DE SALVAMENTO a la que será la MAS IMPORTANTE TERMINAL MARITIMA DE CUBA durante los próximos 20 años y a la cual deseamos felices y exitosas operaciones marítimas.

BIBLIOGRAFIA:

Revistas Marítimas Inglesas TUG AND SALVAGE- Bi Mensual- Años 2007 al 2013-

Archivos Personales del Autor.

CT-5 EMBARCACIONES PESQUERAS

Optimizacion de la resistencia al avance de una embarcación pesquera por medio de bulbos de proa, utilizando análisis numérico y experimental

Mendoza Dávila, Jorge Alfredo*;Mendoza_J_A_88@hotmail.com
Mestanza Rodrigues, David A; Alejandro_1609@hotmail.com
Curi Casafranca, Jhonatan; Jhony0294km5@gmail.com
Universidad Nacional de Ingeniería
Facultad de Ingeniería Mecánica, Escuela Profesional de Ingeniería Naval, Av. Túpac Amaru 210-Rimac/Lima, Telf.:481-1490, Telefax: 381-3847, E-mail: fim@uni.edu.pe

ABSTRACT

El Canal de Experiencias Hidrodinámicas de la Universidad Nacional de Ingenieria (CEHIDUNI) viene realizando ensayos de remolque a modelos a escala de embarcaciones para calcular su resistencia al avance y así, poder proyectar el sistema de propulsión con las demandas de potencia requeridas y alcanzar las velocidades de diseño sin contratiempos. La hidrodinámica experimental en el Perú ha dado un paso fundamental con la consolidación del CEHIDUNI y cada vez más proyectistas navales nacionales e internacionales ven con mayor confianza sus procedimientos y resultados apostando por realizar sus ensayos en dicha institución.

Actualmente, el CEHIDUNI utiliza herramientas de Dinámica de Fluidos Computacional (CFD), para poder brindar un servicio más tecnificado y eficaz en términos de reducción de resistencia al avance con todos los beneficios económicos y operacionales que esto significa en la explotación de toda embarcación.

El presente trabajo tiene como fin optimizar la resistencia al avance de una embarcacion pesquera cuando navega en condicion de maxima carga, haciendo uso de bulbo de proa. Para ellos se procedera a optimizar el bulbo por medio de analisis

numérico, variando parametros en el bulbo como area de sección transversal, posición longitudinal, posición vertical y forma; hasta llegar al más óptimo para el tipo de embarcación a las condiciones que se encuentra en navegación. Los resultados serán constatados mediante pruebas experimentales (ensayos de resistencia al avance), que se realizará con los dos bulbos más óptimos obtenidos en el análisis numérico. Los principales parámetros comparados son la velocidad y resistencia al avance; pero también se registran y comparan perfiles de ola y patrones de estela en ambos casos.

1.- INTRODUCCION

El Perú se ha caracterizado históricamente por ser un país pesquero teniendo una de las flotas de embarcaciones industriales más grandes del mundo. Las embarcaciones pesqueras peruanas requieren ser cada vez más veloces, seguras y rentables; para ser competitivas en la Industria Nacional. La gran mayoría de embarcaciones peruanas han pasado su tiempo de vida útil, es así que, nos encontramos en una etapa de modernización y tecnificación que requiere nuevos conocimientos para mejorar los antiguos diseños hasta ahora existentes.

Una de las características de diseño importante para la operación de las embarcaciones es alcanzar la mayor velocidad con la menor potencia de planta propulsora instalada y una de las formas de lograr esto; es mediante la disposición de un bulbo de proa.

El diseño del bulbo de proa es algo particular que varía de embarcación a embarcación, de modo que el bulbo debe de ser diseñado exclusivamente para un tipo de embarcación, calado y velocidad determinada. Para lograr esto es necesario tener un conocimiento claro de cómo los parámetros del bulbo influyen en la resistencia al avance en este tipo de embarcaciones.

El estudio del caso se desarrolló en las instalaciones del Laboratorio Nacional de Hidráulica de la Universidad Nacional de Ingeniería, siendo este el lugar donde se realizan los ensayos hidrodinámicos a modelos de embarcaciones, así como el

estudio numérico (CFD). A través de los años el CEHIDUNI (Canal de experiencias Hidrodinámicas de la Universidad Nacional de Ingeniería) ha venido ganando experiencia y mejorando el procedimiento de sus ensayos con la finalidad de optimizar sus resultados, haciendo uso de métodos numéricos y experimentales, para en conjunto poder brindar un servicio más tecnificado y eficaz en términos de reducción de resistencia al avance; es por ello que hoy en día cada vez más proyectistas navales nacionales e internacionales ven con mayor confianza sus procedimientos y resultados apostando por hacer sus ensayos en la UNI.

2. ANALISIS NUMERICO

El análisis es realizado a través del paquete comercial ANSYS-CFX que incorpora herramientas de Dinámica de Fluidos Computacional (CFD) para el cálculo de distribución de presiones en el dominio computacional y resolución de problemas de superficie libre. Es un paquete informático diseñado para el cálculo de la dinámica a través de la resolución de las ecuaciones de Navier-Stokes, de forma discreta para cualquier flujo laminar o turbulento. Es capaz de resolver casi cualquier problema en esta materia, haciéndolo muy útil para la rama de Arquitectura Naval, ya que no hay limitaciones de forma en el cálculo de resistencia al avance por este método, siendo posible agregar cualquier tipo de apéndice al casco, para nuestro caso el bulbo de proa.

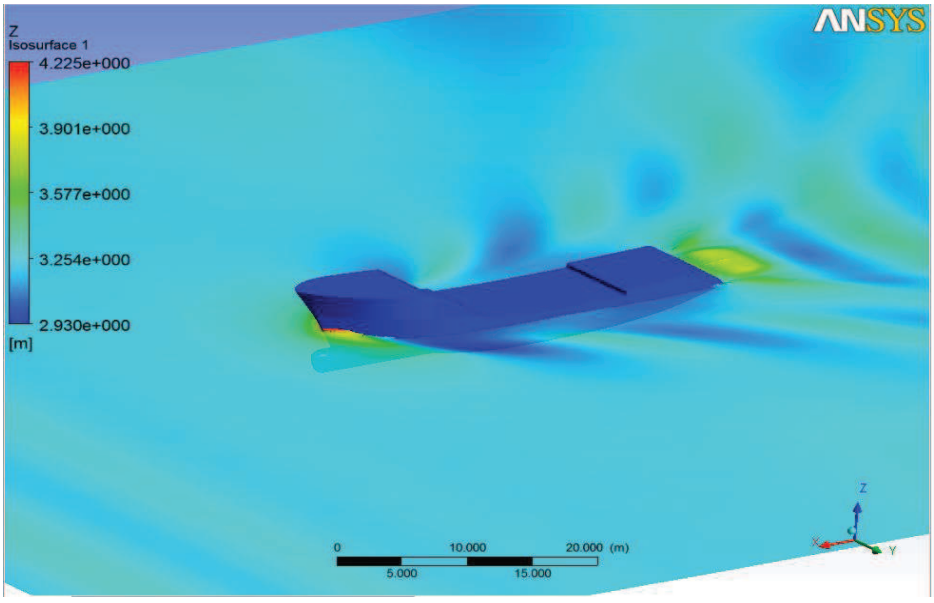


Fig. 1. Ensayo Numérico Casco "E/P Modesto 6" (ANSYS)

2.1 MODELO MATEMÁTICO

El modelo teórico, basado en la ecuación de Navier-Stokes y la ecuación de continuidad, forman un sistema de ecuaciones diferenciales parciales acopladas, no lineales, las ecuaciones de movimiento se aplican a un flujo tridimensional isotérmico de un fluido viscoso con propiedades físicas constantes. Este modelo matemático emplea varias simplificaciones clásicas que facilitan la solución, pero que no alteran su validez, estas simplificaciones son:

- ✓ Flujo estacionario; $\nabla*(\rho*U)=0$.
- ✓ Flujo incompresible; $\nabla*U=0$.
- ✓ Fluido con propiedades física constantes, ρ, μ, v.
- ✓ Fluido viscoso newtoniano.

2.1.1 Ecuaciones Fundamentales

El comportamiento del fluido es gobernado por la necesidad de conservación de energía, masa y momento, adicionalmente deben ser establecidas relaciones entre las propiedades físicas del medio, es decir su densidad y viscosidad. Las propiedades físicas y leyes que gobiernan el movimiento del fluido, se obtienen de la aplicación de ecuaciones fundamentales, tales son: la **Ecuación de continuidad, Ecuación de la cantidad de Movimiento y la Ecuación de la Conservación de la Energía.**

2.1.2 Modelos de turbulencia

Para la resolución numérica de las Ecuaciones de Navier-Stokes, el planteamiento de la turbulencia se basa en considerar que cualquier variable del flujo se puede descomponer en dos partes un valor promediado y una fluctuación las cuales son asumidas al azar. Un flujo se define como turbulento solo sí su comportamiento es irregular, rotacional, intermitente, altamente desordenado, caótico, difusivo ó disipativo. La turbulencia es inherentemente no estacionaria, tridimensional produciendo incrementos en la transferencia de calor, de masa y de momento. Los flujos turbulentos pueden ser representados como un campo de vórtices

interactuando en un amplio espectro de escalas temporales y espaciales. Los modelos de turbulencia son utilizados para predecir los efectos de la turbulencia en un flujo sin necesidad de resolver todas las pequeñas escalas de las fluctuaciones turbulentas. Algunos de estos modelos tienen aplicaciones específicas, mientras que otros pueden ser aplicados en un amplio rango de flujos con un grado razonable de exactitud. Los modelos RANSE pueden ser clasificados en modelos de viscosidad de remolino y en modelos de las tensiones de Reynolds

En el ámbito de Ingeniería Naval se han estado empleando mayoritariamente dos modelos de turbulencia para validar resultados de ensayos numéricos con los de canales de pruebas, estos son el modelo k- ε, y el modelo Shear Stress Transport (SST, k-ω) , que es el usado en este trabajo.
En el modelo k- ε, la energía cinética k, está definida como la variación de las fluctuaciones en la velocidad y tiene las dimensiones [m2/s2], ε es la disipación turbulenta de remolinos (la tasa a la cual las fluctuaciones de velocidad se disipan) y las dimensiones son [m2/s3].

2.2 ESPECIFICACIÓN GEOMÉTRICA DEL MODELO.

Se discretizan las secciones a partir de la tabla de puntos sacadas de las líneas de forma de la “E/P. Modesto 6”

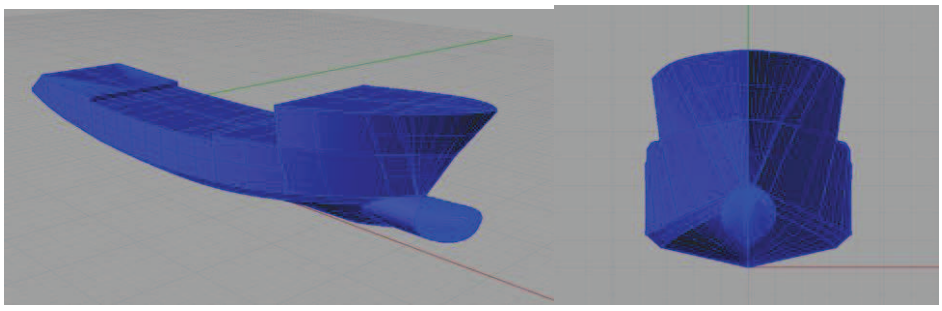


Fig.2. Vista isométrica y transversal del modelo “E/P Modesto 6”.

2.3 MALLA COMPUTACIONAL Y CONDICIONES DE CONTORNO

La malla generada representa el dominio del fluido. Se debe tener certeza de la elaboración de una correcta malla, ya que de este depende que la respuesta numérica represente con aceptable grado de certeza el campo de presiones y velocidades del fluido alrededor del casco.

El tipo de enmallado utilizado es un no estructural, de elementos tetraédricos, con un planchado de capas alrededor del casco. Estratégicamente se refina la superficie libre y el casco, puesto que son las zonas de mayor interés en el análisis.
Las proporciones del dominio recomendadas para el modelo “E/P Modesto 6” son:

- De proa hacia delante : 1,4Lpp
- De popa hacia atrás : 2.58Lpp
- Ancho del semidominio: 1Lpp
- Cielo: 0.2Lpp
- Profundidad : 1.24Lpp

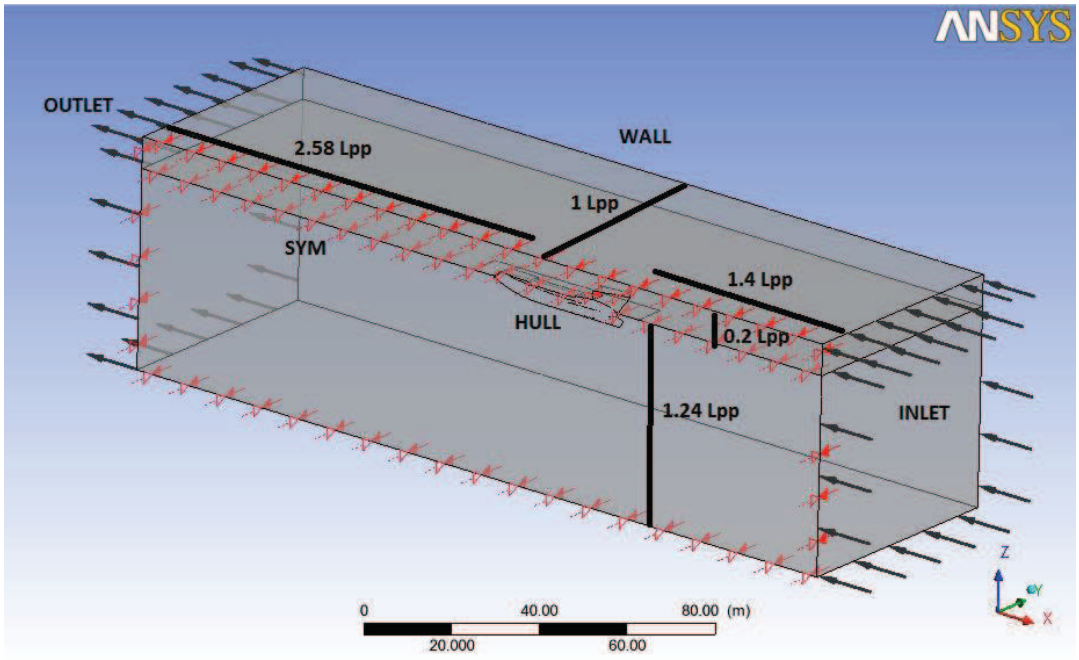


Fig.3. Dominio fluido usado en la simulación.

Proporciones del dominio de la superficie libre donde se refinaran de forma estratégica los elementos:

- De proa hacia delante : 0.06Lpp
- De popa hacia atrás : 0.15Lpp
- Ancho del semidominio: 0.45Lpp

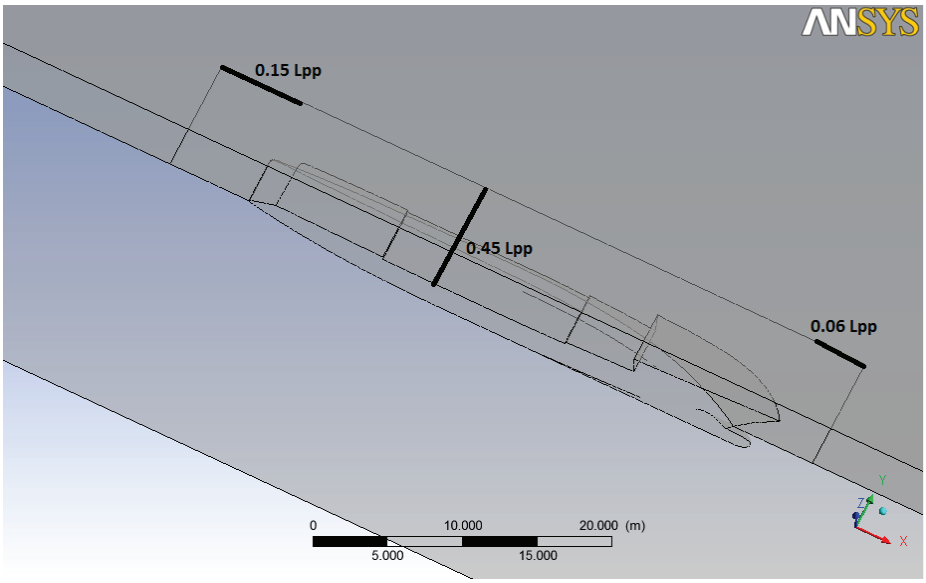


Fig.4. Superficie libre

Las condiciones de contorno son:

- Hull: No slip (No deslizamiento), smooth Wall (pared lisa).
- Inlet: Régimen subsónico, Velocidad del modelo en el eje x.
- Wall: Free slip.
- Outlet: Régimen subsónico; Presión Hidrostática.
- Sym: Simetría.

Generación de malla NO ESTRUCTURADA.

La malla es generada en ICEM CFD, utilizando elementos no estructurados tetraédricos. Se realiza un mayor refinamiento de la malla en las zonas de interés, incrementando el tamaño de los elementos en las zonas remotas del dominio no estructurado. La elección de elementos tetraédricos se debe a que estos se adaptan mejor a geometrías complejas, sin embargo aumenta el costo computacional.

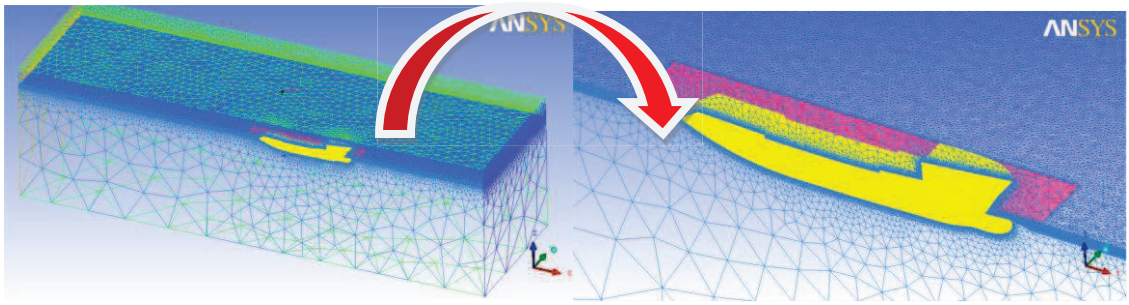


Fig.5. Malla no estructurada- Elementos tetraédricos y prismáticos.

Existe una superficie alrededor del casco que es la superficie libre, la cual a su vez se divide en dos partes de forma estratégica, la primera (FS) tendrá un mayor refinamiento por ser contiguo al casco y la segunda (FS2) que esta contiguo al FS, tendrá elementos de mayor magnitud.

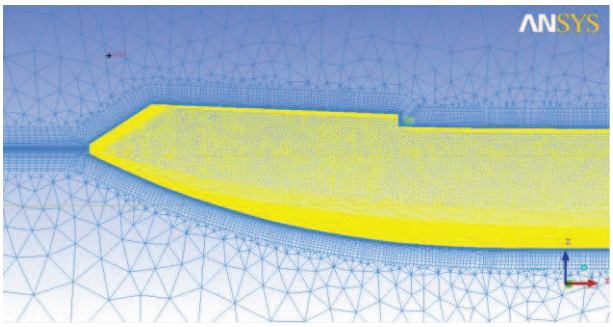
Mesh Nº	Hull Size	F.S. Size	F.S.2. Size	Domain Nº Node
Mesh Nº 1	0.58%L	2%L	4%L	3 946 318

Tabla 1. Refinamiento de la malla en función de porcentajes de la eslora.

Los elementos contiguos al HULL, FS y FS2 se les aplicara capas de elementos prismáticos con un crecimiento exponencial, ya que teniendo los elementos ordenados en las zonas de interés garantizan una mayor eficiencia en los cálculos numéricos. Los parámetros seleccionados fueron de tal forma que la altura de las capas en la interface (FS, FS2) es aproximadamente el doble del calado de la embarcación y el espesor de todas las capas alrededor del casco es la cuarta parte del calado de la embarcación.

Item	Nº Layers	Initial Height	Height ratio
Hull	18	0.05%L/10	1.1
F.S.	18	0.05%L/5	1.22
F.S.2.	18	0.05%L/5	1.22

Tabla 2. Elementos prismáticos en función de porcentajes de la eslora.



Tablas 6. Elementos prismáticos alrededor del casco y la superficie libre.

Estas proporciones del dominio y tamaño de los elementos, ya fueron validados en investigaciones anteriores, obteniendo una desviación promedio respecto a los ensayos experimentales de 2 - 10%

El modelado de la “E/P Modesto 6” no cuenta con bulbo de Popa y Forro de quilla para la etapa inicial del proyecto.

Los recursos computacionales cuentan con las siguientes características:

- Intel (R) Core (TM) i7 – 3770 CPU @ 3.9 GHz
- Memoria RAM 48 GB
- Windows 7 Ultimate 64 bits
- Tarjeta de video Ati raedon 4 GB

2.4. MODELACION Y ANALISIS DE LOS BULBOS A ESTUDIAR NUMERICAMENTE

Bulbo 1: Diseño preliminar en base a los parámetros de Kracht.

Área de sección transversal del bulbo: 1.85 m^2.

Longitud del bulbo a partir de F.P. (Lb): 1.0m.

Altura del punto extremo de proa del bulbo (Zb): 1.6m.

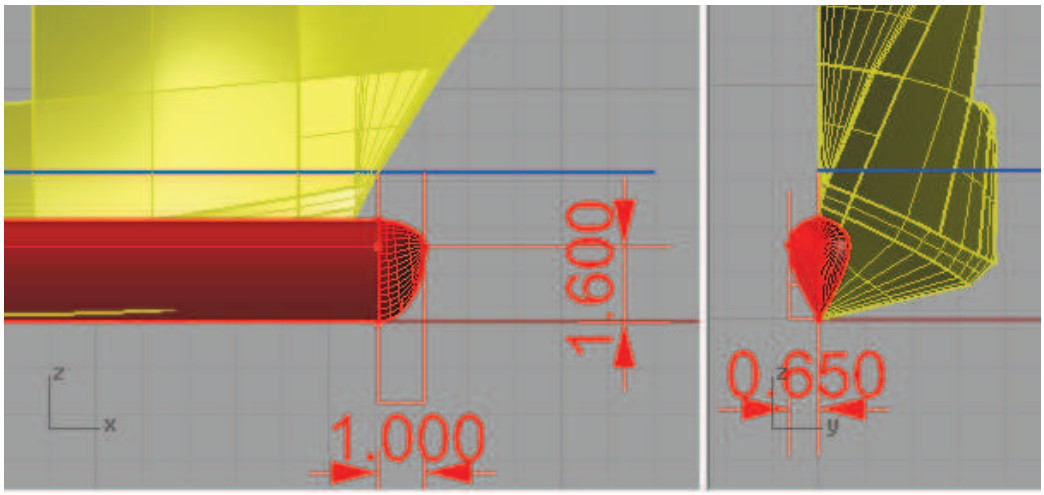


Fig. 7. Bulbo 1

Bulbo 2: Bulbo1 aumentado en 0.3m de longitud (Lb=1.3m).

Bulbo 3: Omitido de análisis por irrelevancia.

Bulbo 4: Bulbo1 aumentado 0.5m en su posición vertical.

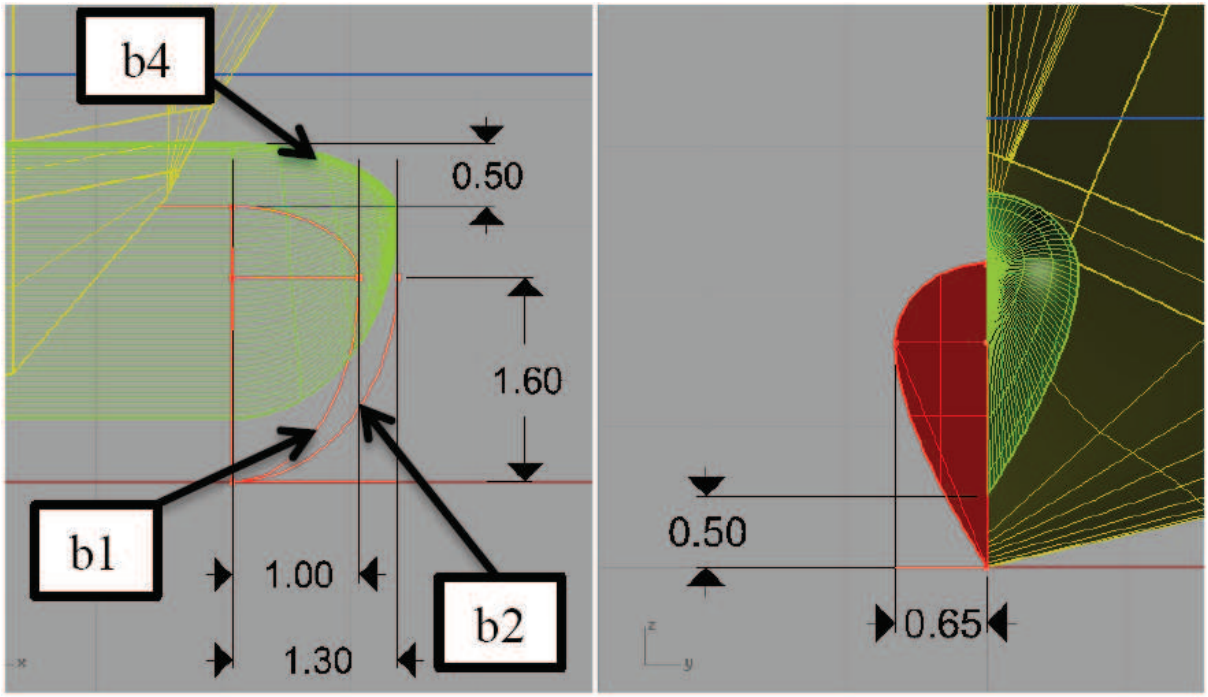


Fig. 8. Comparación de forma entre los bulbos 1, 2 y 4

Bulbo 5: Bulbo1 aumentado 0.77m en la vertical.

Bulbo 6: Bulbo 4 aumentado en 1.0m de longitud (Lb=2.3m).

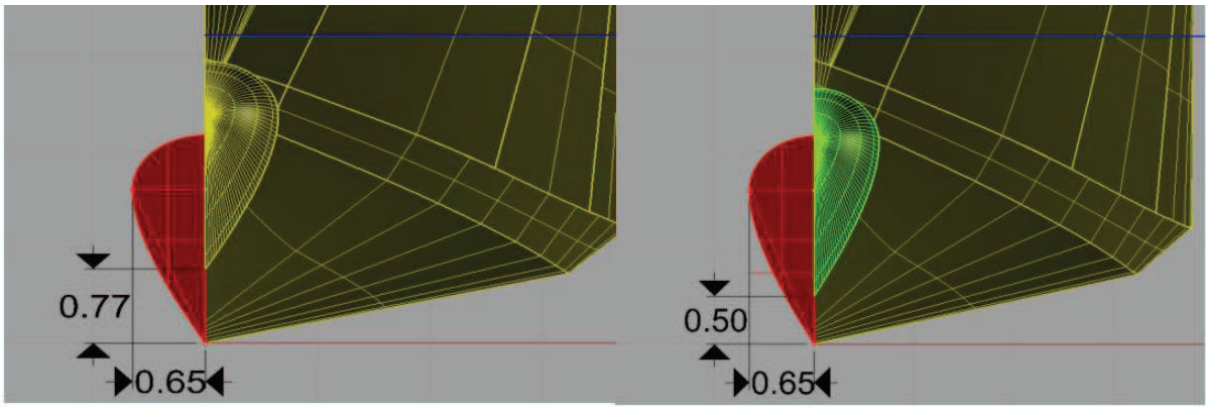


Fig.9. Bulbo 5 y 6 en su posición vertical.

Estas modificaciones se hicieron en vista que los bulbos 1, 2 y 3 no presentaban mejoras significativas cuantitativas ni cualitativas.

Los bulbos 4, 5 y 6 empezaron a mejorar cuantitativamente pero no cualitativamente, esto se debe a que el bulbo aún no está generando la onda que produzca la interferencia; salvo en el bulbo 6 en el que ya podemos notar una pequeña protuberancia en la superficie libre sobre dicho bulbo (ver tabla 2), del que podemos deducir que la longitud del bulbo es un parámetro importante en el diseño, ya que su nuevo valor mejoró significativamente la reducción de resistencia (12.28%).

Leyenda de gráficos:

Izquierda: Alturas de la superficie libre tomando como el origen de coordenadas un punto ubicado en la Línea Base y líneas de corriente del agua y aire incidentes al casco en el plano de crujía.

Derecha: Vista de planta de la superficie libre en proa (En estribor se ha suprimido la visión del casco).

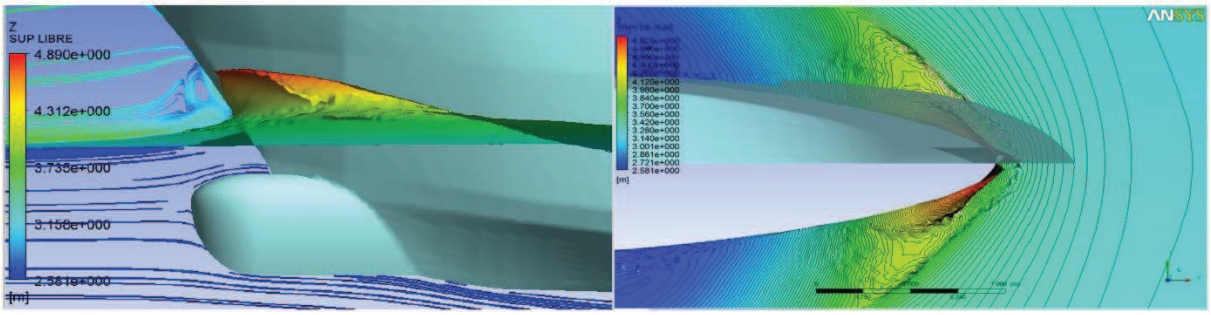


Fig.10. Bulbo 4

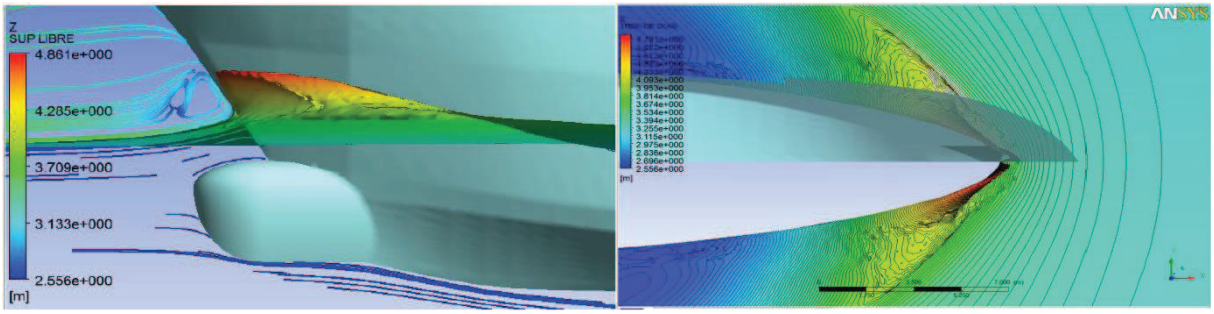


Fig.11. Bulbo 5

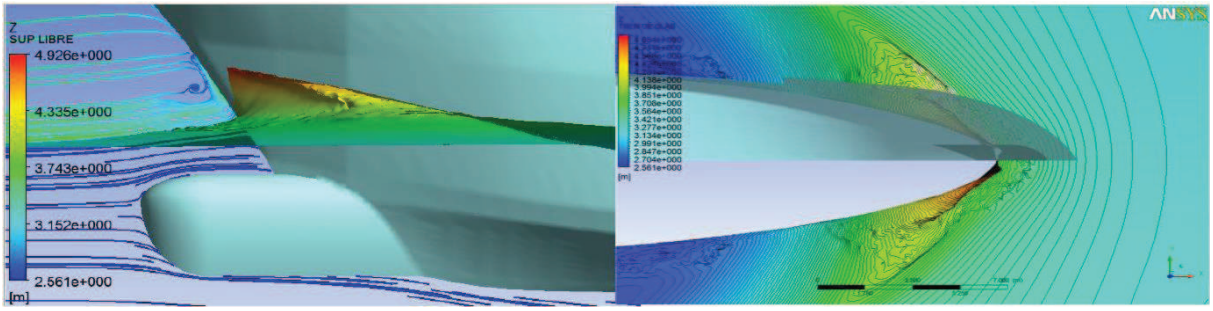


Fig.12. Bulbo 6

Hasta el momento la sección transversal del bulbo se ha mantenido constante. Se decidió aumentar el valor de la sección transversal para ver la reducción de la resistencia al variar este parámetro en el siguiente grupo de bulbos analizados.

Bulbo 7: Bulbo 6 (el más eficiente del grupo anterior) con una mayor área de sección transversal igual a 3.1m^2

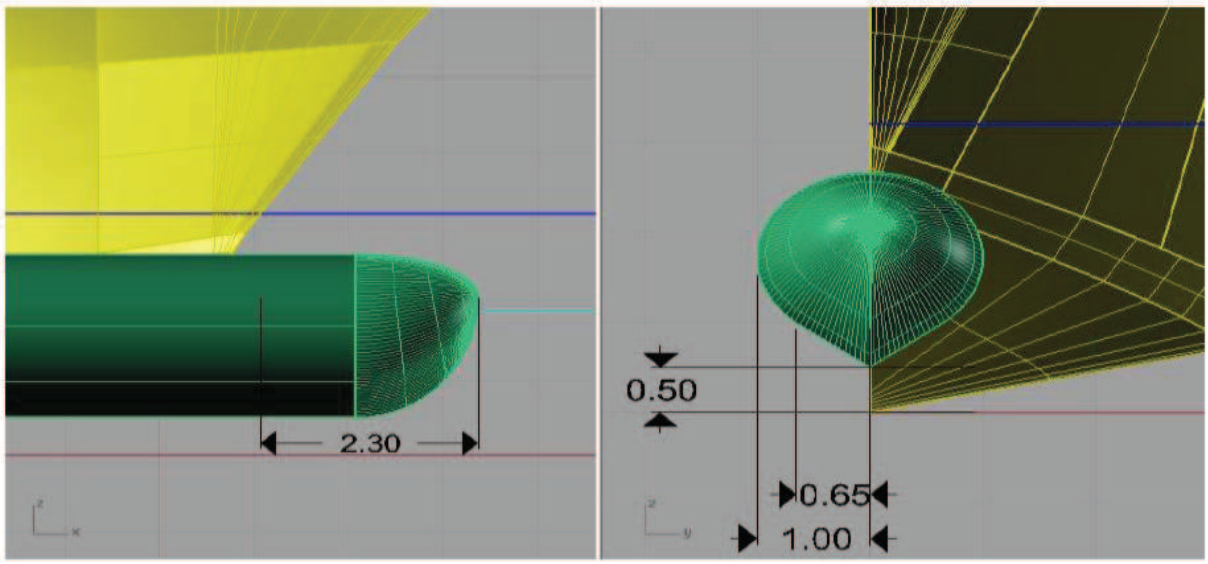


Fig.13. Vista longitudinal y transversal del bulbo 7

La eficiencia aumento significativamente (ver tabla 2) así que se decidió seguir trabajando con esta sección en los análisis posteriores.

Bulbo 8: Bulbo 7 con un perfil distinto en el extremo superior de proa.

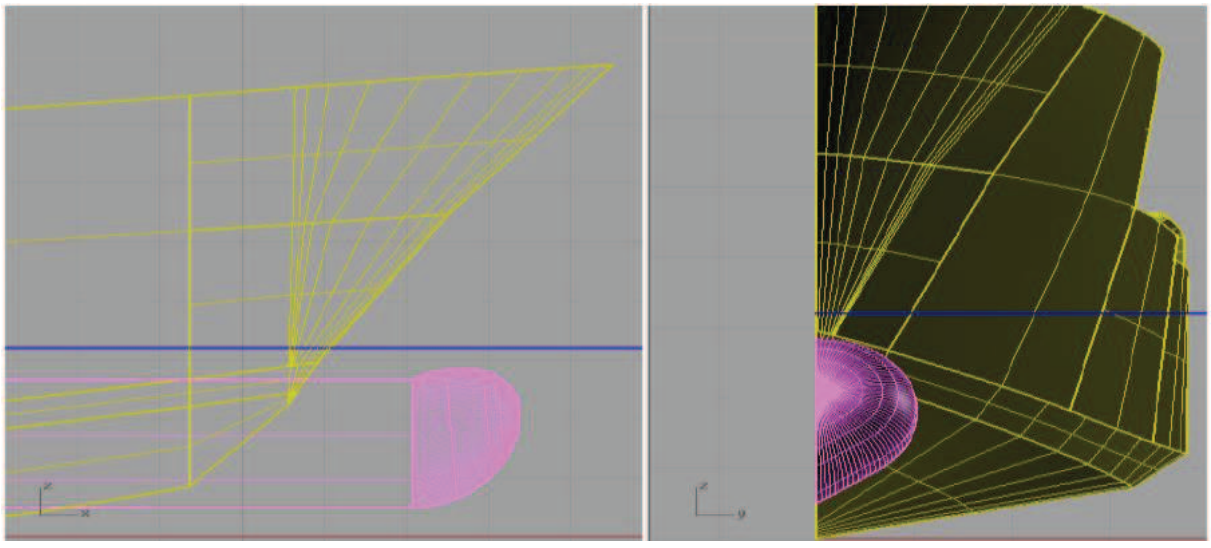


Fig.14. Vista longitudinal y transversal del bulbo 8.

La eficiencia en este bulbo tubo un pequeño aumento con respecto al bulbo 7 (1%), así que esta modificación es válida para afinar el bulbo definitivo (tal como se hará para los bulbos 11 y 14 más adelante.)

Nota Importante: En ambos casos (bulbo 7 y 8) se observó un punto de estancación del flujo. Debido a la mayor área transversal, la dirección del flujo incidente varia drásticamente cuando impacta con el punto extremo a proa del bulbo, este cambio violento ocasiona un desprendimiento de las líneas de corriente.es por esto que en adelante se optó por una forma más hidrodinámica a fin de disminuir dichos efectos.



Fig.15. Gradientes de presión en la superficie del bulbo 7.

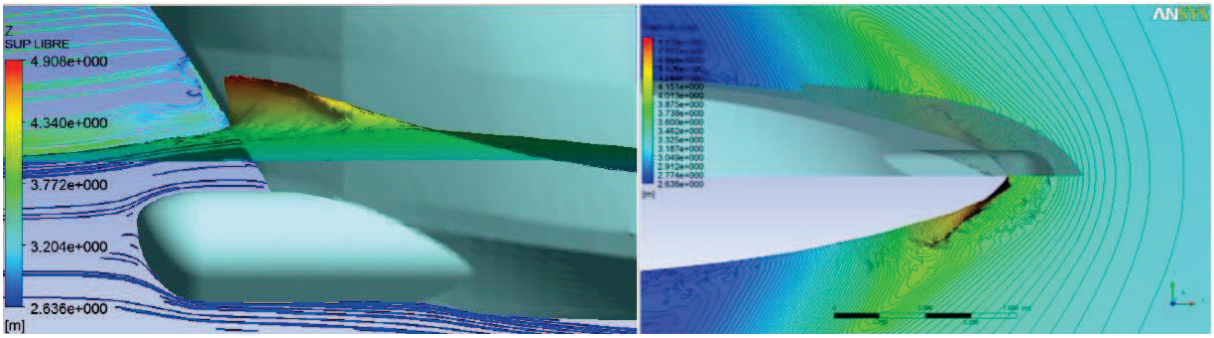


Fig.16. Bulbo 7 – superficie libre

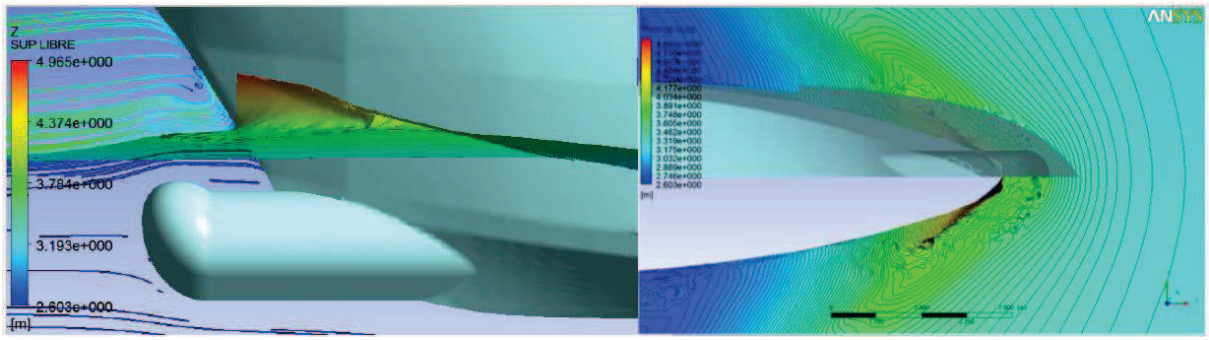


FIg.17. Bulbo 8 – superficie libre

Bulbo 10: bulbo7 con perfil más hidrodinámico en el extremo inferior de proa.

Bulbos 9 y 11: son similares al bulbo 10 con una variante de Longitud en 0.75m hacia popa y proa respectivamente.

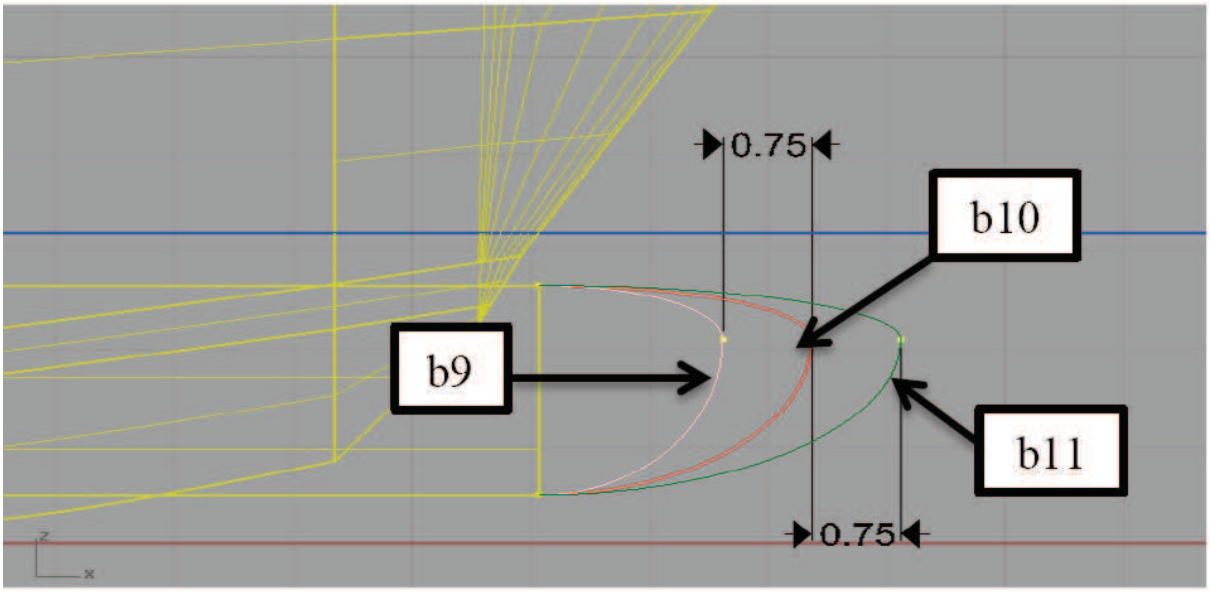


Fig. 18. Comparación de forma entre los bulbos 9, 10 y 11

Bulbos 12, 13 y 14: son similares a los bulbos 9, 10 y 11 respectivamente, con un aumento de 0.27m en su posición vertical.

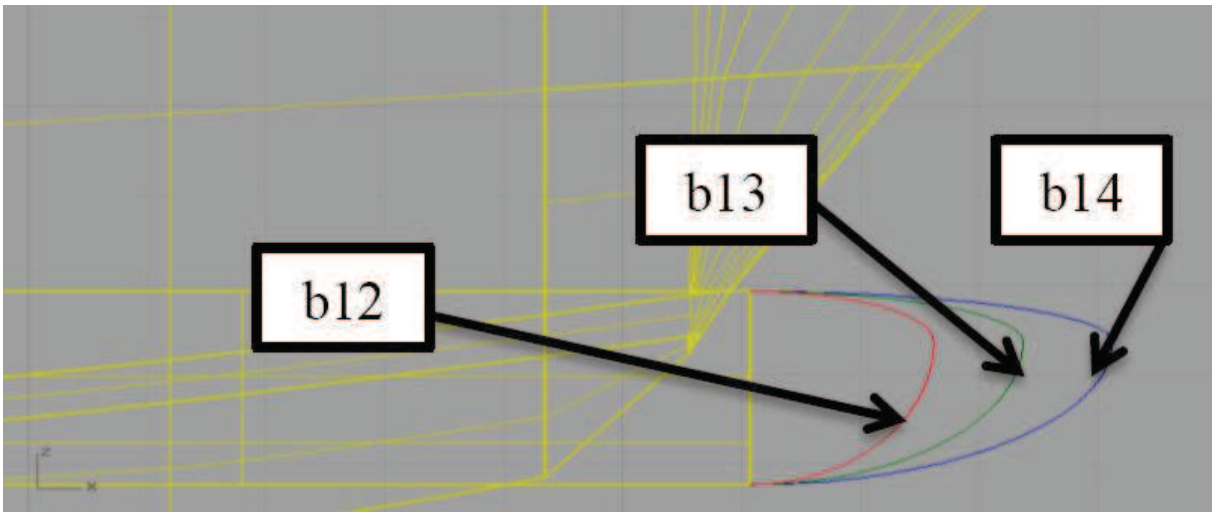


Fig. 19. Comparación de forma entre los bulbos 12, 13 y 14.

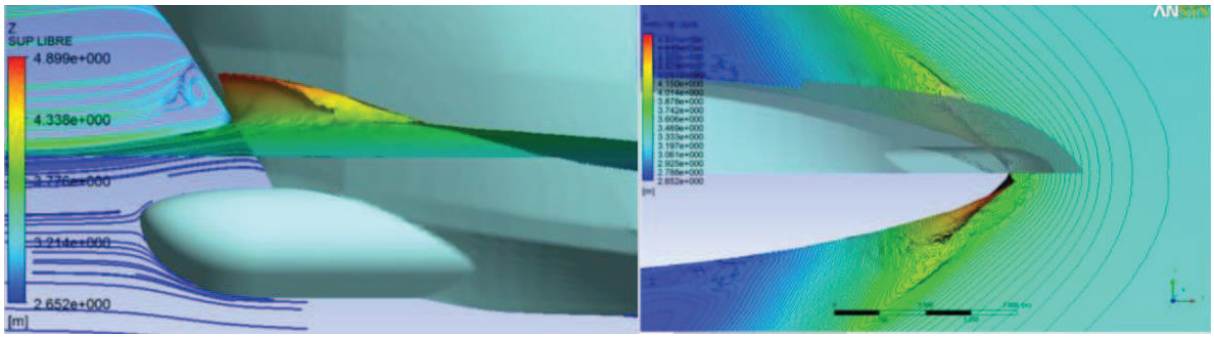


Fig.20. Bulbo 10 – superficie libre

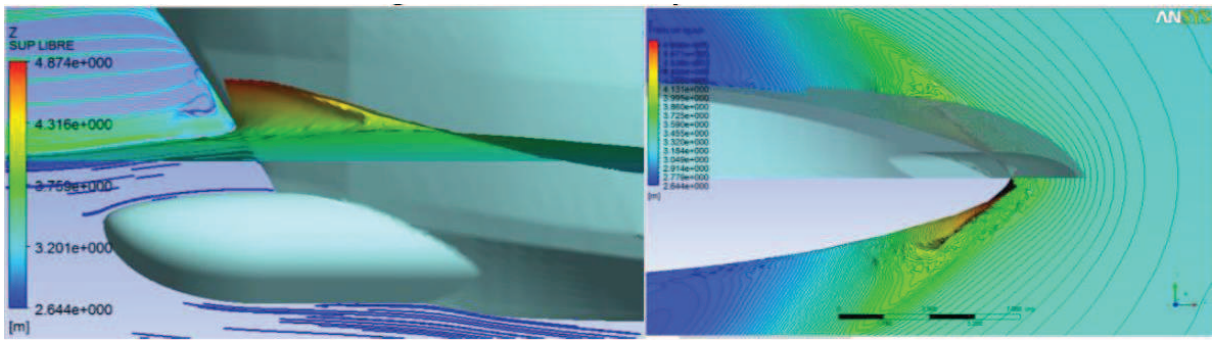


Fig. 21. Bulbo 11 – superficie libre

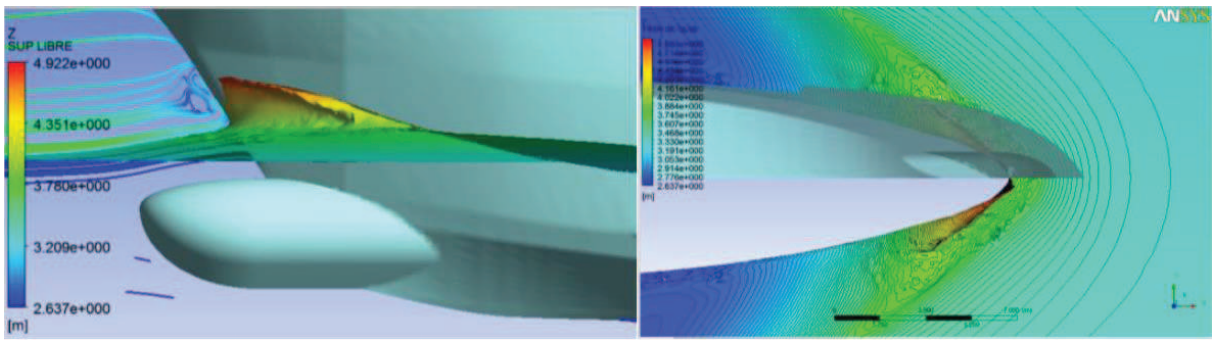


Fig. 22. Bulbo 13 – superficie libre

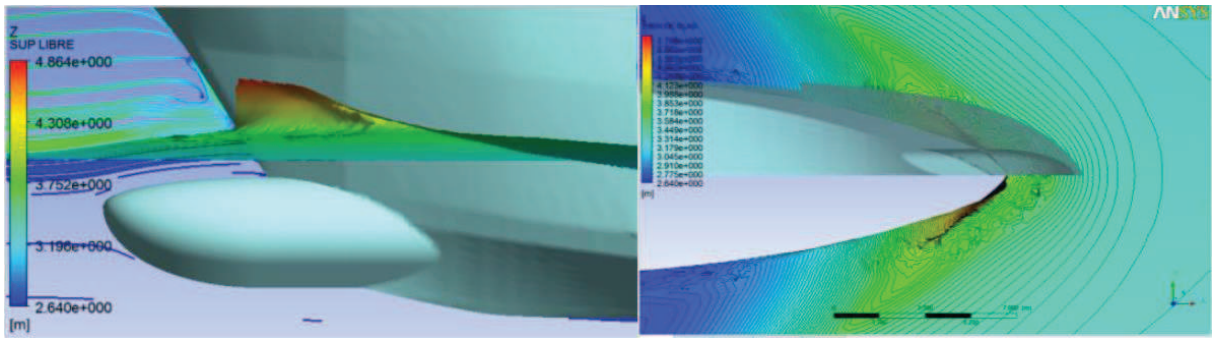


Fig. 23. Bulbo 14 – superficie libre

De los 6 últimos bulbos (9, 10, 11, 12, 13 y 14), los que presentaron mayor reducción de resistencia fueron los bulbos 11 y 14 (los de mayor longitud) así que a estos se les afino el perfil en el extremo superior de proa (tal como se hizo para el bulbo 8) y se denominaron bulbos 11.2 y 14.2 respectivamente.

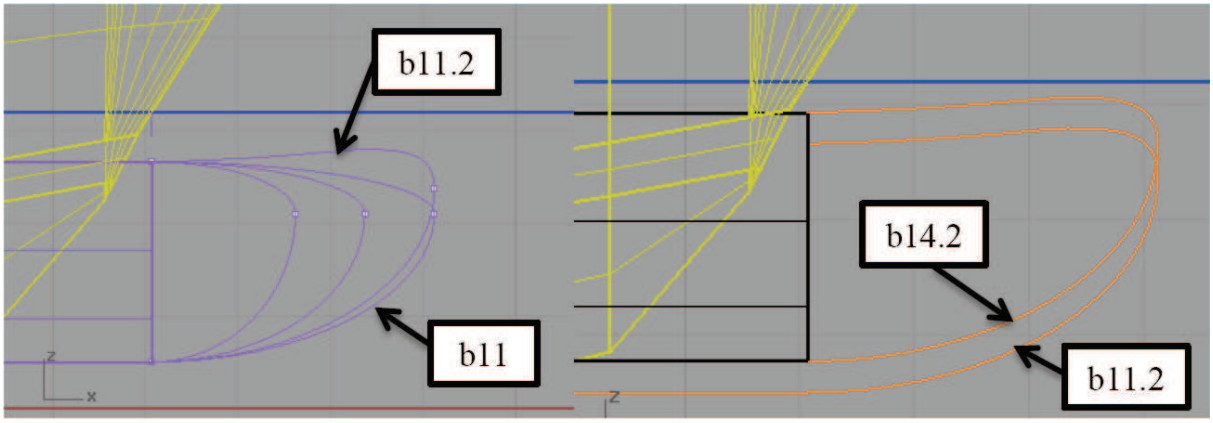


Fig. 23. Comparación de forma entre los bulbos 11 y 11.2 – bulbos 11.2 y 14.2

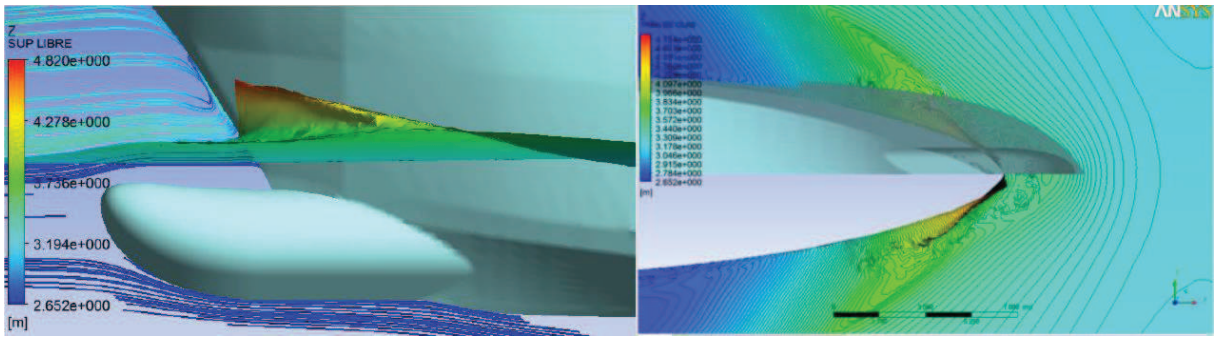


Fig. 24. Bulbo 11.2 – superficie libre

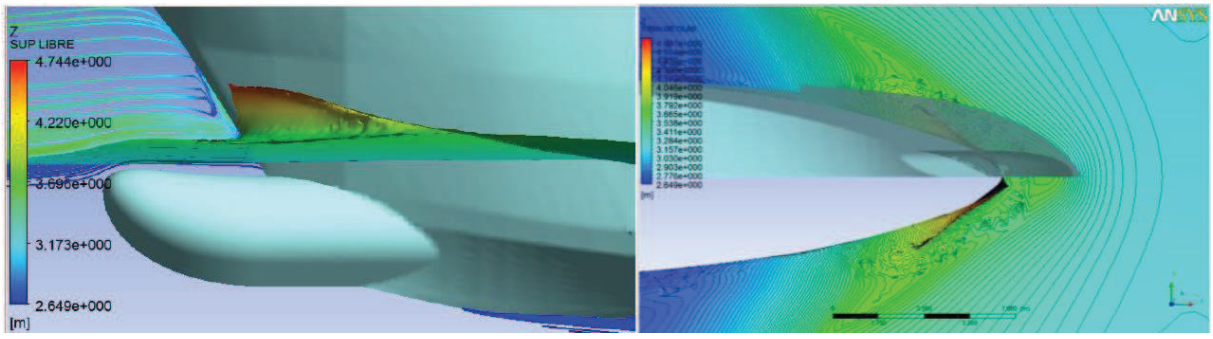


Fig. 25. Bulbo 14 – superficie libre

Cualitativamente podemos notar que la mayor onda sobre el bulbo es generada por el bulbo 14.2, esto también se ve reflejado cuantitativamente ya que obtenemos un 20.5% de eficiencia.

2.5. RESUMEN DE RESULTADOS NUMERICOS:

CONDICION	RESISTENCIA (N)	REDUCCION RESISTENCIA(%)
SIN BULBO	43192,10	-
BULBO 1	42 038,80	2.67
BULBO 2	41 878.60	3.04
BULBO 3	-	-
BULBO 4	40748,30	5,66
BULBO 5	39390,80	8,80
BULBO 6	37889,70	12,28
BULBO 7	35775,20	17,17
BULBO 8	35398,90	18,04
BULBO 10	36652,30	15,14
BULBO 11	35795,00	17,13
BULBO 13	36224,30	16,13
BULBO 14	34782,90	19,47
BULBO 11,2	35882,80	16,92
BULBO 14,2	34337,10	20,50

Tabla 3. Comparación de reducción de resistencia de los bulbos a 12.5 knt

Se observa que cualitativamente, el bulbo que ofrece mayor reducción de resistencia es el “bulbo 14.2”

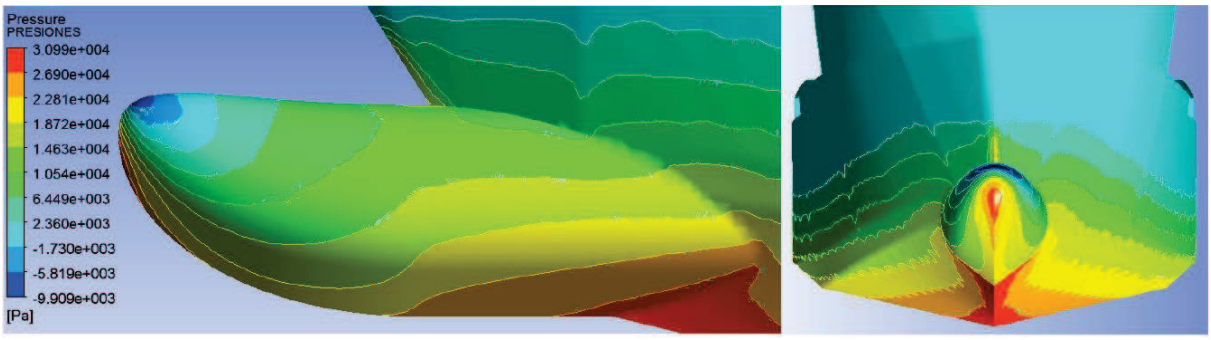


Fig. 26. Presiones en el Bulbo 14.2

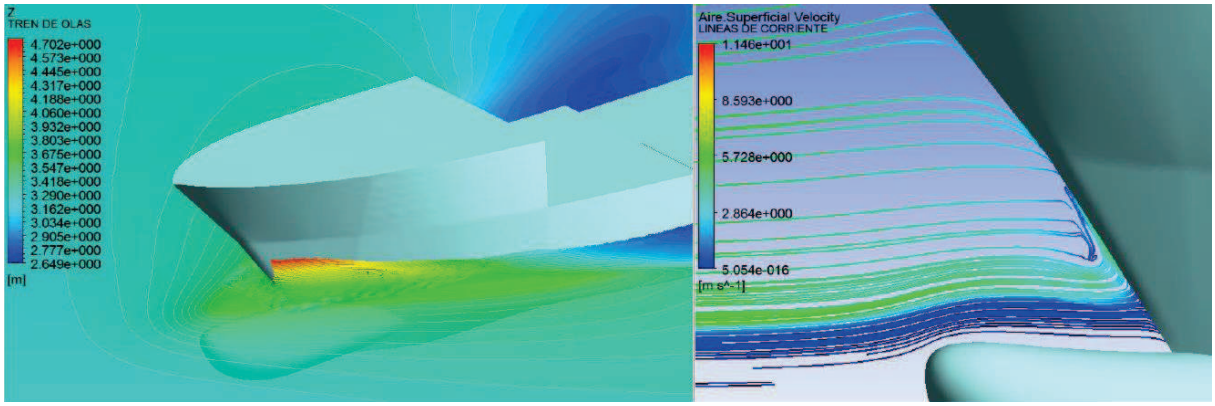


Fig. 27. Superficie libre y líneas de corriente en proa de la "E/P Modesto 6".

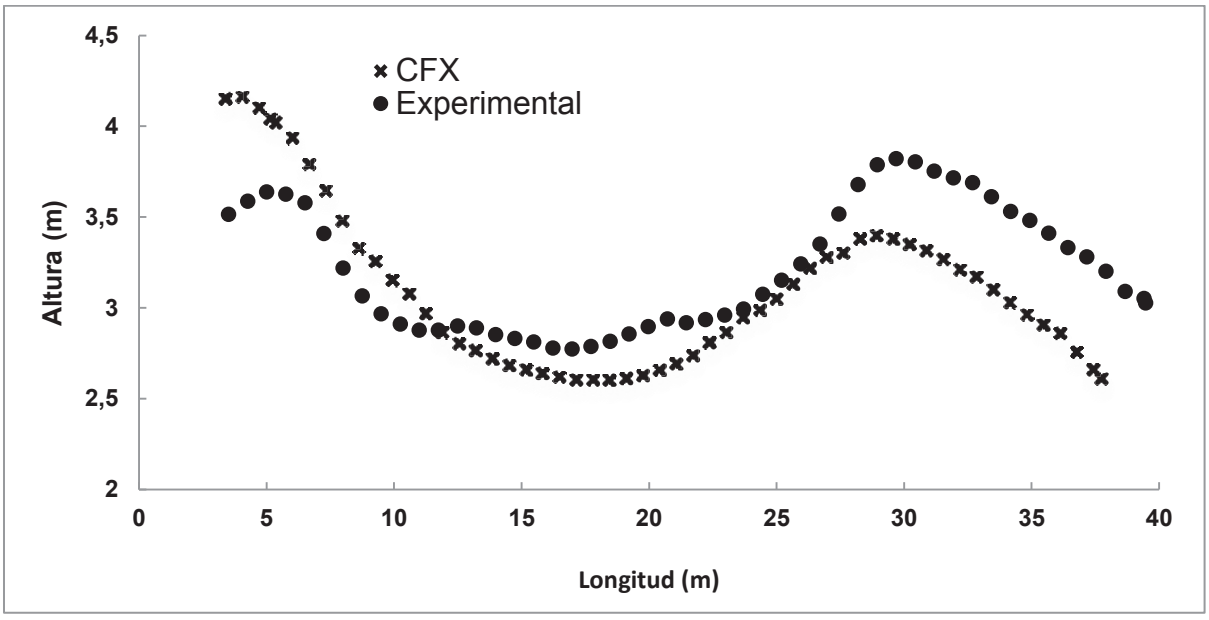


Fig. 28. Perfil de ola en el casco.

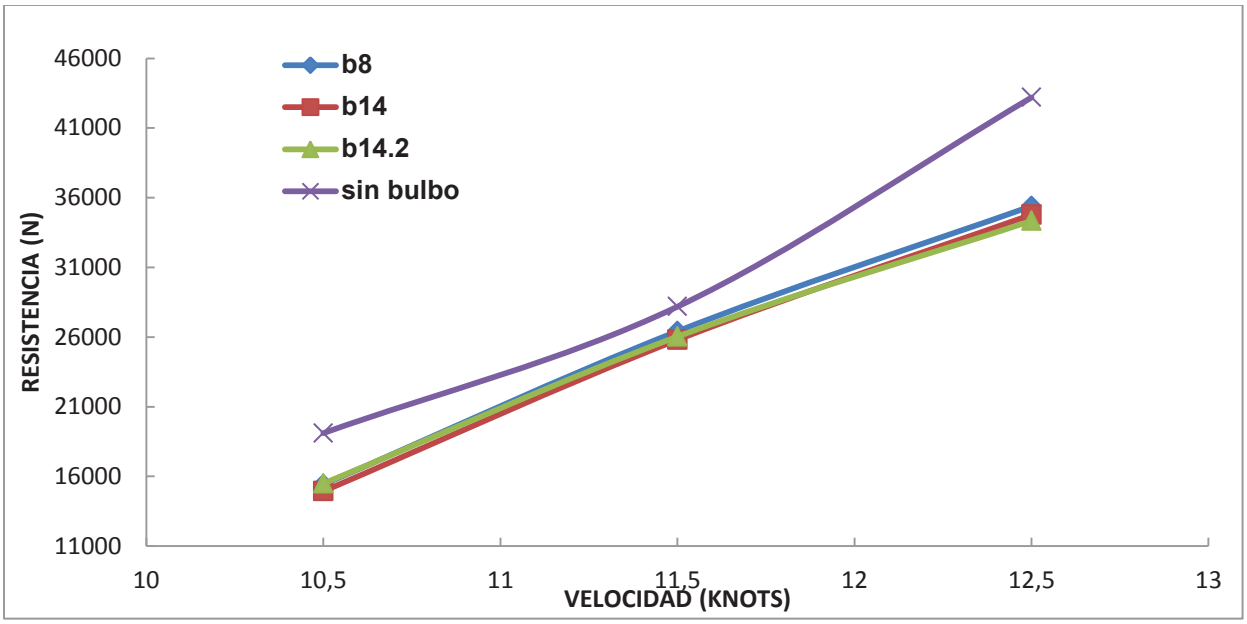


Fig. 29. Curvas de Resistencia al avance de los 3 bulbos más óptimos.

v(knots)	b8	b14	b14.2	Sin bulbo
10,50	15419,20	14937,10	15485,00	19105,60
11,50	26410,40	25801,00	26031,30	28182,70
12,50	35398,90	34782,90	34337,10	43192,10

Tabla 4. Resultados de resistencia (N) de los 3 bulbos más óptimos.

3. ANALISIS EXPERIMENTAL

Se analiza el comportamiento hidrodinámico de un modelo a escala del casco “E/P Modesto 6” a través de una serie de ensayos realizados en las instalaciones del canal de ensayos hidrodinámicos de la UNI (CEHIDUNI). Las variables de análisis son resistencia al avance en función de su velocidad y el patrón de formación de olas que genera.

El CEHIDUNI cuenta con un tanque de remolque cuyas dimensiones son: 60 metros de largo, 3 metros de ancho y 2.5 metros de profundidad efectiva. 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.



Fig.30. Canal de ensayos hidrodinámicos – Laboratorio Nacional de Hidráulica.

El modelo fabricado para realizar el ensayo tiene 1580 mm de eslora, 304 mm de manga y 128 mm de calado. Ha sido fabricado en una máquina de control numérico con tolerancia de 1 mm de acuerdo con las recomendaciones de la ITTC. El Modelo "E/P Modesto 6" debido a las formas debe tener un comportamiento de una embarcación de desplazamiento, y se ha ensayado dejando libre el trimado del modelo.

El modelo cuenta con bulbo de proa, bulbo de popa y forro de quilla. Se construyeron los dos bulbos óptimos calculados por CFD, que son el b14 y b14.2

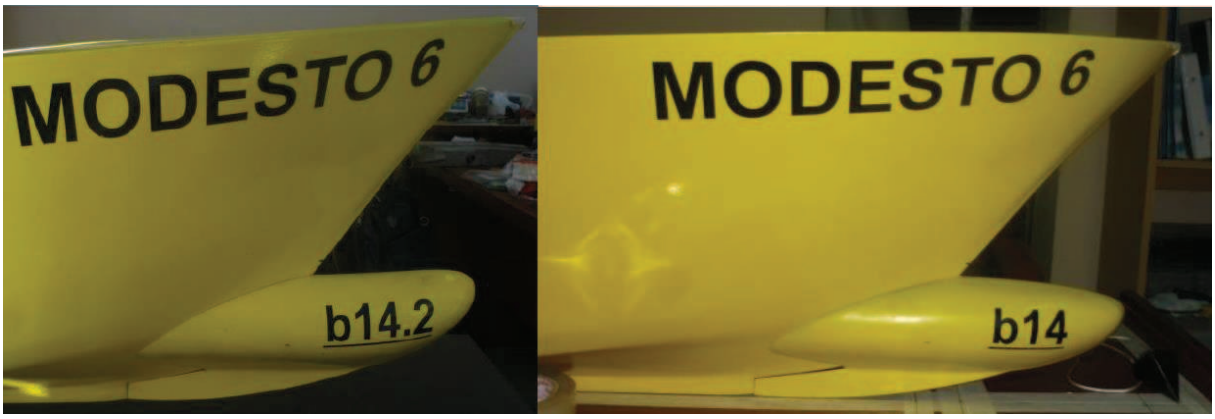


Fig. 31. Modelo E/P Modesto 6 – Bulbo b14 y b14.2

Se realizó el ensayo de resistencia al avance en aguas profundas, sin viento ni marea para las diferentes condiciones. Además no se hizo uso de turbulizadores debido al rápido rompimiento de la capa laminar, por tratarte de una embarcación de desplazamiento.

Descripción	Dimensión	Unidades
Eslora en Flotación	1.58	[m]
Escala	25	[ ]
Temperatura del Agua	21	[ºC]
Densidad	101.71	[kg-s^2 / m^4]
Viscosidad	9.35E-07	[m ^{2} /s]

Tabla 5. Características y condiciones del modelo.

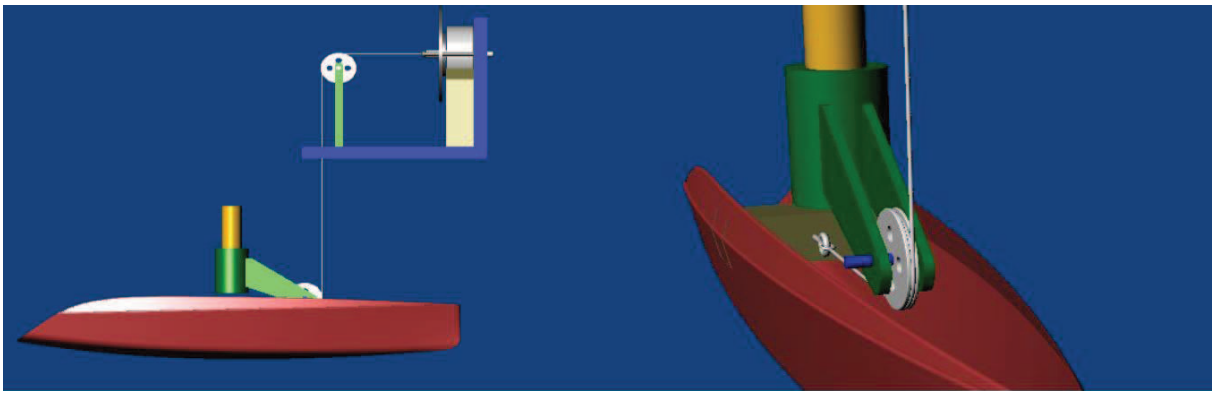


Fig.32. Disposición de la celda de carga para el ensayo de remolque.

3.1. RESULTADOS DEL ANALISIS EXPERIMENTAL

Las pruebas realizadas al modelo fueron las de interés (plena Carga T=3.2m), realizando corridas del modelo en condiciones: Sin bulbo, Bulbo b14 y Bulbo b14.2, con fines de comprobar cualitativamente y sobretodo cuantitativamente los resultados obtenido con los ensayos numéricos.

Sin Bulbo		Bulbo b 14		Bulbo b 14.2	
Vb Nudos	EHP bc HP(Métrico)	Vb Nudos	HP bc HP(Métrico)	Vb Nudos	EHP bc HP(Métrico)
8.96	159.60	9.14	154.83	8.86	141.66
9.63	216.78	10.15	235.97	9.85	201.48
10.69	370.24	10.48	281.44	10.41	268.85
11.13	500.27	11.39	503.54	11.17	442.61
11.75	725.24	11.78	613.33	11.77	606.04
12.66	993.74	12.58	807.45	12.96	884.99
13.40	1186.71	13.56	1036.23	13.65	1074.15

Tabla 6. Resultados de las pruebas de canal.

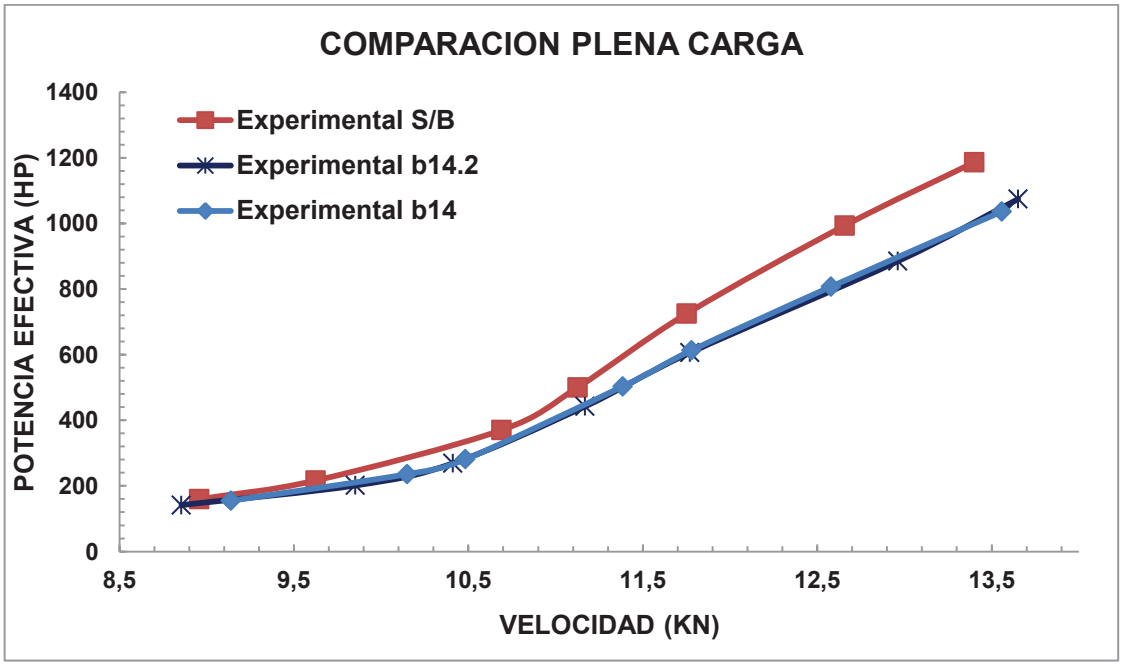


Fig.33. Grafica de comparación de los resultados experimentales.

4. COMPARACION RESULTADOS NUMERICOS VS EXPERIMENTALES

Tener en consideración las siguientes diferencias:

Modelo experimental	Modelo Numérico
Lleva bulbo de proa	Lleva bulbo de proa
Lleva bulbo de popa	No lleva bulbo de popa
Lleva forro de quilla	No lleva forro de quilla

Tabla 7. Diferencias entre el modelo físico y el numérico.

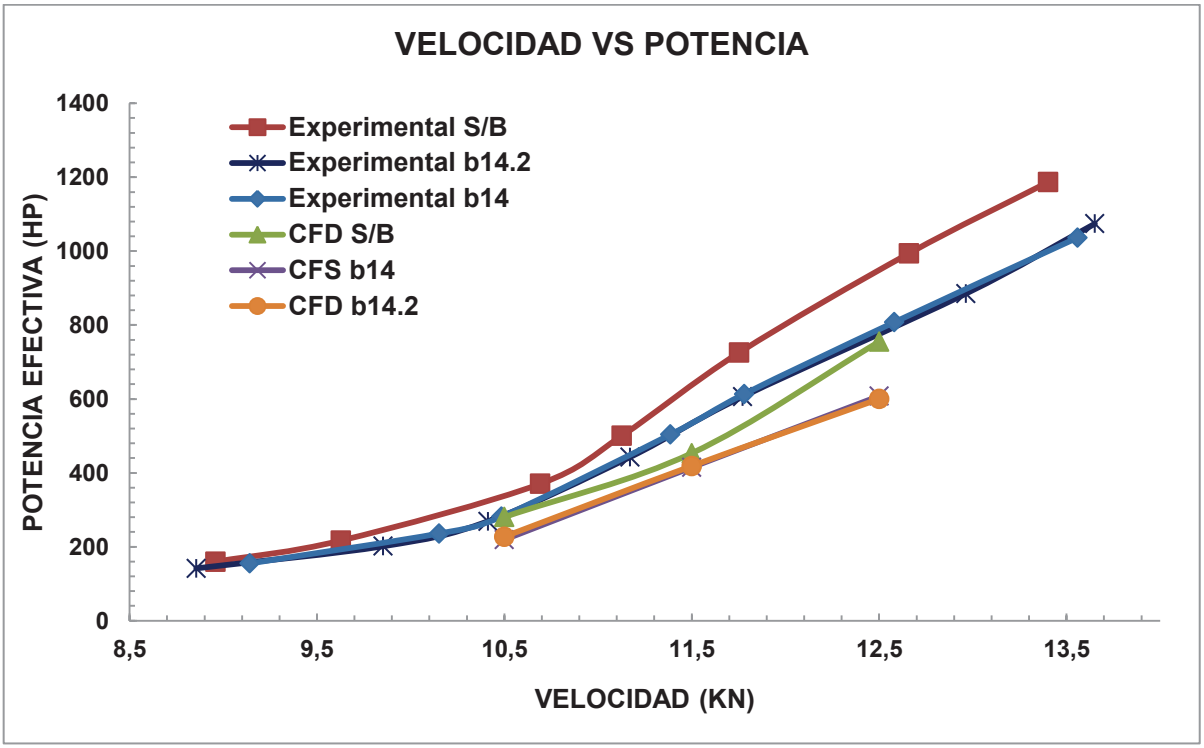


Fig.34. Grafica de comparación de potencia entre los resultados numéricos y experimentales.

velocidad (m/s)	Experimental S/B (HP)	Experimental b14 (HP)	Experimental b14.2 (HP)
10.5	335.21	285.52	287.36
11.5	798.79	533.54	528.42
12.5	950.58	788.34	777.85

Tabla 8. Resultados experimentales (velocidad vs potencia)

velocidad (m/s)	CFD S/B	CFD b14	CFD b14.2
10.5	283.56	216.86	221.34
11.5	453.19	412.55	415.18
12.5	755.65	607.91	601.68

Tabla 9. Resultados numéricos (velocidad vs potencia)

velocidad (m/s)	%Error S/B	%Error b14	%Error b14.2
10.5	15.41	24.05	22.97
11.5	43.27	22.68	21.43
12.5	20.51	22.89	22.65

Tabla 10. Porcentaje de error entre los resultados numéricos y experimentales.

Para las condiciones de navegación de la embarcación pesquera, el bulbo 14 resulto ser el más eficiente, con un ahorro de potencia del 18.17%

5. ETAPA FINAL DEL PROYECTO

Se procedió a realizar el estudio numérico del casco E/P Modesto 6, con el bulbo optimo y sus apéndices no ensayos anteriormente (Forro de quilla y bulbo de popa)

con fines de comparar estos resultados con los experimentales ya existentes en términos cualitativos y sobre todo cuantitativos.

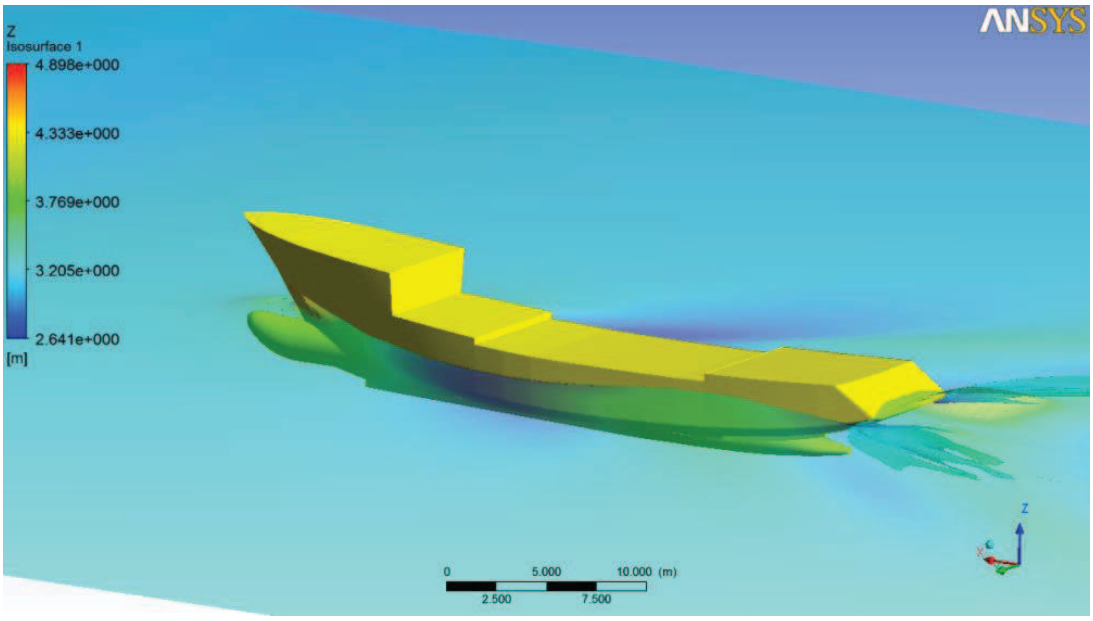


Fig.35. Análisis numérico con apéndices completos.

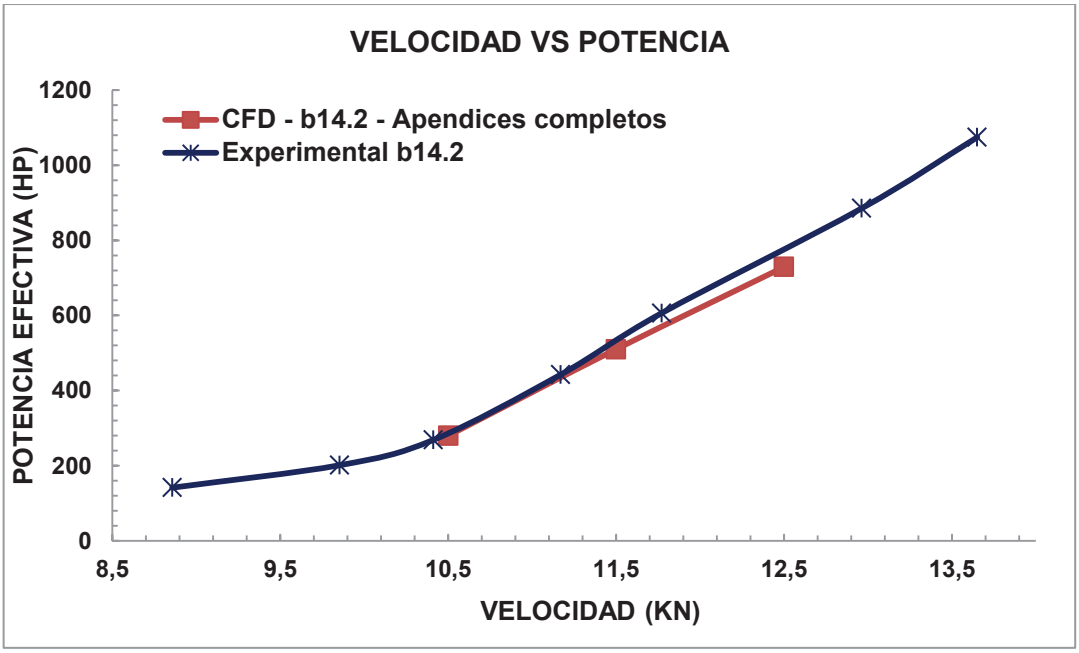


Fig.36. Gráfica de comparación entre los resultados numéricos y experimentales del modelo con el bulbo óptimo y apéndices completos.

velocidad (m/s)	Experimental (HP)	Numérico (HP)	%Error
10.5	287.36	279.63	2.69
11.5	528.42	511.67	3.17
12.5	777.85	730.8	6.05

Tabla11. Porcentaje de error entre los resultados numéricos y experimentales – Caso modelo con bulbo optimo y apéndices completos.

1. COLCUSIONES

- El CFD brinda la facilidad de poder realizar numerosos ensayos, sin incurrir en costos elevados (construcción física del modelo, ensayos de remolque y construcción de apéndices si se requiere) hacen del método numérico una alternativa de "selección" de formas a la hora de analizar un nuevo diseño o de mejorar uno ya existente. Si bien los métodos numéricos son una alternativa de alta viabilidad, no se pretende plantear un reemplazo de los canales de pruebas, sino un complemento entre ambos métodos (como es el caso de este trabajo) para en conjunto brindar un trabajo más tecnificado. Sin embargo en proyecto donde los recursos sean limitados y se requieran aproximaciones fiables y de alta calidad, puede utilizarse un método numérico como alternativa a los canales de ensayos.

- Los bulbos son diseñados y optimizados para cada tipo de embarcación, donde sus parámetros dependen de la velocidad y calado. Siendo el calado 3.2m y velocidad de diseño 12.5 nudos; los resultados numéricos indicaron que el bulbo optimo fue el 14.2b de forma gota invertida y cuerno rinoceronte al mismo tiempo, obteniendo un ahorro de potencia de 20%; posteriormente siendo estos valores constatados por el ensayo experimental, se obtuvo un ahorro de potencia de 18.2%, existiendo una desviación de resultados numéricos y experimentales entre [2.7 - 6.1]%, lo cual indica un coherente uso del método

numérico y una fiabilidad de la proporción del dominio y tamaño de los elementos utilizado con respecto a la eslora de la embarcación.

2. BIBLIOGRAFIA

[1] J.M.A. Fonfach, C. Guedes Soares. 2010. Improving the resistance a series 60 vessel with a CFD code. Center for Marine Technology and Engineering (CENTEC). Technical University of Lisbon, Instituto Superior Tecnico. Lisboa Postugal.

[2] Villagómez, Hernández, Martínez, Huayhua, Jancco. 2005. “Ensayo de resistencia al avance de una embarcación en la UNI”. CEHIDUNI Canal de Ensayos Hidrodinámicos de la UNI, INIFIM - Lima.

[3] Fellipe de Lima Gomes. Universidad Federal de Rio de Janeiro. Desenvolvimento de um modelo numérico em cfd para a estimativa da resistência de gerações de ondas. Tesis.

Caracterização da frota pesqueira de mar aberto do sul do Espírito Santo.

Lucas de Carvalho Guesse
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo. Rua Augusto Costa de Oliveira, 660. Piúma, ES – Brasil 29285-000. Telefone: +55 28 35203205, +55 28 81158677. lguesse@ifes.edu.br

Thiago Pontin Tancredi
Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, Departamento de Engenharia Naval e Oceânica. Av. Prof. Mello Moraes, 2231. São Paulo, SP - Brasil. 05508-030. Telefone: (11) 30915525. Fax: (11) 30915717. thiago.tancredi@poli.usp.br

Bernardo Luis Rodrigues de Andrade
Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, Departamento de Engenharia Naval e Oceânica. Av. Prof. Mello Moraes, 2231. São Paulo, SP - Brasil. 05508-030. Telefone: (11) 30915505. Fax: (11) 30915717. beluroan@usp.br

RESUMO

O objetivo desse trabalho é conhecer a frota pesqueira a fim subsidiar futuros estudos direcionados a Engenharia Naval. Neste trabalho apresentam-se os resultados preliminares do levantamento das características gerais das embarcações que compõem a frota pesqueira de mar aberto do estado do Espírito Santo, localizado na costa brasileira. O levantamento dos dados contou com as informações presentes no Cadastro Geral de Embarcações do Ministério da Pesca e Aquicultura para a caracterização do número de embarcações, do tipo de pesca realizada, do número de tripulantes, entre outros. Com bases nesses dados realizou-se uma classificação das embarcações em grupos com características similares, a fim de categorizar todas as embarcações que operam na região. Após a analise dos

dados observou-se que grande parte da frota é composta por embarcações miúdas porém as com comprimento superior a oito metros tem maior impacto na produção pesqueira e na geração de empregos. Outro fator observado foram as alterações nas estruturas das embarcações para adaptação da pescaria com isca viva. De acordo com esses fatores conclui-se que a construção naval pesqueira ainda é uma atividade artesanal, carente de estudos científicos.

1. INTRODUÇÃO

Com aproximadamente 460 km de extensão, a costa do Espírito Santo é composta por 14 municípios, que possuem um setor pesqueiro com bastante influência na economia, sendo responsável por cerca de 14.000 empregos. Os municípios de Marataízes, Itapemirim, Piúma (Litoral Sul) e Conceição da Barra têm na pesca sua principal fonte de emprego e renda (PROZEE, 2005). Na Pesca Extrativa o Estado ocupa o 10° lugar, produzindo cerca de 14.000 toneladas por ano (BRASIL, 2012). O litoral sul tem a maior concentração de pontos de desembarque, um total de 36, metade dos existentes no Espírito Santo.

Com o objetivo de compreender e categorizar melhor as embarcações que atuam no estado foi feito um levantamento junto ao Ministério da Pesca, Estaleiros e Pontos de desembarque locais, analisando aspectos relevantes aos métodos de captura utilizados pelas embarcações, seu quantitativo e sua classificação.

2. AS EMBARCAÇÕES DE PESCA

Devido a extensão da ZEE (Zona Econômica Exclusiva) e da grande diversidade dos recursos pesqueiros, diversos métodos de captura de pescado são adotados na Pesca no Brasil. Cada método exige um tipo específico de embarcação devido à forma geométrica do petrecho, seu peso e forma de uso. No Espirito Santo os métodos de captura se adaptam aos recursos pesqueiros encontrados na região, consequentemente as embarcações se adaptam as artes de pesca (métodos de pesca ou captura) utilizadas. Para auxiliar no entendimento das embarcações capixabas utilizou-se o Registro Geral de Atividades Pesqueiras (RGP) e a

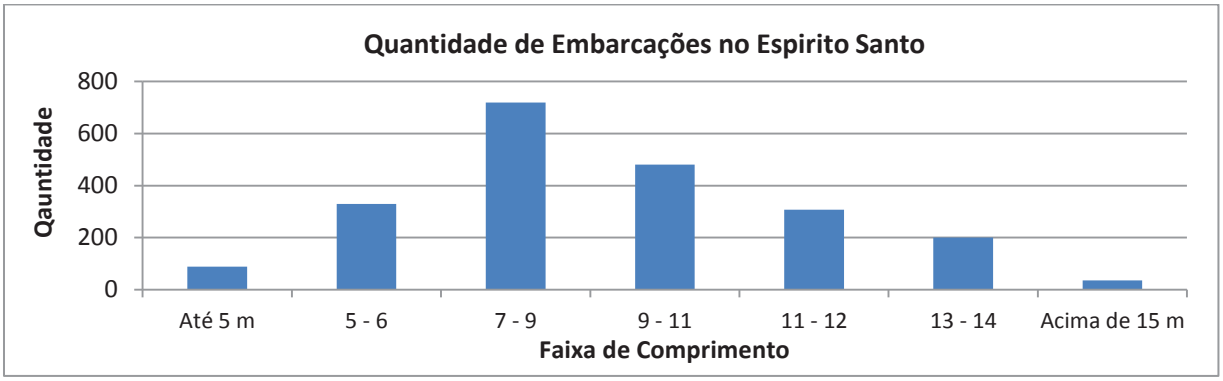
Estatística da Pesca do Estado do Espírito Santo fornecidos pelo Ministério da Pesca com base no ano de 2012.

Quanto as embarcações, segundo dados do Ministério da Pesca (2012), existem atualmente 2166 embarcações cadastradas no RGP. Neste registro é possível encontrar dados de comprimento total, arqueação, tripulação, métodos de pesca, entre outros. Então para facilitar o entendimento será adotada as Normas da Autoridade Marítima (NORMAM) para a classificação das embarcações.

Quanto ao comprimento a maioria das embarcações encontradas são classificadas como miúdas (comprimento menor que oito metros), totalizando 1137 embarcações. O

Gráfico 1 apresenta o quantitativo de embarcações por faixa de comprimento.

Gráfico 1 - Quantitativo de Embarcações no Estado



Analisando os dados do ano de construção das embarcações, a idade média da frota é de 10 anos e o auge da construção naval pesqueira do Espírito Santo foi entre os anos de 1999 e 2002 (

Quanto a capacidade de tripulantes a frota do Estado consegue embarcar 9856 pescadores. Mas apesar do quantitativo de embarcações miúdas, a maioria dos pescadores estão embarcados nas de comprimento superior a nove metros, concentrando 60,5 % dos tripulantes. Assim é possível deduzir que grande parte da renda dos pescadores é gerada pelas maiores embarcações (média de sete tripulantes) se comparado às miúdas (três tripulantes) (

Gráfico 3).

Gráfico 2). Atualmente poucas embarcações são construídas, restando aos estaleiros principalmente os serviços de manutenção.

Quanto a capacidade de tripulantes a frota do Estado consegue embarcar 9856 pescadores. Mas apesar do quantitativo de embarcações miúdas, a maioria dos pescadores estão embarcados nas de comprimento superior a nove metros, concentrando 60,5 % dos tripulantes. Assim é possível deduzir que grande parte da renda dos pescadores é gerada pelas maiores embarcações (média de sete tripulantes) se comparado às miúdas (três tripulantes) (
Gráfico 3).

Gráfico 2 - Idade da Frota do Espirito Santo

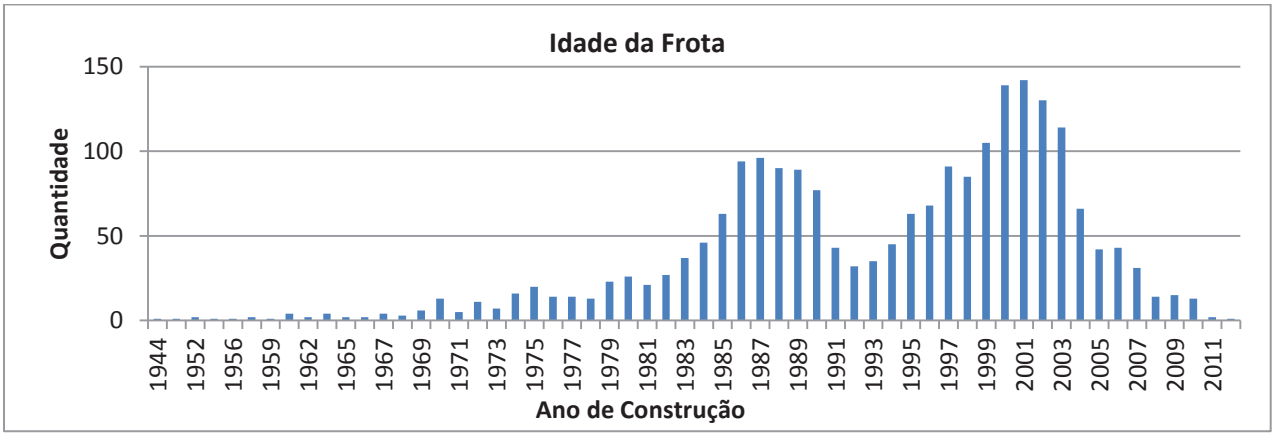
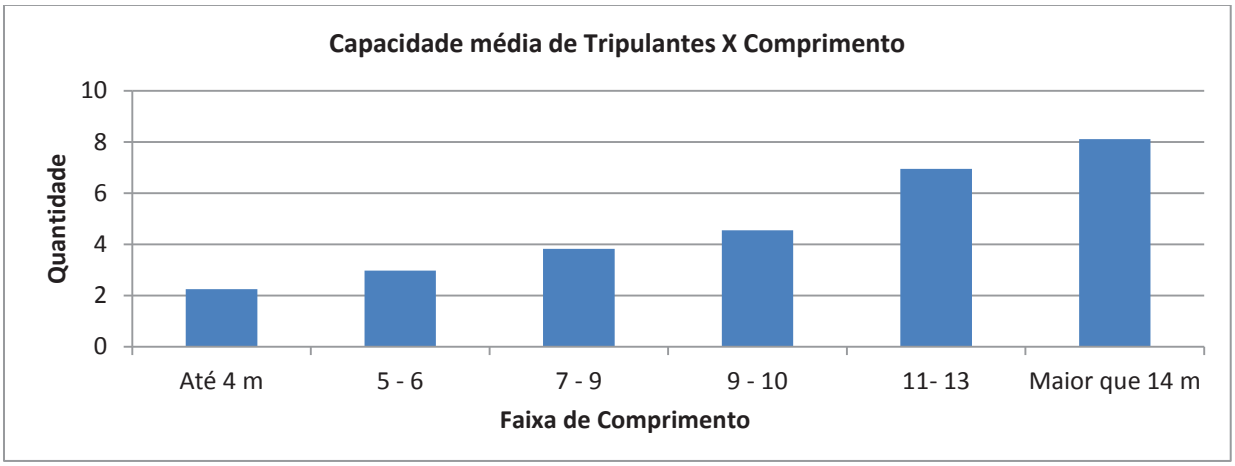


Gráfico 3 - Tripulantes na Frota Pesqueira



Quanto à distribuição entre os municípios, o sul do estado concentra grande parte desta frota, com destaque para o município de Marataízes que tem cadastradas 417 embarcações pesqueiras, sendo a cidade com maior número de embarcações (

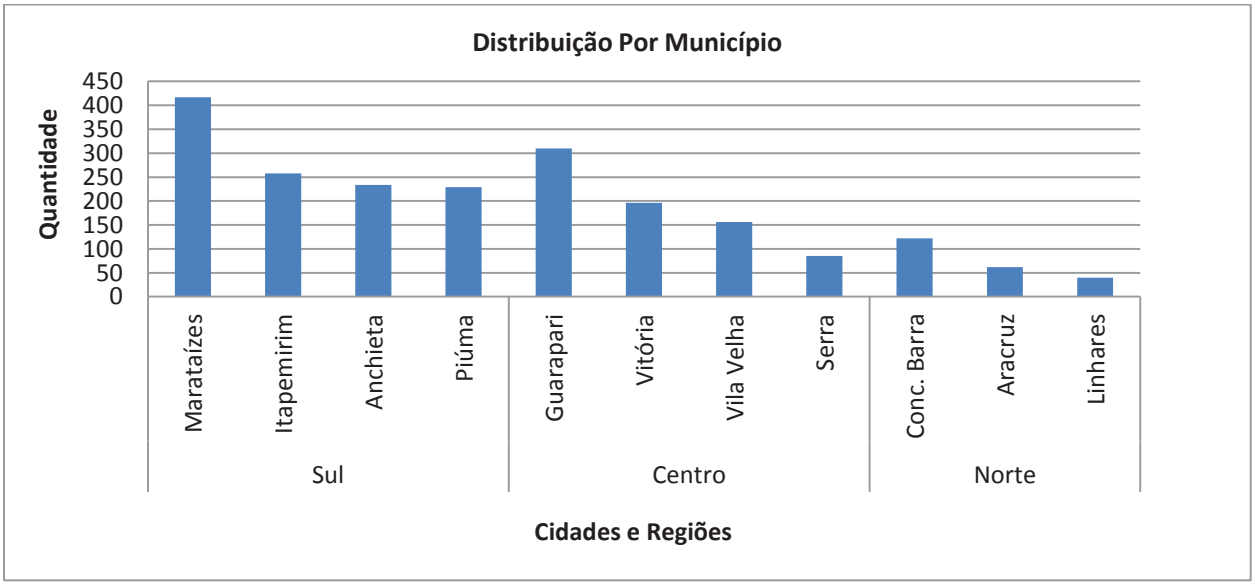
Cidades		Estaleiros	Serviço de Carpintaria	Outros
Sul	Marataízes	4	8	8
	Itapemirim	1	1	2
	Anchieta	1	0	5
	Piúma	2	1	2
Centro	Guarapari	0	0	2
	Vitória	2	1	4
	Vila	1	0	7
	Serra	0	0	1
Norte	Aracruz	2	2	2
	Linhares	0	4	4
Total		13	17	37

Gráfico 4). Segundo PROZEE (2005), este desenvolvimento esta associado à proximidade com grandes consumidores (Rio de Janeiro e São Paulo) e o fácil acesso a pontos de escoamento da produção que ligam diretamente aos consumidores (rodovia BR-101). Como consequência o sul do Estado concentra em maior número estruturas de apoio a embarcações (Tabela 2) como estaleiros, carpintarias, serviços de calafetagem, entre outros.

Tabela 4 - Estruturas de Apoio (PROZEE, 2005)

Cidades		Estaleiros	Serviço de Carpintaria	Outros
Sul	Marataízes	4	8	8
	Itapemirim	1	1	2
	Anchieta	1	0	5
	Piúma	2	1	2
Centro	Guarapari	0	0	2
	Vitória	2	1	4
	Vila	1	0	7
	Serra	0	0	1
Norte	Aracruz	2	2	2
	Linhares	0	4	4
Total		13	17	37

Gráfico 4- Distribuição de Embarcações por Cidades



3. RELAÇÃO DOS MÉTODOS DE CAPTURA COM AS EMBARCAÇÕES

Entende-se por Método de Pesca ou Captura o processo pelo qual é feita a captura/extração dos recursos pesqueiros, considerando os equipamentos e petrechos utilizados (PROZEE, 2006). Dentre todos esses métodos, o espinhel teve a maior participação na produção pesqueira em 2011 no Espirito Santo (HOSTIM-SILVA & SCHEIDT, 2013), seguido da Rede de Arrasto e da Linha (

Tabela 5). É interessante observar que as embarcações pesqueiras, em geral, tem licença para mais de um método.

Tabela 5 - Produção por Método de Captura (HOSTIM-SILVA & SCHEIDT, 2013)

PRODUÇÃO PESCA EXTRATIVA ESPÍRITO SANTO - 2011	
Método Captura	Total (kg)
Armadilha	280.790
Espinhel	3.617.871
Linha	2.994.460
Rede de arrasto	3.497.194
Rede de emalhar	784.116
Rede de cerco	108.290
Multipetrecho	1.066.431
TOTAL	12.349.152

Para um melhor entendimento é apresentado a divisão das embarcações pelo método de captura, sendo abordado apenas os métodos com maior impacto na produção total e maior número de embarcações, ou seja, Arrasto, Espinhel e Linha.

3.1. Embarcações que utilizam Linha

Pescarias com linhas no sentido vertical, com comprimento variável em função da espécie a ser capturada e da profundidade. Geralmente utilizam nylon monofilamento possuindo um ou mais anzóis na ponta. Englobam os petrechos conhecidos como linha de corso, linha de mão, linha de fundo, linha de superfície. Pode utilizar-se de caniço ou vara para auxiliar a pescaria (FAO, 1990).

Uma característica interessante da Pesca no Brasil é a possibilidade da embarcação utilizar mais de um tipo de método de captura. A Linha pode ser considerada um método quase universal nas embarcações do Espirito Santo. No total, 43% da frota (936 embarcações) utilizam este método associado com algum outro. Apenas 173 utilizam a Linha como método único de captura. Desta forma é possível entender

como que um método que, utilizado unicamente, mobiliza 7% da frota responde por 24% da produção de pescado no Estado.

3.2. Embarcações de Rede de Arrasto

O Arrasto é feito com redes em forma de cone utilizadas na pesca de fundo (camarão) ou de profundidade média (pelágicos). Podem ser rebocadas por uma ou duas embarcações (FAO, 1990). A Figura 22 mostra uma embarcação que utiliza o método de arrasto.



Figura 22 - Embarcação com Rede de Arrasto

As embarcações de Rede de Arrasto totalizam 393 embarcações, em sua maioria (80%) tem comprimento inferior a nove metros sendo 56% na faixa de sete a nove metros (Gráfico 5). A madeira é o único material utilizado na construção e grande parte foi construída a partir dos anos 80 com diminuição nesta quantidade de embarcações até os anos atuais (

Gráfico 6).

Gráfico 5 - Comprimento de Embarcações de Arrasto

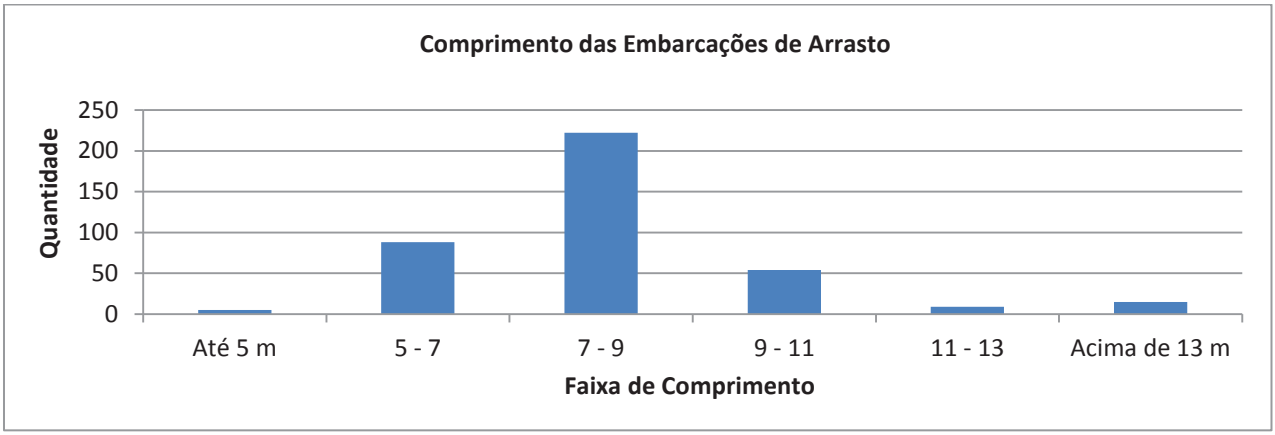
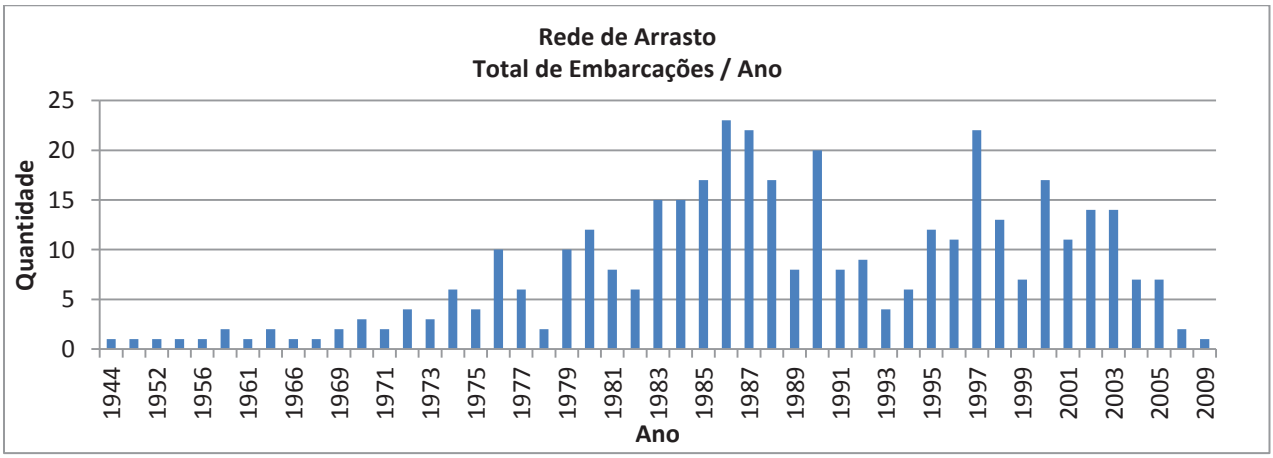


Gráfico 6 – Construção Anual - Arrasto



Elas realizam pescaria entre 500 e 1000 metros da costa (PINHEIRO & MARTINS, 2009). São embarcações pequenas por não exigirem pernoite e em sua maioria não possuem cabine, e as que possuem não são habitáveis. Por possuir um pequeno aparelho de pesca (redes de 10 metros de comprimento) não precisam de espaço no convés. As pescarias rendem em média 6 kg/h (PINHEIRO & MARTINS, 2009), não necessitando de grande capacidade de carga já que seu transbordo é diário.

3.3. Embarcações de Espinhel ou *Long-Line*

O Espinhel (Figura 23) consiste em uma linha principal com varias linhas secundárias com anzóis e distorcedores. Possui diversas variações como "long-line", espinhel de fundo, espinhel de superfície, espinhel flutuante, pargueira (FAO, 1990) e alguns tipos espinheis podem ter linha principal de até 20 milhas de comprimento.

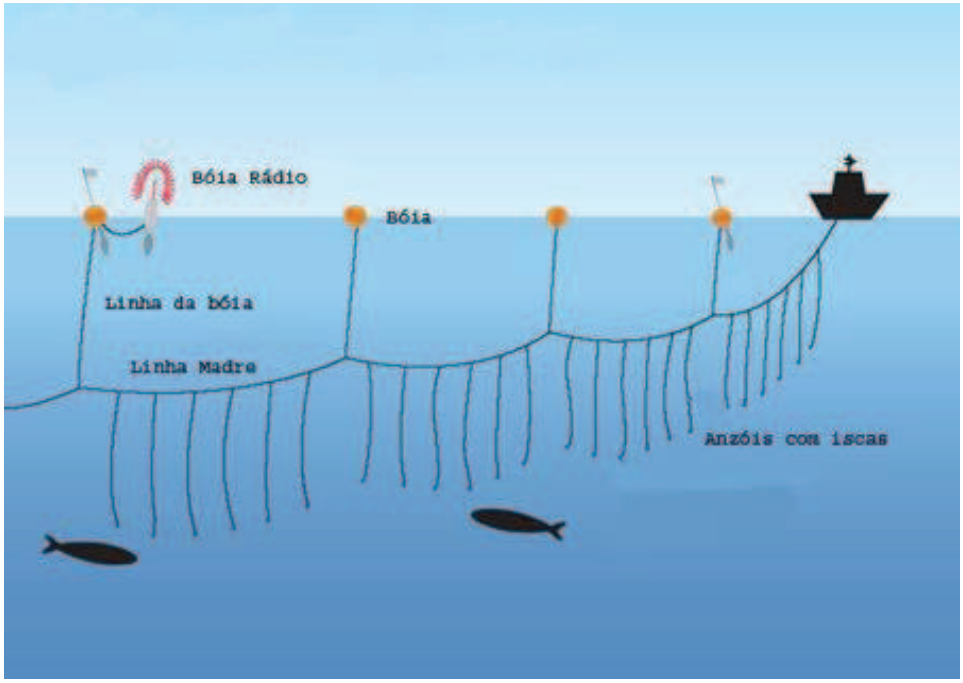


Figura 23 - Pesca com Espinhel (UNIVALI, 2012)

A pescaria com Espinhel mobiliza as maiores embarcações do Estado. Ao contrario das de Rede de Arrasto, as embarcações miúdas aqui representam uma pequena parcela de um total de 973 embarcações, ou seja, 45% da frota do Estado utiliza este método. Esta necessidade de embarcações maiores esta associada ao tamanho dos equipamentos envolvidos. Muitas destas utilizam, além do Espinhel, pesca com Isca Viva, adequando a embarcação para este fim, necessitando de um espaço adicional para a instalação de tanques para transporte destes animais.

Estes tanques podem ser encontrados abaixo do convés principal ou em cima do mesmo a frente da cabine. São chamados, respectivamente, “tina interna” e “tina externa”. Há uma grande corrida entre os armadores para a instalação destes tanques, pois permitem a pesca de peixes como o Atum e o Dourado. Estes peixes se alimentam de peixes vivos, como a sardinha, que é encontrada no litoral do Rio de Janeiro. Quando partem do Espirito Santo, as embarcações param no Rio de

Janeiro para carga de isca, ficando até dois dias para que as mesmas se acostumem na tina antes de seguir viagem. A Figura 24 mostra uma embarcação de pesca com espinhel de 20 milhas de comprimento e a Figura 25 destaca uma tina externa.



Figura 24 – Embarcação típica com Espinhel

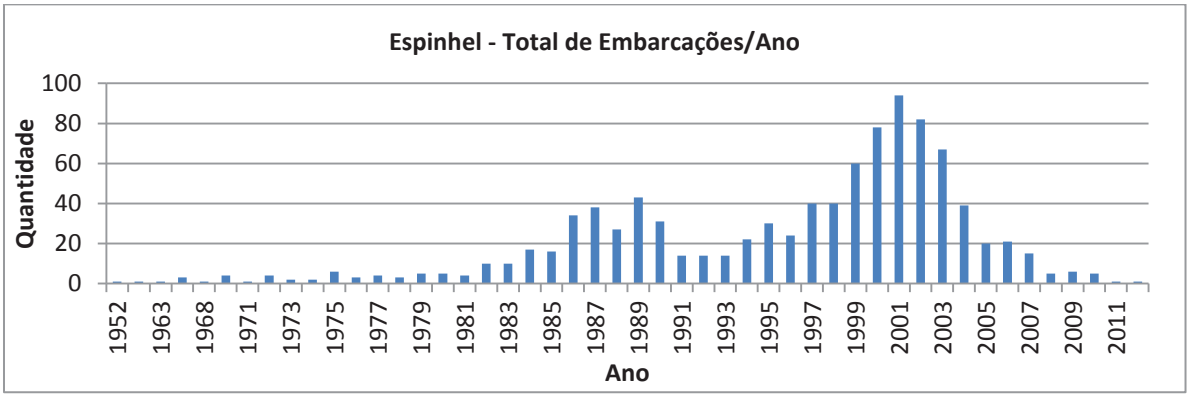


Figura 25 - Embarcação com Tina Externa

A construção de embarcações que utilizam espinhel teve um grande salto por volta do ano de 2001. No período de 1999 até 2004 foi construída cerca de 43% da frota. O

Gráfico 7 demostra a evolução do número embarcações construídas com o passar dos anos.

Gráfico 7 - Construção Anual - Espinhel



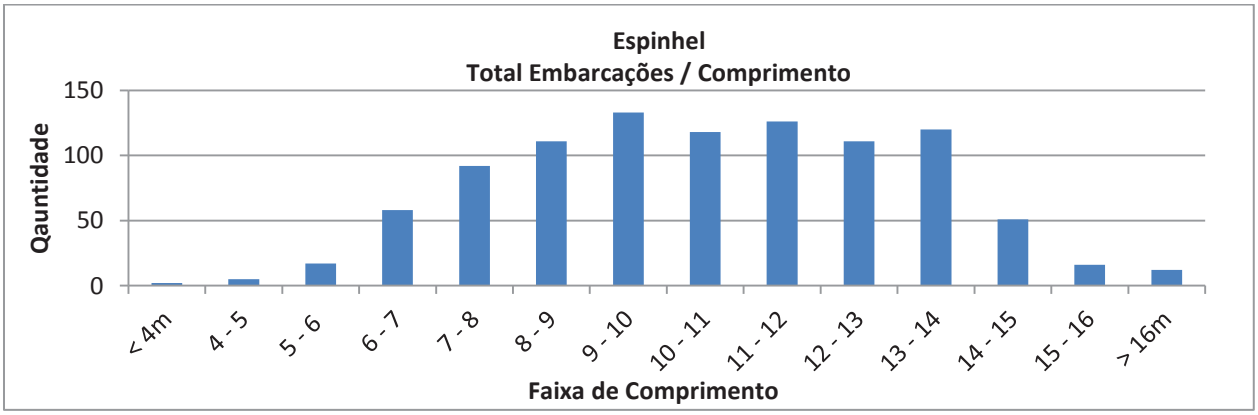
No cenário atual devido ao custo do combustível e a distância percorrida para adquirir a isca, os armadores viram a necessidade de aumentar o tamanho da tina para haver um melhor aproveitamento de cada viagem feita. Esse aumento foi feito inicialmente no tamanho das tinas internas existentes, quando esta chegava ao seu limite era feita então uma tina externa localizada acima do convés. Para esse aumento de tinas internas, uma alteração constantemente feita nas embarcações é o aumento do comprimento, conforme mostrado na (Figura 26).



Figura 26 - Ampliação de Embarcação

O comprimento deste tipo de embarcação é variável, mas em sua maioria (57%) tem comprimento superior a 10 metros e apenas 29% são embarcações miúdas conforme mostrado na Tabela 6. A principal alteração no comprimento é a ampliação de 3 a 4 metros em embarcações com o comprimento superior a 12 metros.

Tabela 6 - Comprimento das Embarcações com Espinhel



Estas alterações afetam diretamente na estabilidade da embarcação. Quando da ampliação ou da instalação de novas tinas há uma alteração significativa no centro

de gravidade, já que a tina carrega basicamente agua e peixe pesando cerca de 7% do deslocamento da embarcação. Os aumentos na forma geométrica do casco afetam a posição do centro de carena, que não era conhecido anteriormente, devido a falta de projeto, se tornando mais desconhecida ainda. Todas estas alterações são feitas sem um estudo prévio da estrutura e da estabilidade, apenas com o conhecimento dos construtores artesanais.

4. CONCLUSÃO

A construção de embarcação de pesca é artesanal, mesmo as de maior porte. Apesar da experiência dos construtores há um risco à navegação e a salvaguarda da vida humana no mar, pois não há estudos de estabilidade ou resistência estrutural antes da construção e é ampliado ainda mais nas alterações de comprimento. Há a necessidade de uma profissionalização do setor acompanhado de uma melhor fiscalização pelos setores responsáveis.

O estudo das embarcações pesqueiras no Brasil ainda é muito escasso. Sugere-se o estudo das características hidrodinâmicas e a da integração casco-motor-hélice para uma maior eficiência das embarcações. Assim poderia haver uma economia de combustível, influenciando no custo de produção de um setor em que o valor agregado do produto é muito pequeno.

5. BIBLIOGRAFIA

BRASIL. (2012). *Boletim Estatistico da Pesca e Aquicultura - 2010.* Ministério da Pesca e Aquicultura, Brasília.

BRASIL. (2013). *Cadastro de Embarcações de Pesca do Espírito Santo. Resposta ao Oficio IFES 16/2013.* Vitoria: Ministério da Pesca.

FAO. (1990). Definition and classification of fishing gear categories. Roma, Itália.

HOSTIM-SILVA, M., & SCHEIDT, G. S. (2013). *Boletim Estatístico da Pesca do Espírito Santo 2011.* Vitória: Universidade Federal Espírito Santo.

PEREIRA, L. G. (2012). *Pesca e Aquicultura no Brasil.* Brasilia: Consultoria Legislativa - Câmara dos Deputados.

PINHEIRO, H. T., & MARTINS, A. S. (11 de Junho de 2009). Estudo Comparativo da Captura Artesanal do Camarão Sete-Barbas e sua fauna acompanhante em duas áreas de pesca do Litoral Sul do Espírito Santo. *Boletim do Insituto de Pesca*, pp. 215-225.

PROZEE. (2005). *Relatório Técnico sobre o Censo Estrutural da Pesca Artesanal Marítima e Estuarina nos estados do Espirito Santo, Rio de Janeiro, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul.* Secretaria Especial de Pesca e Aquicultura da Presidência da República - SEAP/PR. Itajaí: Fundação de Amparo à Pesquisa de Recursos Vivos na Zona Econômica Exclusiva .

PROZEE. (2006). *Monitoramento da Atividade Pesqueira no Litoral do Brasil.* Brasilia: Fundação de Amparo à Pesquisa de Recursos Vivos na Zona Econômica Exclusiva.

UNIVALI. (10 de Novembro de 2012). Fonte: Grupo de Estudos Pesqueiros: http://www.univali.br/gep

Propuesta: Prescripciones de Seguridad para el Diseño, Construcción y Modificación de Buques Pesqueros. Una Visión Integradora

Jaya Sri Flores López
floreslopezjayasri@gmail.com
Móvil: 0424-8375386

RESUMEN

Las embarcaciones pesqueras por el tipo de actividad productiva que desarrollan están especialmente sujetos a una importante normativa reguladora en materia de Calidad, Seguridad y Medio Ambiente. Esto con la finalidad de preservar la vida de las personas a bordo, el medio ambiente y la estructura de la nave. La seguridad estructural es una herramienta científico - técnica eficaz para prevenir y minimizar los accidentes relacionados con la disposición del buque, abarcando aspectos esenciales como: la estabilidad, la lucha contra incendios y explosiones, circuitos eléctricos, dimensionamiento de las bodegas entre otros, de allí la valor de la existencia de normas en esta área. Varias organizaciones internacionales han facilitado el modelo para dicha legislación, de allí la importancia del diseño y construcción de buques pesqueros que cumplan los requisitos de seguridad establecidos en los distintos convenios, tratados y reglamentos establecidos por la Organización Marítima Internacional (O.M.I). La Propuesta presente de Seguridad de buques pesqueros, surge ante el problema de la inexistencia de mecanismo normativo adecuado a las características particulares de la flota pesquera inscrita en la Capitanía de Puerto de Puerto Sucre. Siendo el objetivo principal el desarrollo de una propuesta de seguridad para el diseño, construcción y modificación de buques pesqueros de la Capitanía de Puerto de Puerto Sucre, Estado Sucre. La Propuesta de Prescripciones de Seguridad para el Diseño, la Construcción y Modificación de Buques Pesqueros, constituye el resultado de un proceso de investigación, el cual emergió de la necesidad real de llenar un vacío de regulaciones técnicas en la seguridad estructural para las embarcaciones de pesca.

PALABRAS CLAVES: Seguridad estructural, estabilidad, buques pesqueros, capitanía de puerto, prescripciones de seguridad.

ABSTRACT

Fishing vessels by the productive activity that develop are especially subject to significant regulatory standards in Quality, Safety and Environment. This was done to preserve the lives of those on board, the environment and structure of the ship. Structural safety is a scientific tool - effective technique to prevent and minimize accidents related to the layout of the ship, covering key issues such as: stability, fire and explosions, electrical circuits, sizing of warehouses among others, hence the value of the existence of rules in this area. Several international organizations have provided the model for such legislation, hence the importance of design and construction of fishing vessels that meet the safety requirements laid down in the various conventions, treaties and regulations set by the International Maritime Organization (IMO). The present proposal Safety of fishing vessels, the problem arises from the lack of adequate regulatory mechanism to the particular characteristics of the fishing fleet registered in the Port of Puerto Sucre. As the main objective to develop a security proposal for the design, construction and modification of fishing vessels from the Port of Puerto Sucre, Sucre State. The proposed Security Requirements for the Design, Construction and Modification of Fishing Vessels, is the result of a research process, which emerged from the real need to fill a void of technical regulations for the structural safety of fishing vessels.

KEYWORDS: Structural safety, stability, fishing vessels, harbor master, safety requirements.

INTRODUCCION

Los buques pesqueros son la clase más diversa y grande de embarcaciones existente, con pocas características en común en las formas de casco, disposición general y métodos de pesca; para estos hay hoy en día disponibles ciertos métodos de evaluación de la seguridad estructural, sin embargo, debido en parte a esta diversidad de buques y a la falla en la aplicación de normas, la industria de la pesca

comercial continúa siendo una de las más peligrosas ocupaciones en muchos países.

Dichos métodos, engloban de manera general las características de los buques de pesca, dejando de un lado las diferentes condiciones ambientales que se dan en las distintas regiones del mundo, donde estos buques realizan sus faenas. Debido a esto, muchos países de América Latina, han adoptado y convertido estas normas de acuerdo a sus condiciones particulares, permitiendo de esta manera optimizar los procesos de supervisión y control de la seguridad estructural a su flota pesquera.

El mar y las medidas de seguridad están estrechamente relacionados, contrariamente a nuestra situación en tierra, donde se puede buscar rápidamente refugio ante una tormenta, no ocurre lo mismo en el mar. Igualmente cuando se busca combustible, un abrigo para pasar la noche, agua, víveres o asistencia médica, nuestra situación es distinta en tierra que en el mar. A lo largo de los siglos multitud de personas han consagrado sus vidas al estudio de los fenómenos naturales. El Eureka de Arquímedes, referente a la determinación del peso específico de los cuerpos, es uno de los casos más conocidos y al mismo tiempo una de las bases de la Construcción Naval.

La Organización Marítima Internacional (OMI), la Organización Internacional del Trabajo (OIT) y la Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO) son los tres organismos especializados del sistema de las Naciones Unidas que competencia en la seguridad de los pescadores en el mar. La OMI es el organismo responsable de mejorar la seguridad marítima y evitar la contaminación causada por los buques; siendo estos tres aspectos junto con la capacitación de la tripulación los que conforman las cuatro principales funciones de la OMI. La OIT formula normas internacionales sobre el trabajo en forma de convenios y recomendaciones que establecen niveles mínimos de los derechos laborales básicos. Fomenta el desarrollo de organizaciones independientes de empleadores y trabajadores y les presta servicios de capacitación y asesoramiento.

En virtud de sus métodos de trabajo, los resultados de la OMI y OIT tienden a ejercer poco impacto en la seguridad en los buques pesqueros de menor tamaño. La mayoría de las recomendaciones y convenios están destinadas a los buques grandes, principalmente las flotas mercantes de transporte internacional. Algunos convenios eximen explícitamente a los buques pesqueros, con lo que queda excluida la mayoría de las embarcaciones de pesca y transporte de los países en desarrollo.

Es imposible calcular el número total de personas dedicadas a la pesca en el mundo por su propia dinámica y la naturaleza de la actividad. Los datos más completos son los de la Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO), que en el 2012 estimó que:

> *Aproximadamente 15 millones de pescadores se hallan empleados a bordo de buques pesqueros con cubierta o sin cubierta. El 98% trabaja en buques de menos de 24 m de eslora. Según la FAO, la flota pesquera mundial estaba formada por 3,8 millones de buques aproximadamente, con un Arqueo Bruto (A.B.) de unos 28 millones. Alrededor de una tercera parte de ellos eran barcos con cubierta, los dos tercios restantes eran embarcaciones sin cubierta, generalmente de menos de 10 m de eslora. (S/P)*

De esta información se puede derivar la importancia que tiene a nivel mundial la pesca, como actividad productiva. La mejora de la seguridad en el mar ha constituido durante varios años, una de las principales preocupaciones de varias instituciones, administraciones nacionales, organizaciones no gubernamentales y personas especializadas en el área, que reconocen que el establecimiento de un marco jurídico funcional es la condición previa para la adopción de medidas concertadas que permitan mejorar la seguridad marítima y estructural en los buques pesqueros.

Varias organizaciones internacionales han facilitado ya el modelo para dicha legislación, de allí la importancia del diseño y construcción de buques pesqueros que cumplan los requisitos de seguridad establecidos en los distintos convenios, tratados

y reglamentos establecidos por la Organización Marítima Internacional (O.M.I), máximo regente de la Industria Naval y sus actividades conexas en el mundo.

Según estudios realizados recientemente por la Prefectura Naval Chilena (2011):

> *En los últimos cuatro años se produjeron al menos 18 naufragios y accidentes de buques pesqueros en un país sudamericano, con un saldo de 49 víctimas fatales. Un total de 454 pescadores chilenos perdieron la vida en accidentes durante el desempeño de su actividad profesional entre los años 2000 y 2008. Siendo la mayoría de los accidentes en buques pesqueros. Las causas principales van desde que el buque, poseía un puente muy alto y le restaba estabilidad. Es decir, el barco tenía mucha obra muerta, lo que favorecía el balanceo y dificultaría la navegación en condiciones desfavorables de temporal, hasta un arte de pesca que excedía en peso, al estipulado como máximo en los cálculos de estabilidad. (p.4)*

El problema no responde a una sola causa, en general, si no que es multicausal, que pueden aunarse en contra de la estabilidad y la seguridad de los buques pesqueros grandes y pequeños.

En Latinoamérica existe una pujante industria pesquera y naval que ha venido en aumento progresivo durante la última década del siglo XX y la primera del siglo XXI.

Esto ha generado que países como Brasil, Cuba, Argentina, México y Chile hayan tomado las medidas necesarias para aplicar y cumplir la normativa internacional de seguridad en buques pesqueros, así como también crear y proponer una normativa propia destinada a ello, y así tomar las acciones necesarias para disminuir los accidentes ocasionados por diferentes factores como lo son un puente muy alto, falla en la estanqueidad de la cubierta, un centro de gravedad inapropiado, mal manejo de los implementos durante la soldadura, entre otros. Todo lo anterior, surge del análisis realizado por la autora durante el proceso de investigación.

"Para el año 2012, el Estado Sucre, contaba con más del 50% de la flota pesquera nacional", según datos suministrados por el Instituto Socialista de Pesca y Acuicultura (INSOPESCA), "encontrándose bajo la jurisdicción de la Circunscripción Acuática de Puerto Sucre en la Cuidad de Cumaná Estado Sucre, el 65% de la flota pesquera del Estado Sucre" (p. 5-8), por lo que se convierte en la más importante Capitanía de Puerto a nivel nacional. Así mismo es el principal ente responsable de vigilar y supervisar el cumplimiento de la normativa de la seguridad en los buques pesqueros tanto en su aspecto operacional (gestión de la seguridad a bordo) así como en la parte estructural (diseño, construcción y modificación).

La negligencia existente por parte de los entes públicos y privados relacionados con la industria naval, al momento de aplicar la normativa nacional y de adoptar la normativa internacional existente, ha llevado que el parque industrial naval se encuentre en gran deterioro y en riesgo.

La Ley General de Marina y Actividades Conexas, en su art. 134 establece: "los buques de pesca iguales o mayores a veinticuatro (24) metros de eslora deberán cumplir con las regulaciones establecidas por la Autoridad Pesquera Nacional, antes de solicitar la respectiva Patente de Navegación". Esto es la elaboración de los planos de formas, de seguridad, de bombas…los estudios de estabilidad, las pruebas al motor, entre otras regulaciones, que sin embargo no son cumplidas ni penalizadas por los responsables de velar el cumplimiento de esta normativa.

Por lo tanto, que la actividad pesquera en el acontecer socioproductivo actual exige una significativa inversión, de allí la importancia de seleccionar embarcaciones óptimamente dimensionadas y construidas dentro de los estándares internacionales de seguridad estructural, 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 nacional, se pueden 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”.

- La falta de un control al momento de diseñar, construir y modificar los buques pesqueros. Ocasionando un bajo desempeño y acortamiento de su vida útil.

- La no existencia o la omisión dentro de la normativa nacional exclusiva para buques pesqueros, que regule todo lo relacionado a su construcción y modificación, así como establecer los requerimientos de estabilidad necesarios, para garantizar la seguridad a bordo.

Todos los factores inmediatos enunciados, junto con el crecimiento vegetativo de la población y su consecuente incremento de la demanda de productos del mar, la escaza supervisión e inspección del proceso de reconversión de la flota pesquera de buques arrastreros a buques polivalentes, por parte de los entes responsables de este proceso. Hacen necesaria la puesta en marcha de la normativa nacional, que tomen en cuenta las condiciones de la seguridad para la industria naval y pesquera nacional en sus aspectos técnicos (estanqueidad, materiales, estabilidad, aislamiento, entre otros). Que sirva de ejemplo para otras naciones, y posicione la Industria naval venezolana dentro de las más seguras a nivel mundial.

El Plan de Desarrollo Económico y Social de la Nación (2007-2013) sostiene que: “Se desarrollarán los encadenamientos internos de las actividades económicas fundamentales, principalmente las basadas en la existencia de materias primas y recursos naturales en el país, con la finalidad de potenciar la capacidad interna de producción de bienes y servicios” (p.55).

La Capitanía de Puerto (Puerto Sucre), tiene bajo su supervisión, un importante porcentaje de la flota pesquera nacional; no en vano, la pesca es la principal actividad productiva del Estado Sucre. De allí la necesidad, de proponer una normativa de seguridad estructural, que abarque desde el proceso de capacitación a la tripulación, hasta la aplicación de sanciones a los armadores que no cumplan, con los análisis de estabilidad requeridos a sus embarcaciones.

Propuesta: Prescripciones de Seguridad para el Diseño, Construcción y Modificación de Buques Pesqueros.

Estructura de la Propuesta

Las Prescripciones de Seguridad se conformarán en base a las diferentes especialidades que intervienen en el proceso de supervisión (casco, armamento, máquinas, electricidad, radio y equipos de navegación), tanto en la etapa de construcción como durante la explotación de las embarcaciones, así como en la etapa de reparación o modificación de las mismas.

Esta propuesta consta de los siguientes Capítulos, de los cuales se hace una breve descripción:

Cap. 1 Disposiciones generales
Cap. 2 Construcción e integridad de estanqueidad
Cap. 3 Estabilidad y la Correspondiente Navegabilidad
Cap. 4 Instalaciones de Maquinas e Instalaciones Eléctricas
Cap. 5 Prevención detección y extinción de incendios

Disposiciones Generales

En este capítulo se brindan los lineamientos generales donde se hallan contenidos el ámbito de aplicación de la Propuesta. Se exponen además los aspectos relacionados con la Clasificación, áreas de navegación y la supervisión y documentación técnica de las embarcaciones. Esta última, deberá poseer un

volumen suficiente que permita verificar el cumplimiento de las prescripciones contenidas en la Propuesta.

Construcción e Integridad del casco

Se hace referencia a las acciones a tomar para la construcción del buque y con respecto a la integridad del casco, se establecen prescripciones relativas al cierre de las aberturas por las cuales puede penetrar el agua a la embarcación.

Estabilidad y la Correspondiente Navegabilidad

Se establecen los requisitos relativos a la estabilidad de las embarcaciones, con el fin de garantizar la seguridad operacional de las mismas y reducir al mínimo los riesgos del personal a bordo y del medio ambiente. Estos requisitos están basados en las Directrices de la OMI.
En caso de que las embarcaciones en explotación sean objeto de reconstrucciones, reparaciones capitales, remodelaciones o modificaciones, estas deberán satisfacer los criterios de estabilidad prepuestos en este Capítulo.

Instalaciones de Maquinas e Instalaciones Eléctricas

En este Capítulo, se aplican las prescripciones relativas a las instalaciones mecánicas y los puestos de mando y control de los buques pesqueros, donde se incluyen el equipamiento de los espacios de máquinas, líneas de ejes y propulsores. Así como también las prescripciones relativas a los equipos eléctricos instalados a bordo de las embarcaciones regidas por estas Reglas, las cuales constituyen medios esenciales que garantizan la seguridad de la navegación así como del personal a bordo.

Prevención, Detección y Extinción de Incendios

En este capítulo de la Propuesta, aparecen las prescripciones para la protección constructiva contraincendios y los materiales que serán utilizados en el acabado

interior de los compartimientos, desde el punto de vista de su garantía contraincendios, así como los sistemas de extinción y señalización, pertrechos, piezas de repuesto y herramientas.

La Conferencia Internacional sobre seguridad de los buques pesqueros, adoptó una resolución que recomienda que la OMI prosiga los estudios con miras a formular normas detalladas de estabilidad para los buques pesqueros.

Capítulo I: Disposiciones Generales

1.1 Finalidad y Ámbito de Aplicación.

1.1.1 El propósito de la presente Propuesta de Prescripciones de Seguridad para el Diseño, Construcción y Modificación de Buques Pesqueros es facilitar información sobre el diseño, la construcción y modificación de buques pesqueros con miras a promover la seguridad del buque, la tripulación y el medio ambiente. Esta Propuesta pretende crear un marco de referencia para la elaboración de leyes y reglamentos nacionales relacionados con la seguridad en buques pesqueros.

1.1.2 La presente propuesta es de carácter voluntario. Su ámbito de aplicación en amplio y solo contiene las prescripciones mínimas para garantizar la seguridad de los buques pesqueros, de la tripulación y el medio ambiente en buques pesqueros de eslora igual o mayor a 12 m, pero menor a 24m. La Capitanía de Puerto de Puerto Sucre, tomará todas las medidas posibles para promover la seguridad de dichos buques.

1.1.3 Salvo indicación expresa en otro sentido, las disposiciones de la presente propuesta de prescripciones de seguridad están destinadas a los buques pesqueros nuevos y modificados con cubierta, de eslora igual o superior a los 12m pero menor o igual a los 24m. sin embargo, cuando no haya una indicación expresa en otro sentido, la Capitanía de Puerto de Puerto Sucre, también aplicará estas prescripciones en la medida de lo posible, a los buques pesqueros que actualmente se encuentren en operación.

1.1.4 Las prescripciones de esta propuesta no se aplicarán a los buques pesqueros de tipo deportivo o recreativo.

1.1.5 Cuando la experiencia haya demostrado claramente que está justificado apartarse de las prescripciones aquí propuestas o aplicarlas a cualquier buque regido por ella, la Capitanía de Puerto de Puerto Sucre podrá permitir los cambios o sustituciones pertinentes.

1.2 Definiciones

A los efectos de la presente Propuesta de Prescripciones de Seguridad para el Diseño, Construcción y Modificación de Buques Pesqueros, salvo disposición expresa en otro sentido, se aplicarán las siguientes definiciones (La ilustración de los términos empleados en las definiciones figuran en el anexo I):

1 *Centro del buque:* es el punto medio de L

2 *Aprobado:* significa aprobado por la autoridad competente.

3 *Línea base:* es la línea horizontal que se corta con la línea de quilla en el centro del buque.

4 *Altura de la amura:* es la definida como la distancia vertical en la perpendicular de proa entre la flotación correspondiente al calado máximo de servicio admisible, el asiento de proyecto y el canto superior de la cubierta expuesta.

5 *Manga (B):* es la manga máxima del buque, medida en el centro de él hasta la línea de trazado de la cuaderna sí el buque es de forro metálico y hasta la superficie exterior del casco si el buque es de forro de cualquier otro material.

6 *Mamparo de colisión:* es el mamparo estanco que llega a la cubierta de trabajo en la sección de proa del buque y satisface las siguientes condiciones:

A Estar ubicado de modo que diste de la perpendicular de proa:

i no menos de 0,05L ni más de 0,05L en los buques iguales o superiores a 45m.

ii no menos de 0,05L más de 1,35m en los buques de eslora inferior a 45m, salvo que la autoridad competente autorice otra ubicación; y

iii en todo caso, un mínimo de 2 m.

B Cuando cualquier parte de la obra viva se extienda a proa de la perpendicular de proa, como hace una proa de bulbo, la distancia estipulada en 1.2.6.1 se medirá desde el punto medio de la prolongación que sobresalga de la perpendicular de proa o desde un punto situado a proa de la perpendicular de proa que diste de esta 0,0015L, sí esta dimensión es menor.

7 *Autoridad competente:* es el Gobierno del Estado cuyo pabellón el buque tiene derecho a enarbolar, así mismo es el ente del Estado donde el buque se encuentre registrado.

8 *Tripulación:* es el conjunto formado por el patrón y el personal empleado u ocupado a bordo del buque en cualquier cometido relacionado con las actividades del mismo

9 *Buque pesquero*: en lo sucesivo llamado buque- es un buque utilizado comercialmente para la captura de peces, ballenas, focas, morsas u otros recursos vivos del mar.

10 *Buque con cubierta*: es un buque que tiene una cubierta estructural fija que cubre todo el casco sobre la línea de flotación de servicio más alta. Cuando en estas cubiertas se encuentren pozos abiertos o cockpits, el buque se considerará buque con cubierta si la inundación del pozo o del cockpit no pone en peligro al buque.

11 *Eslora (L)1*: deberá considerarse como el 96% de la eslora total sobre una línea de flotación a 85% del puntal mínimo, o como el largo que existe entre la parte exterior de la roda hasta el eje de la mecha del timón en dicha línea de flotación, si este último valor fuese superior. En buques proyectados con lanzamiento de la

quilla, la línea de flotación sobre la cual se mide esta eslora deberá ser paralela a la línea de flotación de proyecto.

12 *Puntal mínimo (D)1*: es el puntal medido desde la línea de quilla hasta el canto superior del bao de la cubierta de trabajo, en el costado. En caso que la cubierta de trabajo sea escalonada y la parte elevada de la misma se extienda sobre el punto en el cual se determinará el puntal mínimo, el puntal mínimo se medirá hasta una línea de referencia que se extienda desde la parte inferior de la cubierta a lo largo de una línea paralela a la parte elevada.

13 *Cubierta de trabajo:* es la cubierta más baja sobre la máxima línea de flotación de servicio desde la cual se efectúa la faena de pesca.

14 *Estructuras sobre cubierta*: es cualquier estructura con cubierta sobre la cubierta de trabajo.

15 *Estructura sobre cubierta cerrada*: es una con:

15.1 mamparos de cierre de construcción eficiente por sus características de construcción.
15.2 aberturas de acceso, si hubiere, en tales mamparos dotadas de puertas estancas permanentes, de resistencia equivalente a la estructura no perforada, y que se puedan accionar desde ambos lados.
15.3 aberturas de acceso en la parte superior, si hubiera, que puedan cerrarse desde ambos lados estancas a la intemperie.
15.4 otras aberturas en los costados, extremos o cantos superiores de las construcciones, dotadas de medios de cierre estancos a la intemperie eficientes.

16 *Cubierta de superestructura:* es la cubierta, completa o parcial, que forma el techo de una superestructura, caseta u otra estructura situada a una altura no inferior a 1,8 metros por encima de la cubierta de trabajo. Donde esta altura sea

inferior a 1,8 metros, el techo de tales estructuras de cubierta recibirá el mismo tratamiento que la cubierta de trabajo.

17 *Altura de una estructura de cubierta:* es la distancia vertical mínima que media entre el canto superior de los baos de la cubierta de una estructura y el canto superior de los baos de la cubierta de trabajo.

18 *Estanco a la intemperie:* significa que, cualquiera que sea el estado de la mar, el agua no penetrará en el buque.

19 *Estanco:* este término se aplica a todo componente estructural que, sometido a una altura de agua que llegue a la cubierta de superestructura, impida el paso de agua a su través en cualquier dirección.

20 *Las perpendiculares de proa y popa:* son las medidas en los extremos de proa y popa de la eslora (L). la perpendicular de proa coincidirá con la cara de proel de la roda en la flotación que se tome como referencia para medir la eslora.

21 *Francobordo (fmin):* es el francobordo mínimo real, o sea, la distancia que medida entre la cara inferior de la cubierta de trabajo, en el costado, y una flotación, medida perpendicularmente a esta flotación, más el grosor mínimo de cubierta. Cuando la cubierta de trabajo presente saltillos, se tomará como cubierta de trabajo la línea más baja de la cubierta y la prolongación de esta línea paralelamente a la parte más alta de la cubierta.

22 *Línea de quilla:* es la línea paralela a la pendiente de la quilla que pasa en el centro del buque por:

22.1 el canto superior de la quilla o por línea de intersección del canto interior de las planchas del forro con la quilla, sí se trata de una quilla de barra que se extiende por encima de dicha línea en los buques de forro metálico.
22.2 la intersección de la prolongación ideal del contorno exterior del fondo del casco con el eje longitudinal en los buques cuyo forro no sea metálico.

23 *Máxima flotación de servicio:* es la flotación correspondiente al calado máximo de servicio admisible.

24 *Puntal1:* es el puntal de trazado en el centro del buque.

1.3 Mantenimiento, Conservación y Reconocimientos

1.3.1 El casco, las máquinas, y todo el equipo de cada buque deberán construirse e instalarse de manera que puedan someterse a un mantenimiento regular, a fin de garantizar que en todo momento sean satisfactorios en todos los sentidos para el servicio a que se destine el buque.

1.3.2 Cuando sea posible, la autoridad competente dispondrá lo necesario para que se efectúen reconocimientos adecuados del buque durante la construcción, y a intervalos regulares después de su completación, para garantizar la condición satisfactoria del casco, máquina y equipo del buque.

1.3.3 Realizado cualquiera de estos reconocimientos, no se efectuará ningún cambio en las disposiciones estructurales, máquinas, equipo, etc., que fueron objeto del reconocimiento, sin la aprobación de la autoridad competente.

Capítulo II: Construcción, Integridad de Estanquidad y Equipos

2.1 Construcción.

2.1.1 La resistencia y la construcción del casco, las estructuras sobre cubierta, los guardacalores de máquinas, los tambuchos y cualesquiera otras estructuras, así como el equipo del buque, serán tales que permitan hacer frente a todas las condiciones previsibles del servicio a que se destine el buque y responderán a criterios que la autoridad competente juzgue satisfactorios. Un buque construido y mantenido de acuerdo con las reglas de una sociedad de clasificación u otro

organismo reconocido por la autoridad competente podrá ser considerado adecuado en este sentido.

2.1.2 Los mamparos, dispositivos de cierre y cierres de las aberturas practicadas en estos mamparos, así como los métodos seguidos para probarlos, se ajustarán a las prescripciones de las autoridades competentes. Los buques construidos con materiales que no sea madera, irán provistos de mamparos estancos que limiten el espacio de la máquina principal, y cuando sea factible, de un mamparo de colisión estanco. Tales mamparos se prolongarán hasta la cubierta de trabajo. En los buques de madera se instalarán también mamparos de este tipo que se prolongarán hasta la cubierta de trabajo, y en lo posible serán estancos.

2.1.3 Las puertas estancas instaladas en los mamparos estancos se podrán abrir y cerrar en su propio emplazamiento por ambas lados y, preferiblemente, también desde encima de la cubierta de trabajo. Los medios de accionamiento de las puertas irán claramente marcados y llevarán la indicación que señale sí las puertas están cerradas o abiertas.

2.1.4 Las tuberías que traspasen el mamparo de colisión estarán dotadas de válvulas adecuadas, de fácil acceso y que puedan operarse en todo momento desde la cubierta de trabajo o desde encima de la cubierta de trabajo. La caja de la válvula se hará firme al mamparo de colisión y la válvula se emplazará en un lugar que no sea un espacio de carga.

2.1.5 No se instalará ninguna puerta, registro, ducto de ventilación u otra abertura en el mamparo de colisión bajo la cubierta de trabajo.

2.1.6 No se utilizará el pique de proa para llevar combustible líquido, salvo en casos especialmente aprobados por la autoridad competente.

2.2 Aberturas en mamparos estancos

2.2.1 El número de aberturas en los mamparos estancos será el mínimo compatible con la disposición general y necesidades operacionales del buque. Las aberturas estarán dotadas de dispositivos de cierre estancos satisfactorios, tan resistentes como la estructura no perforada.

2.2.2 Las puertas estancas pueden ser abatibles y se podrán operar localmente por ambos lados. Deberá pegarse un cartel en cada lado de la puerta, indicando que ésta deberá mantenerse cerrada en la mar.

2.3 Integridad del Casco.

2.3.1 Las aberturas que den al exterior se podrán cerrar de modo que impidan la entrada de agua en el buque. Las aberturas de cubierta que puedan permanecer abiertas durante las faenas de pesca, normalmente estarán situadas cerca del eje longitudinal del buque. No obstante, la autoridad competente podrá aprobar otros emplazamientos sí considera que así no disminuirá la seguridad del buque.

2.4 Puertas Estancas a la Intemperie

2.4.1 Todas las aberturas de acceso practicadas en las estructuras cerradas sobre cubierta, a través de las cuales podría entrar agua y poner en peligro el buque, estarán dotadas de puertas instaladas permanentemente al mamparo, con marcos y refuerzos, de manera que toda la estructura sea tan resistente como la estructura no perforada, y estanca a la intemperie al cerrarse y contarán con medios para que puedan operarse por ambos lados del mamparo.

2.5 Aberturas y Tapas de Escotillas

2.5.1 Para los cálculos de resistencia se supondrá que las tapas de escotilla que no sean de madera están sometidas a cargas estáticas de 10 KN/m2 o sometidas al

peso de la carga que se ha proyectado llevar sobre ellas, si éste expresa un valor mayor.

2.5.2 Si las tapas son de acero dulce, el esfuerzo máximo, calculado de conformidad con lo dispuesto en el párrafo 2.5.1. y multiplicado por 4.25 no excederá de la resistencia mínima a la rotura del material. Bajo estas cargas, las desviaciones no serán de más de 0,0028 veces el vano de la escotilla.

2.5.3 Las tapas de materiales que no sean de acero dulce o madera deberán tener por lo menos una resistencia equivalente a las de acero dulce. Su construcción deberá tener rigidez suficiente de manera de garantizar estanquidad a la intemperie cuando estén sometidas a las cargas prescritas en el párrafo 2.5.1.

2.5.4 Las tapas irán provistas de dispositivos de trinca y frisas o de otros dispositivos equivalentes, suficientes para garantizar la estanquidad a la intemperie.

2.5.5 Generalmente no se recomienda usar tapas de escotilla de madera en vista de la dificultad de garantizar rápidamente su estanquidad a la intemperie. Sin embargo, si hubiera este tipo de tapas, una vez cerradas, quedarán estancas a la intemperie.

2.5.6 El grosor del acabado de las tapas de escotilla de madera deberá considerar la abrasión producida debido a la manipulación ruda. En todo caso, el grosor del acabado de estas tapas, deberá ser al menos 4 mm. por cada 100 mm. de vano de escotilla sin soporte, hasta un mínimo de 40 mm. y el ancho de sus superficies de apoyo deberá ser al menos de 65 mm.

2.6 Aberturas del Espacio de Máquinas

2.6.1 Las aberturas del espacio de máquinas irán armadas de manera adecuada y eficazmente encerradas en guardacalores de suficiente resistencia. Las aberturas exteriores de acceso en dichos guardacalores llevarán puertas que cumplan con lo prescrito en el párrafo 2.4, o llevarán tapas de escotilla que no sean de madera, de acuerdo con lo estipulado en el párrafo 2.5.

2.6.2 Las aberturas distintas de las de acceso irán provistas de sólidas tapas, tan resistentes como la estructura no perforada y fijadas a ésta permanentemente, dejándolas estancas a la intemperie una vez cerradas.

2.7 Otras Aberturas de la Cubierta

2.7.1 Cuando sea esencial para las faenas de pesca, se podrán instalar a ras de cubierta escotillones con tapa de rosca o de bayoneta, o de un tipo equivalente, así como tapas de registros, siempre que puedan quedar cerrados de manera que sean estancos y vayan fijados de modo permanente a la estructura. Tomando en cuenta el tamaño y la disposición de las aberturas y el diseño de los dispositivos de cierre, se podrán instalar cierres del tipo de metal contra metal, si a juicio de la autoridad competente son efectivamente estancos.

2.7.2 Para proteger las aberturas que no sean escotillas, aberturas de espacio de máquinas, registros ni escotillas a ras de cubierta en la cubierta de trabajo, se dispondrán estructuras sobre cubierta o tambuchos eficaces provistos de puertas estancas a la intemperie o elementos equivalentes. Los tambuchos estarán situados lo más cerca posible del eje longitudinal del buque.

2.8 Ventiladores.

2.8.1 Los ventiladores tendrán manguerotes de gran solidez y susceptibles de quedar cerrados de manera que sean estancos a la intemperie con dispositivos de cierre fijados de modo permanente al ventilador o a la estructura adyacente. Los ventiladores estarán situados lo más cerca posible del eje longitudinal del buque, y cuando sea factible, se prolongarán a través del techo de una construcción sobre cubierta o tambucho.

2.8.2. Los manguerotes de los ventiladores serán lo más altos posible. En la cubierta de trabajo, la altura sobre cubierta de los manguerotes de ventiladores que no sean los ventiladores del espacio de máquinas, no será inferior a 760 mm., y sobre cubierta de superestructuras no inferiores a 450 mm. Cuando la altura de tales

ventiladores pudiera interferir con las faenas del buque, las alturas de sus manguerotes se pueden reducir a juicio de la autoridad competente. La altura sobre cubierta de las aberturas de los ventiladores del espacio de máquinas quedará a criterio de la autoridad competente.

2.8.3 No será necesario dotar de dispositivos de cierre a los ventiladores cuyos manguerotes tengan una altura superior a 2,5 m por encima de la cubierta de trabajo o más de 1,0m sobre el techo de una caseta o cubierta de superestructura.

2.9 Altura de las Brazolas de Escotilla y de las Falcas de Puertas.

2.9.1 La altura en que las brazolas de escotillas rebasen la cubierta, será como mínimo de 300 mm. en las partes expuestas de la cubierta de trabajo en buques con una eslora de 12m, y como mínimo de 600 mm. en buques de 24m de eslora. En el caso de buques de eslora intermedia, la altura mínima se obtendrá por interpolación lineal. La altura sobre cubierta de las brazolas de escotilla en partes expuestas de la cubierta de superestructura será como mínimo de 300 mm.

2.9.2 Cuando la experiencia adquirida en la realización de operaciones lo justifique y previa aprobación de la autoridad competente, la altura de las brazolas de escotilla, salvo las que tienen acceso directo a los espacios de máquina, podría ser menor que la altura indicada en el párrafo 2.9.1, o bien prescindirse de las brazolas, a menos que se instalen tapas de escotillas realmente estancas que no sean de madera. Estas tapas serán tan pequeñas como resulte posible, irán fijadas de modo permanente con bisagras o medios equivalentes y podrán quedar cerradas y aseguradas rápidamente.

2.9.3 La altura mínima en que las falcas de las entradas a tambuchos, estructuras sobre cubierta, y guardacalores de máquinas situadas en la cubierta de trabajo y en las cubiertas de las superestructuras, que den acceso directo a partes de la cubierta expuestas a la intemperie y a la mar rebasen la cubierta será por lo menos equivalente a la altura de las brazolas de escotilla, según lo especificado en el párrafo 2.9.1.

2.10 Tubos de Aireación.

2.10.1 Cuando los tubos de aireación de tanques y de otros espacios situados bajo cubierta se prolonguen por encima de la cubierta de trabajo o cubiertas de superestructuras, las partes expuestas de los tubos serán de una gran solidez y, en la medida de lo posible, estarán situados cerca del eje longitudinal del buque y protegidos de daños que pudieran provocarles los aparejos de pesca y de izamiento. Las aberturas de los tubos de aireación irán provistas de medios de cierres fijados de modo permanente al tubo o a la estructura adyacente, salvo cuando a juicio de la autoridad competente éstas estén protegidas contra el agua embarcada en la cubierta, se podrán omitir estos medios de cierre.

2.10.2 Cuando los tubos de aireación estén situados cerca del costado del buque, la altura que medie por encima de la cubierta hasta el punto donde pueda ingresar agua por debajo será un mínimo de 760 mm. en la cubierta de trabajo y un mínimo de 450 mm. en la cubierta de superestructura. La autoridad competente puede aceptar una altura menor de un tubo de aireación a fin de evitar interferencias con las operaciones de pesca.

2.11 Portillos, Ventanas

2.11.1 Los portillos de los espacios situados por debajo de la cubierta de trabajo o de espacios cerrados de esta cubierta irán provistos de tapas ciegas con bisagras susceptibles de quedar cerradas de modo estanco.

2.11.2 Los portillos irán ubicados en una posición tal que su borde inferior quede por encima de una línea trazada paralelamente a la cubierta de trabajo en el costado y que tenga su punto más bajo a 500 mm. por encima de la máxima flotación de servicio.

2.11.3 Los portillos, así como sus cristales y tapas ciegas serán, por su solidez de construcción, los que la autoridad competente juzgue satisfactorios.

2.11.4 Las lumbreras de los espacios ubicados bajo la cubierta de trabajo, serán de sólida construcción y susceptibles de ser cerradas y trincadas de modo estanco, y provistas de medios de cierre adecuados en caso que las láminas sufrieran averías. En la medida que sea posible, se evitarán lumbreras en los espacios de máquinas.

2.11.5 En todas las ventanas de la caseta de gobierno expuestas a la intemperie se instalará vidrio de seguridad inastillable o material adecuado que sea permanentemente trasparente y de resistencia equivalente. Los medios de trinca de las ventanas y el ancho de las superficies de apoyo serán adecuados, prestando consideración al material empleado en la ventana.

2.11.6 Donde no hubiere otro método para evitar que el agua entre al casco a través de una ventana o portillo quebrado, deberá proveerse de tapas ciegas o de cierta cantidad de cierres de mal tiempo.

2.11.7 La autoridad competente puede aceptar los portillos y ventanas sin tapas ciegas en los mamparos laterales o de popa de las estructuras de cubierta ubicadas sobre o bajo la cubierta de trabajo, siempre y cuando la seguridad del buque no se vea menoscabada.

2.12 Tomas y Descargas

2.12.1 Los tubos de descarga que atraviesen el casco desde espacios situados por debajo de la cubierta de trabajo o desde el interior de estructuras sobre cubierta deberán ir provistos de medios eficaces y accesibles para impedir la entrada de agua a bordo. Normalmente, cada una de las descargas llevará una válvula automática de retención dotada de un medio seguro de cierre, accionable desde un lugar accesible. No se exigirá esta válvula si la autoridad competente considera que no hay riesgo de que la entrada de agua en el buque a través de la abertura en cuestión dé lugar a una inundación peligrosa y que el grosor de la tubería es suficiente. Las formas de hacer funcionar la válvula con un medio seguro de cierre deberán estar dotadas de un indicador, que señale si la válvula está abierta o

cerrada. El extremo abierto en el interior del casco de cualquier sistema de descarga deberá estar por encima de la máxima flotación de servicio, a un ángulo de inclinación satisfactorio a juicio de la autoridad competente.

2.12.2 En los espacios de máquinas, las tomas de mar y descargas principales y auxiliares que sean esenciales para el funcionamiento de las máquinas deberán tener los mandos en el lugar donde se encuentren emplazadas. Dichos mandos serán fácilmente accesibles e irán provistos de indicadores que señalen si las válvulas están abiertas o cerradas. Se deberán incorporar dispositivos de aviso adecuados que indiquen cuando haya fuga de agua en el interior del espacio.

2.12.3 Los accesorios que vayan fijados al forro exterior y todas las válvulas serán de acero, bronce u otro material dúctil. Todos los tramos de tuberías situados entre el forro exterior y las válvulas serán de acero, aunque en buques que no sean de acero se podrán utilizar otros materiales adecuados.

2.13Amuradas, Barandillas y otros Dispositivos Protectores.

2.13.1 Se deberán instalar amuradas o barandillas eficaces en todas las partes expuestas de la cubierta de trabajo y en los techos de la superestructura y estructuras sobre cubierta. La altura mínima de cualquier amurada fija sobre cubierta será de 600 mm. en buques con una eslora de 12 m y de 1.0 m en buques de 24 m de eslora. En el caso de buques de eslora intermedia, la altura media se determinará por interpolación lineal. En cualquiera de tales buques, donde la altura de las amuradas fijadas sea inferior a 1.0 m se instalarán barandillas aseguradas con candeleros móviles adecuados, o medios similares, con la altura de 1.0 m prescrita, aunque cuando esto obstaculice las operaciones de pesca del buque, la autoridad competente podrá aceptar disposiciones alternativas.

2.13.2 El espacio que medie entre la barra inferior de las barandillas y la cubierta no deberá exceder de 230 mm. Las otras barras no estarán separadas entre sí más de 250 mm. y la distancia entre candeleros no excederá de 1.5 m. En los buques con trancaniles redondeados, los apoyos de las barandillas deberán ir en la parte plana

de la cubierta. Las barandillas no deberán tener salientes, bordes y esquinas afilados y tendrán una resistencia suficiente.

2.13.3 Se dispondrán medios satisfactorios en forma de barandillas, andariveles, pasillos o corredores bajo cubierta, etc., para proteger a la tripulación en sus desplazamientos entre los alojamientos, espacios de máquinas y demás lugares de trabajo. En el exterior de todas las casetas y guardacalores se instalarán pasamanos de mal tiempo.

2.13.4 Cuando sea conveniente, y dando debida consideración a la necesidad de impedir la retención de agua en cubierta, las alturas de las amuradas se podrán reducir a menos del mínimo, tal como se especifica en 2.12.1, a juicio satisfactorio de la autoridad competente.

2.14 Portas de Desagüe

2.14.1 Cuando las amuradas que haya en las partes expuestas a la intemperie de la cubierta de trabajo formen pozos, el área mínima de las portas de desagüe (A), expresada en metros cuadrados (m2), que a cada costado del buque deberá corresponder a cada pozo de la cubierta de trabajo, se determinará en función de la longitud (l) y de la altura de la amurada en el pozo, del modo siguiente:

I- $\boldsymbol{A = K \times l}$

Donde K = 0.07 para buques de 45m de eslora

K = 0.035 para buques de 24m de eslora; para esloras intermedias, el valor de K deberá obtenerse por interpolación lineal.

(No es necesario considerar l superior al 70% de la eslora del buque)

Ii Si la amurada tiene una altura media de más de 1.2 m, el área prescrita se incrementará en 0.004 mts2 por metro de largo del pozo y por cada 100 mm. de diferencia de altura.

Iii Si la amurada tiene una altura media de más de 900 mm., el área prescrita podrá reducirse en 0.004 m2 por metro de largo del pozo y por cada 100 mm. de diferencia de altura.

2.14.2 El área de las portas de desagüe calculada conforme a lo señalado en 2.14.1 será incrementada cuando la autoridad competente considere que el arrufo no es suficiente para que la cubierta del buque quede libre de agua lo más rápida y efectivamente posible.

2.14.3 Sujeto a la aprobación de la autoridad competente, el área mínima de las portas de desagüe correspondientes a cada pozo de la cubierta de superestructura será cuando menos igual a la mitad del área (A) dada en el párrafo 2.14.1, aunque cuando la cubierta de superestructura constituya una cubierta de trabajo para operaciones de pesca, el área mínima a cada costado no deberá ser inferior al 75% del área (A).

2.14.4 Las portas de desagüe deberán estar dispuestas a lo largo de las amuradas de modo que permitan que la cubierta quede libre de agua lo más rápida y efectivamente posible. El borde inferior de las portas de desagüe deberá estar tan cerca de la cubierta como sea factible.

2.14.5 Los tablones y los medios de estiba y de operación del aparejo de pesca deberán estar dispuestos de modo que no disminuya la eficacia de las portas de desagüe y que no impidan que el agua embarcada en cubierta llegue fácilmente a las portas de desagüe. Los tablones deberán construirse de tal manera que se puedan asegurar en su lugar mientras están en uso sin obstaculizar la descarga del agua embarcada en cubierta.

2.14.6 Las portas de desagüe de más de 300 mm. de altura llevarán varillas espaciadas entre sí no más de 230 mm. o no menos de 150 mm. o estarán provistas de algún otro medio de protección adecuado. Las tapas de las portas de desagüe, si se instalan, deberán ser de construcción aprobada. Si se consideraran necesarios dispositivos destinados a asegurar las tapas de las portas de desagüe durante

operaciones de pesca, éstos deberán ser satisfactorios a juicio de la autoridad competente, y maniobrables con facilidad desde un lugar de rápido acceso.

2.14.7 Cuando se hayan instalado pozos o cockpits en la cubierta de trabajo o en la cubierta de superestructura, cuyos fondos estén por debajo de la máxima flotación de trabajo, deberán instalarse medios de desagüe de retención eficientes hacia el mar. Cuando los fondos de tales pozos o cockpits estén por encima de la máxima flotación de trabajo, deberán instalarse desagües hacia las sentinas.

2.15 Equipo de Fondeo y Amarre

2.15.1 Todo buque deberá estar provisto de equipo de fondeo proyectado de modo que se pueda usar con rapidez y seguridad y que constará de un ancla, cadenas o cables, bozas y un molinete u otros dispositivos para dejar caer el ancla o levarla y para mantener el buque fondeado en todas las condiciones de servicio previsibles. También se proveerá a todos los buques de equipo de amarre adecuado que permita sujetarlos sin riesgo en todas las condiciones operacionales.

2.15.2 El casco del buque deberá estar adecuadamente reforzado en el espacio de las bocinas de escobén, bozas de cadena, y otros equipos relacionados con el fondeo y amarre.

2.16 Bodegas de pescado

2.16.1 Las tuberías, cadenas o conductos que atraviesen la bodega de pescado deberán instalarse, si fuese factible, a ras de los cielos rasos o encerradas y aisladas adecuadamente de manera que faciliten el acceso para propósitos de inspección y mantención.

2.16.2 No se deberán permitir esquinas o salientes afilados en las bodegas de pescado o tanques de pescado a fin de facilitar la limpieza, y reducir peligros inherentes a quienes faenan en estas bodegas o tanques.

Capitulo 3: Estabilidad y la Correspondiente Navegabilidad

3.1 Generalidades

3.1.1 Todo buque deberá proyectarse, construirse y modificarse de modo que tenga la estabilidad al estado intacto adecuada para las condiciones de servicio previstas.

3.1.2 Los métodos y procedimientos utilizados para calcular la estabilidad deberán ajustarse a lo dispuesto en la sección 3.2

3.1.3 Siempre que sea posible, se facilitará orientación que permita determinar aproximadamente la estabilidad del buque mediante la prueba del período de balance, incluidos valores de los coeficientes de balance propios del buque*.

* Anexo III de la parte B del Código de seguridad para pescadores y buques pesqueros figuran las indicaciones sugeridas para tal orientación.

* Capítulo IV del Código de seguridad para pescadores y buques pesqueros, Parte B

3.1.4 El francobordo al máximo desplazamiento de servicio previsible deberá:

i Ser compatible con el criterio de estabilidad a que se hace referencia en la sección 3.2.

ii Entregar un grado razonable de seguridad para los hombres que tendrán que trabajar en cubierta o en zonas expuestas.

iii Garantizar un grado razonable de seguridad para el buque en cuanto a evitar la entrada de agua en los espacios cerrados, tomando en consideración los medios de cierres provistos y los efectos del agua embarcada y retenida en cubierta.

3.2 Criterios de Estabilidad Tentativos

3.2.1 Normalmente, deberá prepararse una completa información sobre estabilidad y la autoridad competente deberá decidir sobre los criterios aceptables□.

3.2.2 Durante las operaciones de pesca se pueden producir momentos escorantes peligrosos (por ejemplo, si se pretende izar un peso excepcionalmente grande). La autoridad competente deberá prestar especial consideración a hacer que los criterios de estabilidad sean más rigurosas para los buques de los que quepa esperar que se produzcan momentos escorantes excepcionales.

3.2.3 La estabilidad deberá examinarse utilizando curvas del momento adrizante (desplazamiento x brazo de adrizamiento) a fin de lograr una constante razonable del momento adrizante durante el servicio del buque.

3.2.4 La determinación aproximada de las características del momento adrizante se utilizarán solamente cuando la autoridad competente juzgue que es razonable emplear tal método particular con el tipo de buque que se está examinando.

3.3 Viento y Balance Intenso

3.3.1 Los buques deberán poder resistir los efectos del viento y el balance intensos, con las correspondientes condiciones de mar, de un modo que la autoridad competente juzgue satisfactorio teniendo en cuenta las condiciones meteorológicas periódicas, así como los cambios climáticos que representan un peligro para la flota y los tripulantes, los estados de mar en los que el buque haya de faenar, el tipo de buque y el modo de operar de este.

3.4 Prueba de estabilidad*.

*Véase el criterio de viento y balance intensos (criterio meteorológico) para buques pesqueros que figura en 4.2.4 del Código de estabilidad sin avería, adoptado por la OMI mediante la resolución A.749 (18), en su forma enmendada

*Véase la Determinación del desplazamiento en rosca y de las coordenadas del centro de gravedad y la Orientación detallada para realizar una prueba de estabilidad, que figuran, respectivamente, en el capítulo 7 y el anexo 1 del

Código de estabilidad sin avería, adoptado por la OMI mediante la resolución A.749 (18), en su forma enmendada,

3.4.1 Concluida su construcción, todo buque será sometido a una prueba de estabilidad, y su desplazamiento real y la posición de su centro de gravedad se determinarán para la condición de buque vacío.

3.4.2 Cuando sea objeto de reformas que afecten a su condición de buque vacío y a la posición del centro de gravedad, el buque será sometido a una nueva prueba de estabilidad si la autoridad competente juzga que esto sea necesario, y se revisará la información sobre estabilidad, por un ingeniero naval adscrito al colegio de ingenieros de Venezuela.

3.4.3 La autoridad competente podrá permitir que respecto de un determinado buque se prescinda de esta prueba de estabilidad sí se dispone de datos básicos proporcionados por la prueba realizada con un buque gemelo y se demuestre, de un modo que la autoridad competente juzgue satisfactorio, que con estos datos básicos es posible obtener información de garantía acerca de la estabilidad del buque exento de prueba.

3.5 Información sobre Estabilidad

3.5.1 Se facilitará información al patrón, relacionada con la estabilidad del buque en diversas condiciones operacionales, esta debe estar en un lenguaje claro y fácil de entender. La misma estará conformada por instrumentos concretos que prevengan al patrón de toda condición de orden operacional que pueda influir adversamente en la estabilidad o en el asiento del buque. Esta información deberá estar aprobada previamente por la autoridad competente

3.5.2 La información aprobada sobre estabilidad se conservará a bordo en un lugar fácilmente accesible en todo momento y será objeto de inspección en los reconocimientos periódicos del buque para garantizar que se ha aprobado para las

condiciones operacionales reales. Así mismo si el buque a sufrido alguna modificación los nuevos estudios de estabilidad estará a bordo.

3.5.3 A ambas bandas de la roda y del codaste irán marcadas de modo permanente las escalas que indiquen los calados del buque. Estas escalas estarán medidas perpendicularmente desde una línea de referencia que coincida con el borde inferior de la quilla o de otro apéndice inferior o que sea la prolongación de ese borde. Se facilitará al patrón información que indique cuál es la posición de la línea de referencia, así como instrucciones relativas al empleo de los calados observados.

Capitulo 4: Instalaciones de Maquinas e Instalaciones Eléctricas

4.1 Generalidades

4.1.1 Las instalaciones de máquinas e instalaciones eléctricas se proyectarán, construirán e instalarán de acuerdo con la buena práctica de ingeniería, aplicando las prescripciones de la autoridad competente o las reglas de sociedades de clasificación reconocidas u otras normas equivalentes, según corresponda. El equipo deberá instalarse, protegerse y mantenerse de manera que no constituya un peligro para el personal.

4.1.2 Los espacios de máquinas deberán proyectarse de modo que ofrezcan accesos francos y seguros a todas las partes de la máquina y tanques que puedan necesitar atención en cualquier momento.

4.1.3 Todos los mandos necesarios para el funcionamiento de la maquinaria y el equipo, tales como: aparatos de medida, circuitos e instalaciones de bombeo, válvulas, grifos, tubos de aireación, tomas de mar, sondeadores, interruptores, deberán estar marcados en forma permanente con inscripciones adecuadas que indiquen claramente su finalidad. Todas las válvulas deberán estar dotadas de indicadores que señalen si están abiertas o cerradas y deberán tener volantes marcados de tal manera que señalen el sentido de giro, el cual generalmente será el de las agujas del reloj para cerrar.

4.1.4 Los tubos de descarga y otras superficies calientes que estén al alcance del personal, deberán aislarse adecuadamente o protegerse de otra forma conveniente a fin de evitar accidentes o quemaduras. Asimismo, las superficies calientes que puedan causar ignición deberán protegerse de manera que no sea posible su contacto con materiales combustibles.

4.1.5 Las partes externas móviles de las máquinas y de los equipos mecánicos y eléctricos deberán protegerse en forma adecuada para impedir que el personal de servicio resulte lesionado.

4.1.6 Las plataformas y enjaretados en los espacios de máquinas y las aberturas que den a las sentinas del espacio de máquinas deberán ir provistos, cuando sea factible, de pasamanos o asideros y rodapiés adecuados.

4.1.7 Las planchas de piso deberán montarse y asegurarse en su posición y, cuando sea posible, llevarán una superficie antirresbaladiza.

4.1.8 Las escalas de los espacios de máquinas deberán tener peldaños antirresbaladizos.

4.1.9 Los espacios de máquinas necesitan ventilación natural o forzada que garantice a las condiciones climáticas en el área de servicio proyectada y a los requerimientos de aire de las máquinas instaladas.

4.1.10 Cuando se hayan instalado máquinas de combustión interna enfriadas por aire, se deberá prestar especial consideración a la provisión de volúmenes adecuados de aire frío y a la extracción del aire caliente desde los espacios de máquinas.

4.1.11 Cuando se hayan instalado máquinas de combustión interna enfriadas por agua, se tomarán medidas para que se disponga de un medio de suministro de agua de enfriamiento de emergencia. Los filtros podrán ser limpiados sin interrumpir el flujo de agua de enfriamiento.

4.1.12 El buque irá provisto de herramientas, piezas y equipos de repuestos requeridos para efectuar mantenciones de rutina y reparaciones menores de la máquina principal y de emergencia, instalaciones y equipos mecánicos y eléctricos, y deberán estibarse de manera segura en un lugar de fácil acceso.

4.2 Máquina de Propulsión y Auxiliar

4.2.1 El buque deberá tener suficiente potencia para dar marcha atrás de manera de contar con adecuada maniobrabilidad en todas las condiciones normales de servicio.

4.2.2 Se deberá llevar un registro de la información sobre el manejo y el mantenimiento de las máquinas, el empleo de combustible y de aceites lubricantes.

4.2.3 Las barras utilizadas sobre los volantes para hacer girar las máquinas a mano estarán dispuestas de modo que sea fácil retirarse del nicho del volante si la máquina gira en un impulso de receso. Las manivelas de los motores estarán diseñadas de tal forma que cuando éstos arranquen sean rechazadas.

4.2.4 Los aparatos de medición se instalarán de tal forma que sea fácil leerlos.

4.2.5 Cuando un eje auxiliar sea accionado por un eje extractor de potencia, ya sea mediante polea o cadena, el eje deberá llevar un apoyo a cada lado de la rueda de la polea o cadena.

4.2.6 Las instalaciones hidráulicas para los equipos de pesca deberán estar dotadas de un dispositivo que desengrane la bomba hidráulica del motor que la acciona.

4.2.7 Las correas de las poleas deberán estar equipadas con un sistema tensor a objeto de que cada una de ellas pueda ajustarse individualmente.

4.2.8 El tablero de instrumentos de la máquina principal tendrá los siguientes medidores:

i Tacómetro

ii Manómetro de presión de aceite lubricante.

iii Manómetro de presión de aceite lubricante de la caja reductora.

iv Termómetro de agua de enfriamiento de la máquina.

v Amperímetros para baterías.

vi pirómetro para los gases de escape (para máquinas con una potencia igual o superior a 250 Kw).

4.2.9 Deberán instalarse alarmas visuales y acústicas que avisen cuando baja la presión del aceite lubricante y cuando sube la temperatura del agua de enfriamiento.

4.2.10 Las máquinas auxiliares deberán estar montadas de manera segura en calzos rígidos, y serán totalmente independientes del resto de los sistemas.

4.3 Aparatos de Gobierno

4.3.1 Los aparatos de gobierno, incluidos el timón y las piezas relacionadas deberán tener una resistencia adecuada y tendrán la capacidad de gobernar el buque a la máxima velocidad, y deberán ser proyectados y construidos de tal manera que no sufran averías a la velocidad máxima de marcha atrás y al efectuar maniobras durante operaciones de pesca.

4.3.2 Cuando el aparato de gobierno principal funciona en forma mecánica o hidráulica, se deberá instalar un medio de gobierno de emergencia de fácil acceso.

4.3.3 Cuando el aparato de gobierno es operado por telemando, se deberá instalar un indicador de ángulo del timón en el puesto de gobierno.

4.3.4 La caseta de gobierno estará dispuesta de tal forma que la persona que gobierna el buque tenga una clara visión hacia adelante y que, en la medida que sea posible, pueda tener una visión de todo el horizonte desde el interior de la caseta, en caso de no poder ser posible ya que la disposición de la estructura del buque no lo permita plenamente, se deberá facilitar la visión periférica lo mejor posible.

4.4 Sistema de Combustible

4.4.1 Los tanques de combustible, sus sistemas de llenado, válvulas y tuberías conexas deberán instalarse cuidadosamente y se realizarán mantenimientos que impidan la fuga de combustible o gases dentro del casco.

4.4.2 Los tubos de aireación y conexiones de llenado de los tanques de combustibles estarán ubicados en un lugar seguro, al aire libre y, distantes de las admisiones de aire. El área de corte transversal de los tubos de aireación se determinará tomando en consideración los medios de llenado. Las aberturas de ventilación estarán dotadas de pantallas de rejilla metálica adecuadas u otros dispositivos de protección equivalentes.

4.4.3 En el tanque de combustible, o en un lugar adyacente a éste se instalará una válvula que pueda interrumpir el suministro a la máquina y cuyo mando pueda efectuarse desde el exterior de la sala de máquinas.

4.4.4 Dondequiera que puedan producirse fugas de combustible, con el riesgo de que éste establezca contacto con superficies calientes, se instalarán guardas o pantallas apropiadas.

4.4.5 Los tanques de almacenamiento de combustibles estarán emplazados en lugares alejados de superficies calientes y no deberán estar situados sobre escaleras o escalas, calderas, superficies calientes ni equipo eléctrico. Tales tanques y tuberías estarán emplazados de tal manera que se pueda eliminar, si se produce rebose, o reducir al mínimo la posibilidad de que el combustible establezca contacto con superficies calientes o componentes eléctricos que puedan provocar la inflamación del combustible si se producen fugas o una rotura.

4.4.6 En los tanques de combustible y de aceite lubricante se emplearán preferiblemente indicadores de nivel que no hagan necesario perforar la parte baja del buque. Podrán permitirse indicadores protegidos que lleven cristales planos

resistentes y grifos de cierre automático. Normalmente no se instalarán niveles de tubo de cristal.

4.4.7 Cuando sea posible, las tuberías de combustible no pasarán por los espacios de alojamiento. Así mismo se evitará en lo posible que las aberturas practicadas en los tanques de combustible para las sondas se hallen en los espacios de alojamiento de la tripulación.

4.4.8 Las tuberías de combustible de los motores de combustión interna carecerán de costuras y serán de acero o de otro material aprobado e irán adecuadamente sujetas y protegidas.

4.4.9 Cuando se instale un motor a gasolina dentro de un compartimiento cerrado o con cubierta, dicho compartimiento deberá estar ventilado con un sistema de extracción mecánico y con un sistema de suministro natural. Los ductos de extracción de aire desde los compartimientos que contienen motores a gasolina u otras fuentes que concentren vapores de gasolina, deberán estar aislados de otros sistemas de ventilación. El sistema de extracción mecánico deberá incluir una admisión ubicada lo más cerca posible de un punto bajo el motor al que está destinado, o de un lugar con mayor probabilidad de acumulación de vapores de gasolina, y deberá estar emplazado por encima de los niveles normales del agua de sentina. Los ventiladores y ductos de extracción mecánicos instalados conforme a las prescripciones de esta sección deberán ser aptos para uso en una atmósfera que contiene vapores de gasolina.

4.4.10 En cada puesto de arranque de los motores a gasolina habrá un aviso permanente que establezca:

i Que el sistema de ventilación empiece a funcionar al menos 2 minutos antes de dar arranque al motor

ii Que durante el aprovisionamiento de combustible permanezcan cerradas todas las puertas y ventanas, y que se prohíba fumar.

4.4.11 Los tanques de gasolina no deberán ser parte integral de la estructura del casco. Se deberá instalar un sistema eficiente que garantice que durante el llenado de los tanques no se derrame gasolina en el interior del casco del buque.

4.4.12 Se proveerán mandos de emergencia preferiblemente en cubierta fuera de los espacios de máquinas y de alojamientos, para parar cada una de las bombas de presión de combustible y cada uno de los ventiladores que suministran aire a los espacios de máquinas, así como para cerrar todas las aspiraciones de los tanques de combustible. Tales mandos estarán ubicados en lugares no expuestos a quedar aislados en caso de incendio en los espacios de máquinas.

4.5 Sistema de Aceite Lubricante

4.5.1 Los tanques de aceite lubricante y sus correspondientes cañerías y válvulas deberán instalarse y mantenerse cuidadosamente a objeto de impedir la fuga de aceite lubricante hacia el interior del casco.

4.5.2 Se dispondrá de medios adecuados que indiquen fallas en el sistema de aceite lubricante.

4.5.3 Las tuberías de aceite lubricante carecerán de costuras y serán de acero o de otro material aprobado, por la Capitanía de Puerto de Puerto Sucre, las sociedades de clasificación y por un ingeniero naval inscrito en el Colegio de Ingenieros de Venezuela e irán adecuadamente sujetas y protegidas.

4.6 Servicios de Sentina y Lastre

4.6.1 Se proveerán todos los medios necesarios para achicar cualquier compartimiento estanco (excluidos los compartimientos pequeños de flotabilidad) en todas las condiciones de servicio.

4.6.2 No se permitirá que en los mamparos estancos haya válvulas y grifos que no formen parte de un sistema de tuberías.

4.6.3 Los conductos de aspiración de sentina deberán ir provistos de filtros.

4.6.4 Los sistemas de bombeo de agua de sentinas y de lastre estarán dispuestos de modo que no pueda pasar agua de mar o de los tanques de lastre a las bodegas o a los espacios de máquinas, ni de un compartimiento estanco a otro. La conexión de las sentinas con cualquier bomba que aspira agua de mar o de los tanques de lastre, deberá llevar una válvula de retención o un grifo que no pueda dar paso simultáneamente hacia las sentinas y el mar o hacia las sentinas y los tanques de lastre. Las válvulas de las cajas de distribución de sentinas serán de retención.

4.6.5 Se podrán proveer al menos dos bombas de sentina, una de las cuales será de funcionamiento manual. Cuando sea factible, las dos bombas no deberán instalarse en el mismo compartimiento.

4.6.6 El diámetro interior del colector de sentina y del conducto de aspiración de sentina conectado directamente a la bomba no deberá ser inferior al diámetro de la entrada de aspiración de la bomba de sentina.

4.7 Sistemas de Extracción

4.7.1 Las cañerías de extracción desde las máquinas y desde los artefactos de cocina y calefacción deberán estar permanentemente instaladas y se dirigirán al aire libre a través de la cubierta superior o capota o a través del casco. Cuando las cañerías de extracción atraviesen la cubierta superior o capota, éstas tendrán una altura suficiente que garantice que los gases no se devuelvan hacia el buque. Cuando la cañería de extracción pase a través del casco del buque, la conexión del casco deberá ser estanca, y se tomarán medidas para impedir que se inunde la máquina.

4.7.2 Todas las cañerías de extracción deberán ser ensambladas con la mínima cantidad de curvaturas y serán del diámetro especificado por los fabricantes de la máquina. Todas las juntas deberán ser herméticas, las cañerías deberán estar bien

aseguradas y apoyadas por ganchos o abrazaderas y estarán provistas de una sección de cañería flexible o una cañería de fuelle, las cañerías de extracción deberán pasar lejos del maderaje y de otro material combustible y, cuando sea necesario, éstas deberán aislarse de manera eficiente.

4.7.3 Cuando se haya instalado un sistema de extracción de vapor húmedo, el agua del sistema de enfriamiento de la máquina deberá introducirse a la cañería de extracción cerca del manifold, y se deberá incorporar una curvatura en "U", o se deberá incorporar otro filtro de agua adecuado a la línea de extracción para evitar el contraflujo de agua hacia la máquina.

4.8 Instalaciones Eléctricas

4.8.1 Los circuitos eléctricos deberán estar claramente identificados en los cuadros de distribución.

4.8.2 El equipo eléctrico expuesto a la intemperie deberá estar protegido tanto de la humedad y la corrosión como de daños mecánicos.

4.8.3 Las tuberías de vapor o de líquidos no deberán instalarse encima ni cerca de los cuadros de distribución o de otro equipo eléctrico. Cuando sea inevitable que queden dispuestas así, se tomarán precauciones para evitar que las fugas dañen el equipo.

4.8.4 Los cuadros de distribución, principales y de emergencia deberán estar dispuestos de modo que resulten fácilmente accesibles para su operación y mantenimiento. Cuando sea necesario, las partes laterales, posteriores y la cara frontal de los cuadros de distribución contarán con la protección adecuada. Deberá haber esterillas o enjaretados aislantes en las partes frontal y posterior donde se estime que son necesarios. Normalmente, no se instalarán en la cara frontal de ningún cuadro de distribución o panel de control partes descubiertas conductoras.

4.8.5 Todos los forros metálicos y blindajes de los cables deberán ser eléctricamente continuos y estar puestos a masa (al casco).

4.8.6 Cuando los cables no lleven forro metálico ni blindaje y exista el peligro de que una falla de naturaleza eléctrica origine un incendio, se tomarán las precauciones especiales que la autoridad competente juzgue satisfactorias.

4.8.7 Los cables eléctricos deberán ser de tipo pirorretardante, salvo en los casos en que, a juicio satisfactorio de la autoridad competente, vayan adecuadamente protegidos contra la propagación del fuego.

4.8.8 Los accesorios de alumbrado deberán estar dispuestos de modo que no se produzcan aumentos de temperaturas que puedan deteriorar los cables y se evite el calentamiento excesivo del material circundante.

4.8.9 Los cables deberán sujetarse de modo que se evite el desgaste por fricción y otros deterioros, y no pasaran cerca de superficies calientes, tales como los escapes de motores.

4.8.10 Cada uno de los distintos circuitos deberá ir protegido contra cortocircuitos y sobrecargas, de un modo que la autoridad competente juzgue satisfactorio. Los circuitos y motores del aparato de gobierno principal eléctrico o electrohidráulico sólo estarán protegidos contra cortocircuitos, pero cuando haya protección contra el exceso de corriente, servirá al menos para el doble de la corriente de plena carga del motor o circuito protegido.

4.8.11 La capacidad de corriente de cada circuito deberá estar indicada en forma permanente, así como el régimen nominal o regulación del dispositivo adecuado de protección contra sobrecarga.

4.8.12 Las baterías de acumuladores deberán ir emplazadas en depósitos adecuados, usando materiales resistentes al ácido. Cuando tales acumuladores emitan gases peligrosos, no serán instalados en los alojamientos de la tripulación.

Los compartimientos que se usen principalmente para su almacenamiento serán de buena construcción y tendrán una ventilación adecuada.

4.8.13 Cuando exista la posibilidad de un riesgo de explosión en un espacio cualquiera o cerca de ese espacio, todo el equipo eléctrico y los accesorios correspondientes instalados en él deberán ser de tipo antideflagrante, o bien intrínsecamente seguros, a juicio satisfactorio de la autoridad competente.

4.8.14 Los sistemas de cables y el equipo eléctrico deberán ir instalados de modo que se evite o se reduzca la interferencia con la operación de la radio.

4.9 Plantas Frigoríficas y Cámaras Frigoríficas*

* Consultar la orientación que figura en el párrafo 5.7 de la Parte B del Código de seguridad para pescadores y buques pesqueros

4.9.1 Las plantas frigoríficas y las cámaras frigoríficas, cuando haya, serán de diseño y construcción adecuados para el servicio proyectado, y serán instaladas y protegidas de manera de reducir a un mínimo los peligros para la tripulación. 40

4.9.2 los refrigerantes a utilizar no deben representar un peligro para la salud de la tripulación, ni para los consumidores del producto final, en este caso pescado así como para el medio ambiente**.**

4.10 Compresores de Aire

4.10.1 Las tomas de aire para los compresores deberán ubicarse de modo que el aire sea lo más puro y limpio posible y esté exento de gases o emanaciones inflamables o tóxicos. Deberán instalarse filtros de aire. Deberán aislarse los tubos de descarga del aire de los compresores cuando sea necesario para proteger de quemaduras al personal.

Capitulo 5: Prevención, Detección y Extinción de Incendios y Equipo Contra Incendios

5.1 Generalidades

5.1.1 Todo buque deberá ser construido, modificado y equipado de tal manera que no exista un riesgo importante de incendio para el buque y el personal a bordo. Los medios de protección estructural contraincendios provistos deberán ser capaces de impedir el paso de las llamas durante media hora por lo menos, a menos que la autoridad competente esté convencida de que se han provisto otros medios alternativos adecuados.

5.2 Protección Estructural Contra Incendios - Buques cuyos Cascos están Construidos con Material Incombustible

5.2.1 Las cubiertas y los mamparos que separen entre sí los espacios de máquinas con los puestos de control, y a éstos de los espacios de alojamiento y de servicio, deberán construirse de modo que resistan el ensayo estándar de exposición al fuego Clase "B". Preferentemente también, los mamparos límite del espacio de máquinas deberán impedir el paso del humo. Las puertas y otras aberturas de tales mamparos y cubiertas deberán construirse de manera que brinden una resistencia a los incendios equivalente a la protección que entrega la estructura circundante.

5.2.2 Los mamparos de los pasillos utilizados para los espacios de alojamiento y los de servicio, o para los puestos de control, deberán extenderse de cubierta a cubierta y, juntamente con las cubiertas, se construirán de modo que resistan el ensayo estándar de exposición al fuego de media hora destinado los tipo de la Clase "B". Las puertas y otras aberturas de tales mamparos y cubiertas deberán construirse de manera que brinden una resistencia a los incendios equivalente a la protección que entrega la estructura circundante.

5.2.3 Las escaleras interiores utilizadas para los espacios de máquinas, los espacios de alojamiento y los de servicio, o para los puestos de control, deberán ser de acero o de otro material equivalente.

5.2.4 La cantidad de aberturas practicadas en los mamparos y cubiertas a que se refieren los párrafos 5.2.1 y 5.2.2 deberá ser la mínima razonablemente posible.

5.2.5 Los revestimientos de la cubierta principal dentro de los espacios de alojamiento, espacios de servicio y puestos de control deberán ser de un material aprobado por la Capitanía de Puerto de Puerto Sucre y, cuyo punto de inflamación garantizará que no sea propenso a inflamarse con facilidad.

5.2.6 El aislamiento usado en el interior de los compartimientos refrigerados y de las bodegas de pescado deberá ser incombustible, a menos que las superficies expuestas de los mismos estén protegidas con un revestimiento bien ajustado.

5.2.7 Las pinturas, los barnices y otros productos de acabado utilizados en superficies interiores descubiertas deberán ser de un tipo que ofrezca leve propagación de las llamas, es decir, que restrinja la propagación de las llamas sobre tales superficies.

5.2.8 Las pinturas, los barnices y otros productos de acabado utilizados en superficies interiores descubiertas deberán ser de un tipo que no produzca cantidades excesivas de humo o de vapores o gases tóxicos.

5.3 Protección Estructural

5.3.1 Las tuberías de conducción de aceite, otros combustibles líquidos, gases o aire comprimido deberán ser de acero o de una construcción y un material que la autoridad estime aceptables, teniendo en cuenta el riesgo de incendio. Las tuberías de conducción de líquidos inflamables a una presión superior a 30 baras se protegerán con una pantalla cuando líquidos provenientes de un aumento repentino de presión o de fugas puedan tocar una superficie caliente o su aislamiento.

5.3.2 En la construcción de imbornales de banda, descargas de aguas sucias y otros orificios para conexiones en el casco - si éstos se encuentran situados en espacios de máquinas o en cualquier otro punto por debajo de la cubierta de servicio - no se emplearán materiales que sean inutilizados fácilmente por el calor.

5.3.3 Cuando se instalen lumbreras en los espacios de la máquina de propulsión principal y de la maquinaria auxiliar de combustión interna, éstas se accionarán desde el exterior del espacio en cuestión. Se procurará evitar que en estas lumbreras y en los guardacalores de tales espacios se instalen ventanas, pero cuando se hayan instalado, deberán ser del tipo de cristal fijo, reforzado con alambre, e irán provistas de tapas de acero adecuadas fijadas por la parte exterior.

5.3.4 Los materiales aislantes de los espacios de alojamiento, y los de servicio, puestos de control y espacios de máquinas deberán ser incombustibles. La superficie aislante del interior del espacio de máquinas donde puedan producirse derrames de petróleo o emanaciones de vapores de petróleo, será impenetrable a tales derrames y vapores.

5.4 Sistemas de Ventilación

5.4.1 Deberá ser posible detener los ventiladores y cerrar las aberturas principales de los sistemas de ventilación desde fuera de los espacios a los que están asignados.

5.4.2 Se puedan practicar aberturas de ventilación en la parte inferior de las puertas de los mamparos de pasillos, pero no se podrán practicar en puertas en mamparos de los troncos de escalera. Las rejillas de ventilación deberán ser de material incombustible. El área neta total de cualquier abertura no deberá ser superior a 0,05 mts2.

5.4.3 Los conductos de ventilación de los espacios de máquinas principales no deberán en general atravesar espacios de alojamiento o de servicio ni puestos de

control, a menos que los conductos sean de acero y estén dispuestos de modo que se mantenga la integridad de la división.

5.4.4 Los conductos de ventilación de los espacios de alojamiento o de servicio y puestos de control no deberán en general atravesar espacios de maquinaria principal, a menos que los conductos sean de acero y estén dispuestos de modo que se mantenga la integridad de la división.

5.4.5 En los pañoles que contengan cantidades considerables de productos muy inflamables se instalarán dispositivos de ventilación que sean independientes de los demás sistemas de ventilación. La ventilación deberá habilitarse en la parte alta y en la parte baja del espacio. Los orificios de admisión y salida de los ventiladores deberán estar dotados de parachispas y estarán situados en zonas que no encierren riesgos.

5.4.6 Los sistemas de ventilación de los espacios de máquinas deberán ser independientes de los provistos para otros espacios.

5.5 Medios de Evacuación

5.5.1 Las escaleras, escalas y pasillos utilizados para los espacios de la tripulación y para otros espacios a los cuales la tripulación tenga acceso normalmente, estarán dispuestos de modo que constituyan medios fáciles de evacuación hasta una cubierta o varias cubiertas desde las cuales se pueda efectuar el embarco en las embarcaciones de supervivencia.

5.5.2 Cuando sea razonable y factible, y teniendo presente el número de tripulantes y el tamaño del espacio, se proveerán por lo menos dos medios de evacuación, uno de los cuales puede ser el medio de acceso normal, tan separados entre sí como sea posible, desde cada sección de espacios de alojamiento o de servicio. El medio de acceso normal a los espacios de alojamiento y espacios de servicio situados debajo de la cubierta expuesta deberán estar dispuestos de modo que sea posible alcanzar esa cubierta sin atravesar espacios intermedios que contengan una posible causa de incendio. Como medios de evacuación secundarios podrá haber portillos o

escotillas de dimensiones adecuadas y que preferiblemente den acceso directo a la cubierta expuesta.

5.6 Sistemas Automáticos de Detección de Incendios y de Alarma

5.6.1 En los espacios de máquinas y de alojamiento y en cocinas y otros espacios en los que haya un alto riesgo de incendio, se deberá instalar un sistema automático de detección de incendios y un sistema de alarma audiovisual que indique la presencia y el lugar del incendio.

5.6.2 Cuando existan espacios en los cuales el peligro de incendio este referido a la rápida propagación de las llamas, se aplicará lo estipulado en el sección **5.6.1**

5.7 Bombas Contra Incendios

5.7.1 Todo buque estará equipado al menos con una bomba contraincendios.

5.7.2 Las bombas de servicios generales y cualesquiera otras podrán ser utilizadas como bombas contraincendios, si su empleo no afecta a la capacidad necesaria para efectuar el achique de las sentinas. Las bombas contraincendios irán conectadas de manera que no puedan utilizarse para bombear combustible ni otros líquidos inflamables.

5.7.3 En el caso de cualquier bomba de emergencia contraincendios, cuando se haya instalado alguna, la bomba en sí, las válvulas de aspiración de agua de mar y las demás válvulas necesarias se podrán accionar desde fuera de los compartimientos que contengan las bombas principales contraincendios, en un lugar que no corra el riesgo de quedar aislada por un incendio en dicho compartimiento.

5.8 Sistemas Fijos de Extinción de Incendios en Espacios de Máquinas

5.8.1 En los buques con casco de materiales combustibles, tales como madera, plástico reforzado con fibra de vidrio o de materiales con punto de fusión bajo, tales

como aleaciones de aluminio, los espacios de máquinas donde estén situadas las calderas alimentadas con combustible líquido o instalaciones de combustible líquido o máquinas de propulsión de combustión interna estarán dotados al menos con uno de los siguientes sistemas fijos extintores de incendios, a juicio satisfactorio de la autoridad competente:

i Una instalación aspersora de agua a presión.

ii Una instalación extintora por gas inerte.

iii Una instalación extintora que utilice vapores procedentes de la vaporización de líquidos de baja toxicidad como, por ejemplo. bromoclorodifluorometano (BCF) o bromotrifluorometano (BTM).

iii Una instalación extintora que utilice espuma de alta expansión.

5.8.2 El accionamiento de los sistemas fijos extintores de incendios, debe ser a distancia y tener uno de emergencia que se pueda disparar desde fuera.

5.9 Extintores Portátiles de Incendios

5.9.1 Todos los extintores que se utilicen a bordo de los buques pesqueros deberán ser los aprobados por la Capitanía de Puerto de Puerto Sucre.

5.9.2 Se deberá proveer de extintores portátiles aprobados, a juicio satisfactorio de la autoridad competente. Habrá siempre al menos un extintor listo para ser utilizado en cualquier parte de los espacios de alojamiento, espacios de servicio y puestos de control.

5.9.3 Se dispondrá al menos de un extintor de incendios para la cocina y estará ubicado a la entrada, cuando sea posible.

5.9.4 Los espacios que contengan motores de combustión interna deberán estar provistos de al menos dos extintores portátiles de incendios de un tipo adecuado, uno de los cuales estará ubicado cerca de la entrada al espacio o por fuera de la entrada al espacio, en buques con espacio de máquinas sin dotación contra incendios.

5.9.5 En los espacios de alojamiento no deberá permitirse la instalación de extintores de incendios que empleen un agente extintor que por sí mismo o en las condiciones de uso previstas desprendan gases tóxicos o asfixiantes en cantidades peligrosas para el personal.

5.9.6 Los extintores de incendios deberán ser de un tipo aprobado. La capacidad de los extintores portátiles de carga líquida prescritos no deberá exceder de 14 litros ni será inferior a 9 litros. Los extintores de otros tipos serán equivalentes, desde el punto de vista de maniobrabilidad, a los de carga líquida de 14 litros, y no menos eficaces que los de 9 litros. La autoridad competente deberá determinar las equivalencias entre los extintores.

5.9.7 Los extintores de incendios deberán encontrarse siempre en condiciones de funcionamiento y deberán ser examinados periódicamente de la siguiente forma:

a Anualmente por empresas autorizadas por la Capitanía de Puerto de Puerto Sucre.

b Semestralmente por la persona autorizada por la compañía o por el armador.

c Mensualmente por el jefe de máquinas o el designado por la compañía o el armador a bordo.

5.10 Equipo de Lucha Contra Incendios y Limpieza

5.10.1 En todo buque habrá al menos un hacha de bombero y de baldes con piolas.

5.10.2 En los buques equipados con motores de combustión interna se deberán instalar bandejas recolectoras para impedir que el combustible o el aceite lubricante filtre hacia las sentinas. En los buques construidos con madera, concreto armado o plástico reforzado con fibra de vidrio se deberá prestar particular atención a esta disposición.

5.10.3 En los espacios de máquinas se instalarán recipientes para los desechos de combustibles. Estos recipientes serán de acero o de otro material incombustible y llevarán tapas de acero, ajustadas y de cierre automático.

CONCLUSIONES

La presente Propuesta es servirá como futuro código de prácticas de seguridad -de aplicación general- para el diseño, la construcción y la modificación de buques pesqueros de la Capitanía de Puerto de Puerto Sucre, desde una visión integradora, es decir tomar en cuenta los aspectos del diseño construcción y modificación de los bues sin dejar de lado los aspectos ambientales y sociales, procurando integrarlos en el desarrollo del sector construcción naval.

Cabe señalar que algunas partes de la "Propuesta" necesitan ser perfeccionadas. Esto concierne principalmente a los criterios de estabilidad, que actualmente se consideran únicamente tentativos. Teniendo presente que la elaboración de criterios de estabilidad adecuados para cualquier tipo de buque pesquero es un problema muy complejo, que no se ha resuelto del todo ni siquiera para los pesqueros mayores

De la interpretación integradora de las dimensiones de la propuesta, deviene la estrategía de aplicación de la misma, como alternativa viable de transformación cualitativa de la gestión en lo referente a la seguridad de buques de pesca desde una visión integradora, que a través de sus componentes busca impulsar el sector naval nacional, dinamizando los procesos que allí intervienen.

RECOMENDACIONES

Aplicar, con la participación de un equipo de especialistas en el área, un estudio que siga los parámetros establecidos por la OMI, para la evaluación formal de la seguridad. Que sirva para determinar el índice de riesgo de la flota.

Impulsar la aplicación de la presente Propuesta de Prescripciones de Seguridad para el Diseño, Construcción y Modificación de buques pesqueros, desde una visión

integradora, con el fin establecer por primera vez en el Estado una normativa en lo relacionado a la seguridad estructural de los buques pesqueros.

BIBLIOGRAFÍA

Blanco, R. (1996). **Incidencia de las Nuevas Tecnologías en la Seguridad de los Buques**. Tesis doctoral no publicada. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Navales, Madrid-España

Constitución de la Republica Bolivariana de Venezuela (1.999)

Código de Seguridad para Pescadores y Buques Pesqueros (2005). Organización Marítima Internacional- OMI.

Código de Estabilidad sin avería (2002), Organización Marítima Internacional.

Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida Humana en el Mar (SOLAS), (1.997). Organización Marítima Internacional-OMI.

Correa, S, y San Cristóbal, J, (2009) **Índice de Riesgo de la Flota Pesquera**

Española de Litoral y Artesanal. Ponencia presentada en el Congreso Internacional de Ingeniería Naval. Uruguay

Decreto con Rango, Valor y Fuerza de Ley Orgánica de los Espacios Acuáticos. (2008). Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela, 5.890 (Extraordinaria), 31-07-08

Decreto con Rango. Valor y Fuerza de Ley de Pesca y Acuicultura. (2008) Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela, 5.877 (Extraordinario), 14-03-08

Directrices FAO/OIT/OMI/ de Aplicación Territorio Marítimo: Voluntaria

para el proyecto, la construcción y el equipo de buques pesqueros pequeños. (2005) FAO/OIT/OMI

Escuela Técnica Superior de Ingenieros Navales. (2013). [Página web en línea]. Disponible en www.etsin.es

Fernández, F. (1987). **Construcción Naval I. Nomenclatura y Tecnologías Navales**. Madrid – España: ETSIN.

Gafaell, G, (2005). **Algunas Consideraciones Sobre la Estabilidad y Seguridad de los Buques Pesqueros Menores de 24 m de Eslora.** [Revista en línea]. Consultada el 15 de Enero de 2013 en: www.gestenaval.com

Instituto Nacional de los Espacios Acuáticos. (2013). [Página web en línea]. Disponible en www.inea.gob.ve

International Convention for the Prevention of Pollution from Ships – MARPOL 73/78 (2002). Organización Marítima Internacional –OMI-

Ley General de Marina y Actividades Conexas. (2002). Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela, 37.570, Noviembre, 2002.
Ramírez, F. (1.979). **La Estructura del Buque.** Caracas: Ediciones ASOBÍES (Asociación de Bienestar Estudiantil), Universidad Nacional Experimental Politécnica de la Fuerza Armada Nacional (IUPFAN).

Reglamento de la Industria Naval Venezolana. (2005). Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela, 5.758, (Extraordinario), 27-01-05.

Reglas para Buques Pequeros con Eslora Menor a 24m. [Documento en Línea]. Consultado el 5 de Febrero del 2013. http://www.ipen.org.br/downloads/XX/4H/REGLAS.pdf

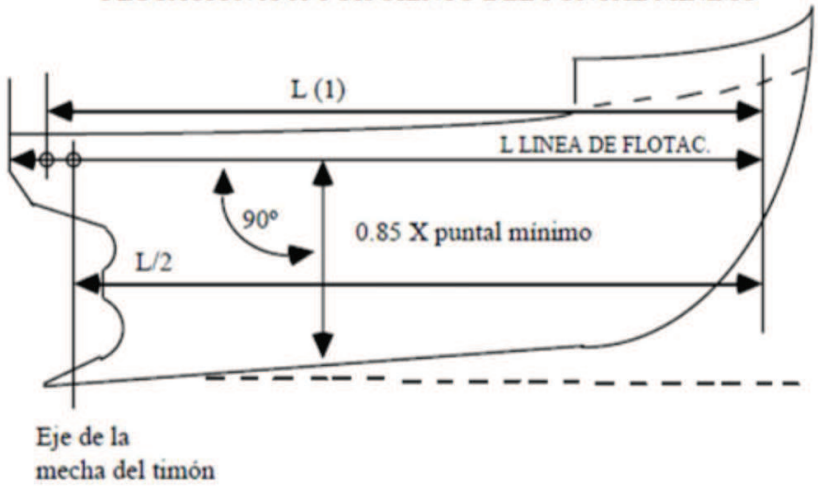
Seguridad Marítima: Código Internacional de Gestión de la Seguridad

Operacional del Buque-código IGS, (2002). Organización Marítima Internacional-OMI.

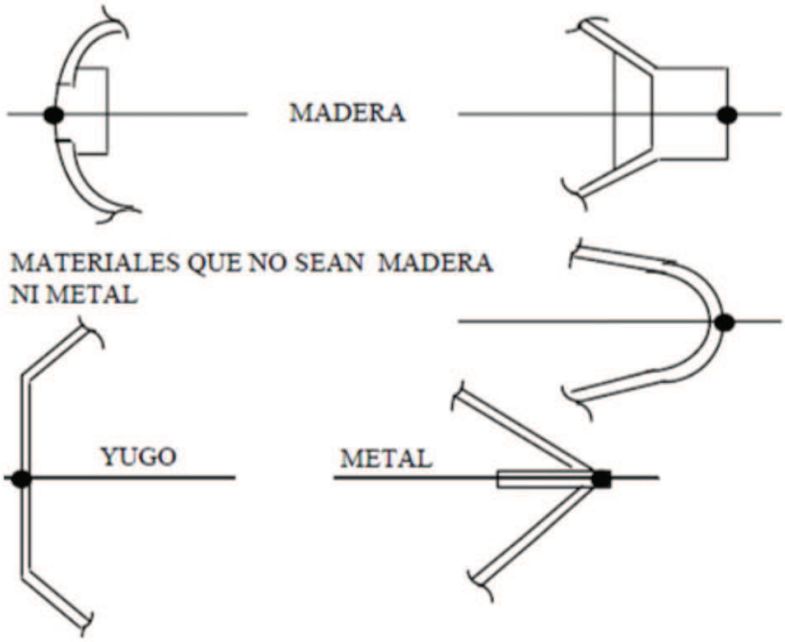
Sulbarán, J (2007) **Guía de Introducción a los Sistemas Navales.** Cumaná Venezuela 51

ANEXO
(Ilustración de Términos de las Definiciones)

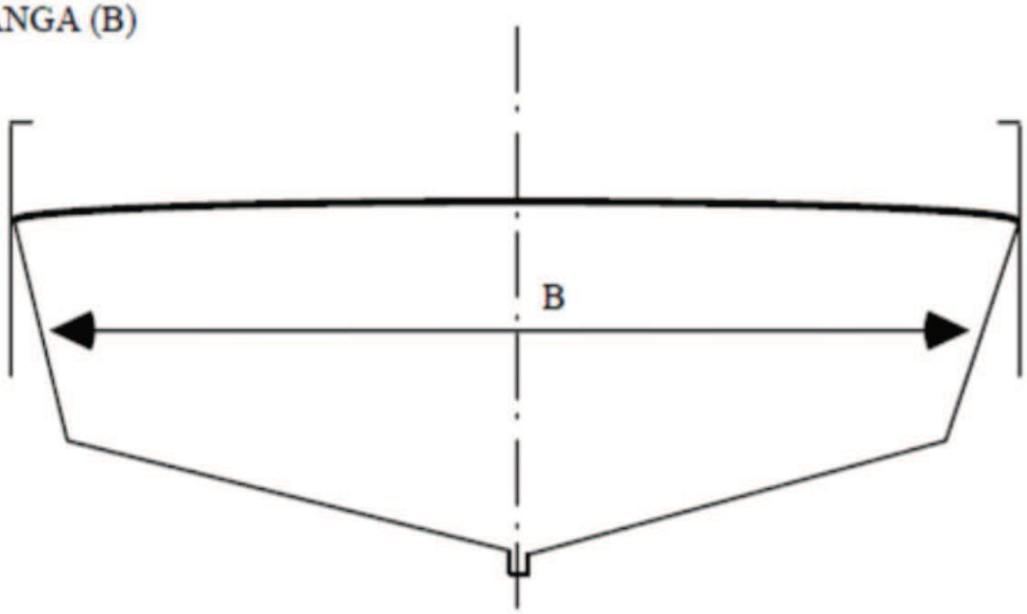
1. LL = 0,96 DE LA ESLORA TOTAL EN UNA LINEA DE FLOTACION A 85 POR CIENTO DEL PUNTAL MINIMO



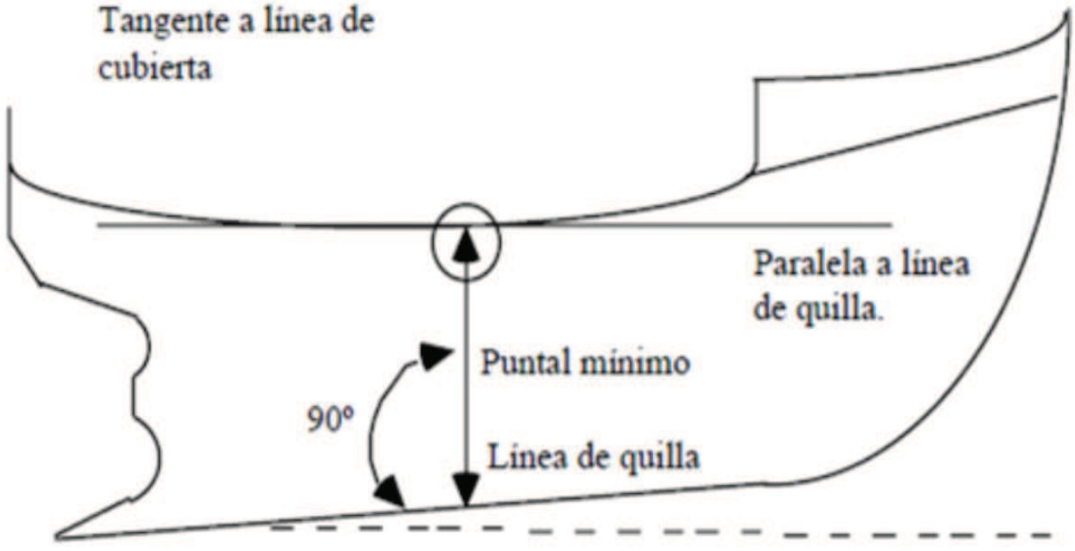
2. L = ESLORA EN UNA LINEA DE FLOTACION A 85 POR CIENTO DEL PUNTAL MINIMO ENTRE LA RODA Y EL EJE DE LA MECHA DEL TIMON

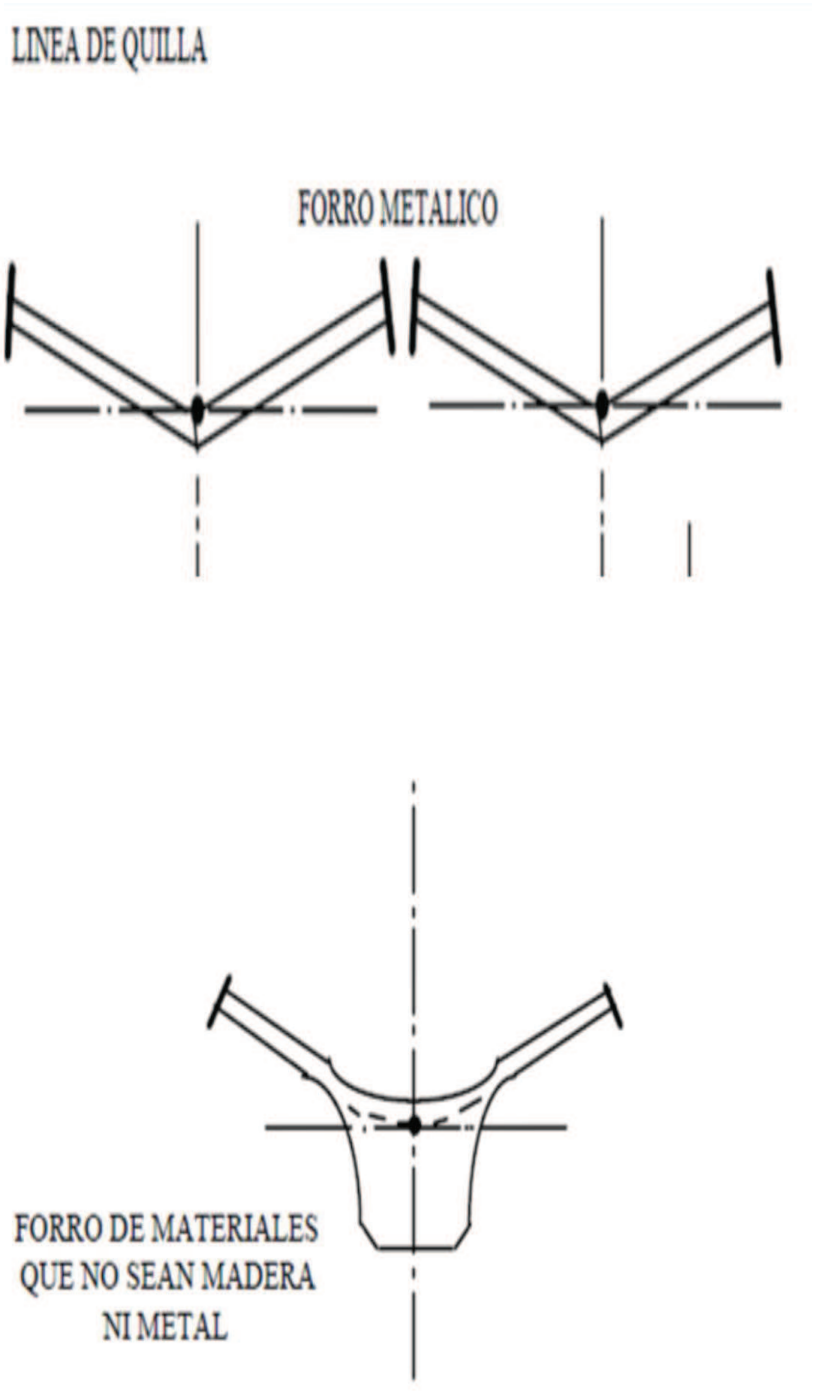


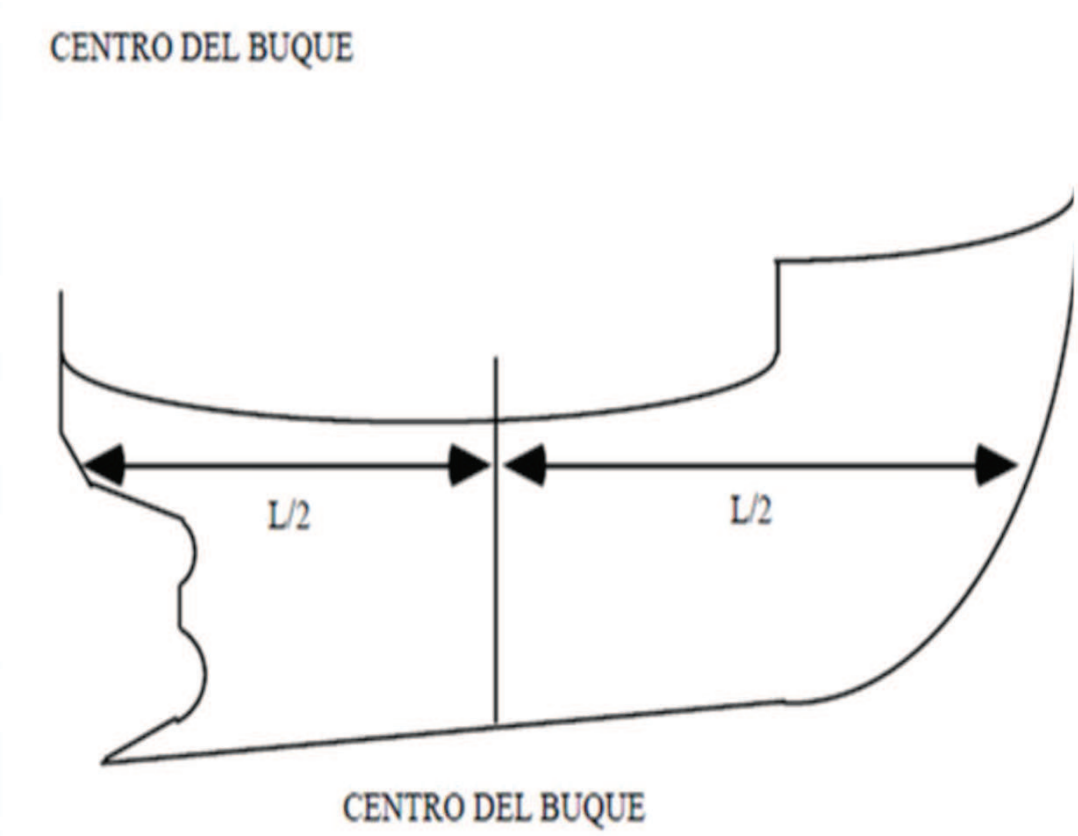
MANGA (B)



PUNTAL MINIMO




LINEA DE QUILLA
FORRO METALICO
FORRO DE MATERIALES
QUE NO SEAN MADERA
NI METAL


CENTRO DEL BUQUE
L/2
L/2
CENTRO DEL BUQUE

CT-6 CIENCIAS NAVALES, INVESTIGACIONES

Ensayos comparativos de resistencia en aguas someras

Bach. Santiago Herrera
Dr. Ing. Jorge Freiria Pereira

Facultad de Ingeniería
CP 11300 Montevideo, Montevideo, Uruguay
Tel: (0598) 2711 3386
email: jfreiria@fing.edu.uy

RESUMEN

La utilización del transporte fluvial como un eslabón fundamental en la cadena de comercio regional se está incrementando, ya sea como un medio autónomo de transporte de mercaderías entre dos puntos o en un esquema multimodal, donde intervienen otros agentes.

En este marco, el desarrollo de la ingeniería y la investigación se ven impulsados ante la demanda de nuevas construcciones. Seguridad en el transporte, maniobrabilidad e hidrodinámica en aguas someras son algunos de los aspectos que involucran a este sector.

Se realizaron ensayos en el Laboratorio de Hidrodinámica simulando condiciones de navegación en aguas profundas y someras. En ambos casos la metodología utilizada para la evaluación de la resistencia al avance fue la desarrollada por William Froude, tomando como hipótesis la división de la resistencia total en dos resistencias independientes, la residual y la viscosa.

La comparación de resultados entre ambos experimentos permite mostrar la incidencia del efecto de la profundidad de la zona de navegación sobre la resistencia al avance y en consecuencia sobre el consumo de combustible para condiciones equivalentes.

COMPARATIVE SHALLOW WATER SHIP DRAG DATA

ABSTRACT

Increasing fluvial transportation of goods in an intermodal scenario start demanding investigation to improve all security, maneuvering and hydrodynamic features.

In this way a brief comparative research was conducted to asses increase in resistance when running configuration changes from deep to shallow water.

Tests were drive on the towing tank for the rated deep water tests, meanwhile a new flume tank was used to test same model in shallow water basis.

INTRODUCCIÓN

La utilización de barcazas como medio de transporte fluvial se está incrementando como un eslabón fundamental en la cadena de comercio regional, ya sea como un medio autónomo de transporte de mercaderías entre dos puntos o en un esquema multimodal, donde intervienen otros agentes.

En este marco, el desarrollo de la ingeniería y la investigación se ven impulsados ante la demanda de nuevas construcciones. Seguridad en el transporte, maniobrabilidad e hidrodinámica en aguas someras son algunos de los aspectos que involucran a este sector.

Otro de los aspectos a estudiar es la potencia necesaria para mover las barcazas, ya sea en forma individual o en la configuración de un tren con varias unidades, herramienta que puede facilitar al armador la toma de decisiones.

Los laboratorios por lo general disponen de facilidades para el ensayo de modelos en condiciones de profundidades que pueden ser consideradas ilimitadas, donde el

fondo no participa en los aspectos hidrodinámicos que tienen que ver con los patrones de las olas u otros fenómenos de bloqueo.

En ese sentido, y contando recientemente con una nueva facilidad en el laboratorio hidrodinámico, un canal de circulación de agua que permite el ajuste del tirante, resultó de interés estudiar la capacidad del mismo para el ensayo de modelos de cascos en condiciones de flujo en aguas restringidas o aguas someras.

Los ensayos se realizaron en el Canal de Pruebas Navales y Marítimos y en el Canal de Circulación. La metodología utilizada para la evaluación de la resistencia al avance fue la desarrollada por William Froude a fines del siglo XIX, la cual se basa en el análisis dimensional y que toma como hipótesis la división de la resistencia total en dos resistencias independientes, la residual y la viscosa.

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

El fenómeno denominado squat o surenforcement no tiene una traducción literal al español aunque se ha sugerido la expresión sobrecalado dado que el fenómeno implica una distorsión en el régimen de navegación debido a profundidades limitadas que se traduce en hundimientos y asientos excesivos.

Estos hundimientos y asientos pueden generar desde problemas de vibraciones hasta el propio encallamiento de la embarcación en caso de cursos de muy escasa profundidad.

Se puede establecer que los estudios de comportamiento de barcazas en canales estrechos desarrollados por Scott Russell en 1835 y el desarrollo de la teoría de olas en aguas someras de George Airy hacia 1845 son los precursores del avance de esta disciplina.

Básicamente, la explicación del fenómeno puede encontrarse en la aplicación del la ley de Bernoulli. A medidad que disminuye la profundidad de la zona de navegación,

el espacio confinado entre el fondo del casco y el fondo del canal se produce lo que puede identificarse como un estrangulamiento de la sección de flujo.

Este estrangulamiento genera un aumento de la velocidad local del fluido, a la vez que se produce una caída de presión. Esta depresión es la causante de una fuerza adicional al peso, y hace que se genere un hundimiento adicional.

Este hundimiento, acompañado de cambios en el asiento, están directamente vinvulados a la geometría del casco, el perfil de la zona de navegación y la velocidad de tránsito.

El aumento en el calado significa una mayor superficie mojada, y por lo tanto el fenómeno está vinculado con un aumento de la resistencia al avance, razón por la cual se hace necesario su estudio en función de la determinación previa de resistencia y cálculo de potencias y consumos.

La teoría distingue tres zona de comportamiento de acuerdo al valor del Número de Froude referido a la profundidad:

$$Fr_H = \frac{v}{\sqrt{g.H}} \qquad [1]$$

En relación con este número, el flujo se denomina subcrítico $Fr_H < 1$, crítico, cuando $Fr_H = 1$, y supercrítico.

METODOLOGÍA

Los ensayos se realizaron en el Canal de Pruebas Navales y Marítimos (CPNyM) en el caso de la modelación de profundidad ilimitada (deep water test) y un tanque de circulación de agua de reciente construcción (shallow water test).

Este último fue originalmente diseñado para modelación de fenomenos hidrológicos. Consiste en un cuenco cuya manga es de 1.50 m, con una extensión de 30.0 m a partir de la sección de ingreso de agua.

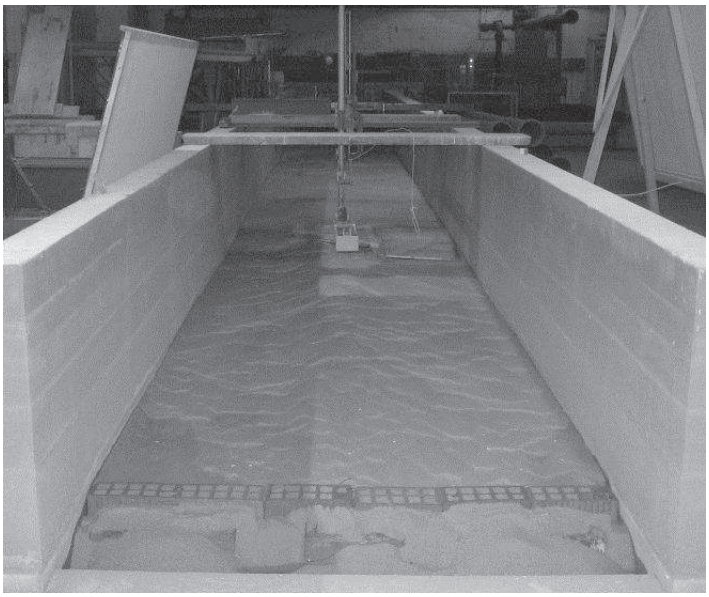


Fig. 1 - Vista del Canal de Circulación desde la cabecera de descarga

El agua es impulsada por una bomba centrífuga e ingresada a través de un sistema que permite disipar los fenómenos turbulentos. En el extremo opuesto la descarga se realiza a un reservóreo que cierra el circuito del sistema.

El tirante se regula mediante la acción combinada del ajuste del caudal de entrada y el caudal de salida.

A diferencia de los ensayos en el Canal de Pruebas, donde la velocidad del carro dinamométrico es ajustada con mucha precisión, el doble ajuste del caudal a través de la válvula de entrada y del tirante a través de la válvula de descarga permite sólo una aproximación a las velocidades de flujo predefinidas.

Esta circunstancia obligó a realizar una corrección de los valores de resistencia, tomando como hipótesis que su valor es proporcional al cuadrado de la velocidad cuando se trabaja en un entorno limitado.

La metodología utilizada para la evaluación de la resistencia al avance corresponde a la desarrollada por William Froude, la cual se basa en el análisis dimensional y que toma como hipótesis la división de la resistencia total en dos resistencias independientes, la residual y la viscosa.

El modelo a escala se construyó a partir de las dimensiones de una barcaza tipo con las siguientes dimensiones principales:

Eslora L_P	60.0 m
Manga B_P	8.34 m
Puntal D_P	5.70 m

La escala de longitudes utilizada para la modelación fue de 1/60, por lo tanto se ensayaron modelos de las siguientes dimensiones:

Eslora L_M	1000 mm
Manga B_M	139 mm
Puntal D_M	95 mm

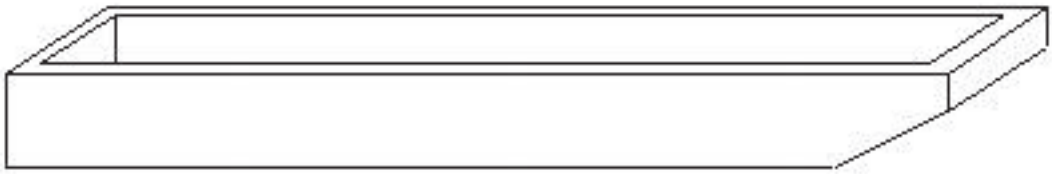


Fig. 2 - Modelo de barcaza ensayada

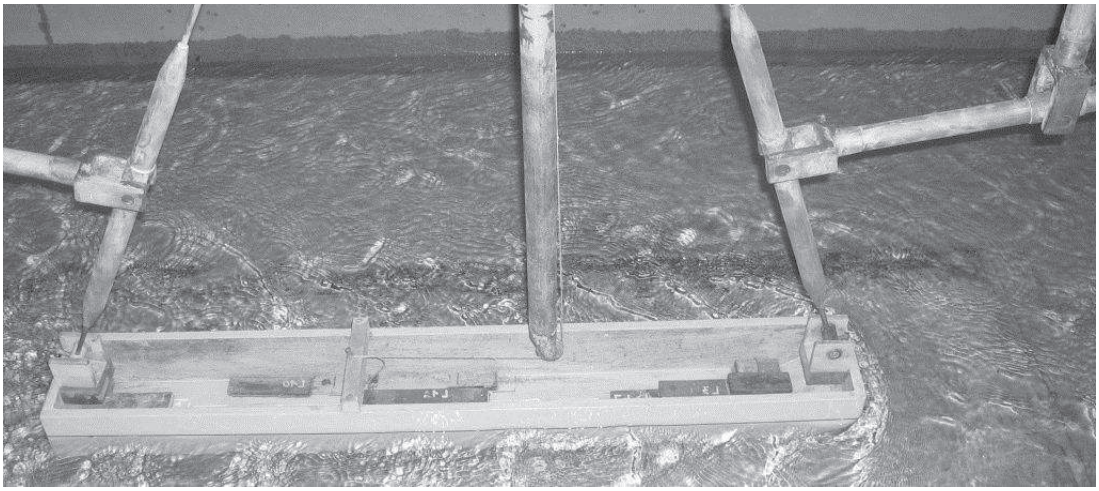


Fig. 3 - Modelo de barcaza durante los ensayos

Se consideró una condición de carga del prototipo tal que su desplazamiento fuese aproximadamente 1750 t, lo que supone un calado de 3.48 m, obteniendo por tanto un calado para los modelos de 58 mm, manteniéndose un asiento y escora nulos.

RESULTADO DE ENSAYOS

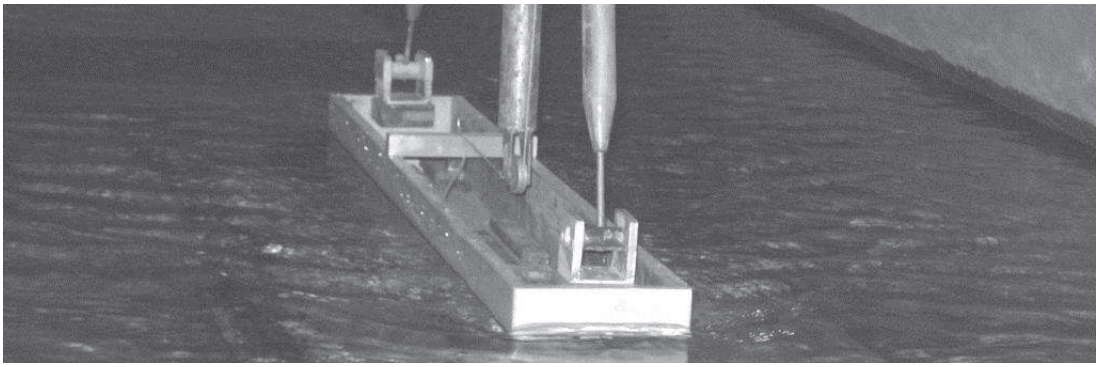


Fig. 4 - Modelo durante los ensayos / patrón de ola

1.1. ENSAYOS EN CANAL DE PRUEBAS - AGUAS PROFUNDAS

Tabla 1 - Resistencia de modelo para aguas profundas

VELOCIDAD MODELO (M/S)	RES TOT $_{Mod}$ (GR)	CT $_{MOD}$	Re $_{MOD}$	CF $_{MOD}$	CW
0.200	17.1	0.032381	1.8E+05	0.00706	0.02533
0.300	25.2	0.021216	2.7E+05	0.00635	0.01486
0.400	37.4	0.017710	3.6E+05	0.00591	0.01180
0.500	53.5	0.016185	4.6E+05	0.00560	0.01058

Tabla 2 - Resistencia de prototipo para aguas profundas

VELOCIDAD PROTOTIPO (M/S)	VELOCIDAD (NUDOS)	Re $_{PROT}$	CF $_{PROT}$	CT $_{PROT}$	RES TOT $_{Prot}$ (N)
1.54919	3.010	7.8E+07	0.00216	0.02748	31588.0
2.32379	4.517	1.2E+08	0.00204	0.01690	43702.4
3.09839	6.023	1.6E+08	0.00195	0.01375	63217.7
3.87298	7.529	2.0E+08	0.00189	0.01248	89611.0

ENSAYOS EN CANAL DE CIRCULACIÓN - TIRANTE 160 MM

Tabla 3 - Resistencia de modelo para tirante 160 mm

VELOCIDAD MODELO (M/S)	RES TOT $_{Mod}$ (GR)	CT $_{MOD}$	Re $_{MOD}$	CF $_{MOD}$	CW
0.216	13.5	0.021829	2.0E+05	0.00691	0.01492
0.380	42.4	0.022187	3.5E+05	0.00599	0.01620
0.464	58.4	0.020577	4.2E+05	0.00571	0.01487

Tabla 4 - Resistencia de prototipo para profundidad 9.6 m

VELOCIDAD PROTOTIPO (M/S)	VELOCIDAD (NUDOS)	Re_{PROT}	CF_{PROT}	CT_{PROT}	$RES\ TOT_{Prot}$ (N)
1.672	3.252	8.5E+07	0.00213	0.01705	22851.2
2.946	5.726	1.5E+08	0.00197	0.01817	75489.9
3.591	6.982	1.8E+08	0.00191	0.01679	103674.2

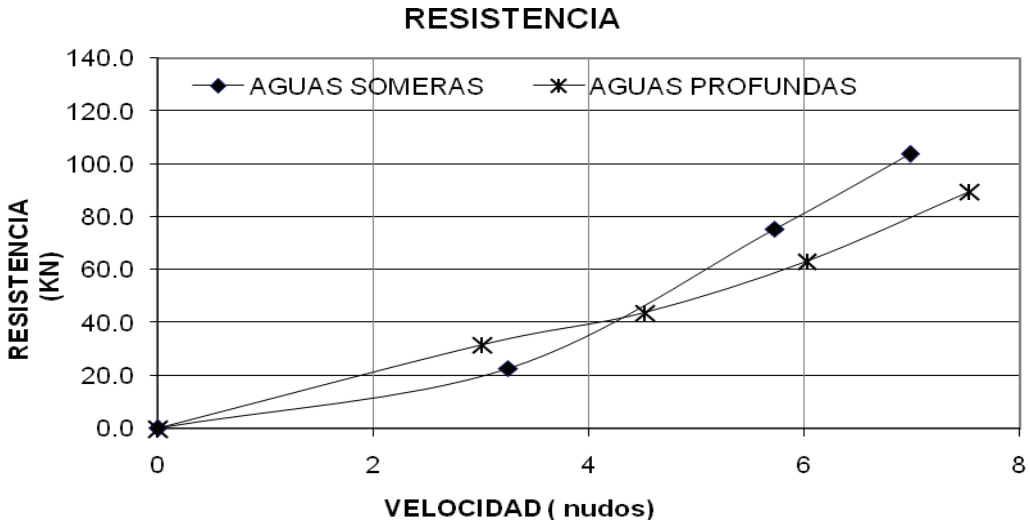


Fig. 5 - Comparativo resistencia aguas profundas / profundidad 9.6 m

1.2. ENSAYOS EN CANAL DE CIRCULACIÓN - TIRANTE 110 MM

Tabla 5 - Resistencia de modelo para tirante 110 mm

VELOCIDAD MODELO (M/S)	$RES\ TOT_{Mod}$ (GR)	CT_{MOD}	Re_{MOD}	CF_{MOD}	CW
0.219	15.2	0.024104	2.0E+05	0.00689	0.01721
0.375	41.4	0.022296	3.4E+05	0.00601	0.01629
0.452	56.7	0.021051	4.1E+05	0.00574	0.01531

Tabla 6 - Resistencia de prototipo para profundidad 6.6 m

VELOCIDAD PROTOTIPO (M/S)	VELOCIDAD (NUDOS)	Re_{PROT}	CF_{PROT}	CT_{PROT}	$RES\ TOT_{Prot}$ (N)
1.693	3.292	8.6E+07	0.00213	0.01934	26567.9
2.904	5.646	1.5E+08	0.00197	0.01826	73760.3
3.497	6.799	1.8E+08	0.00192	0.01723	100926.3

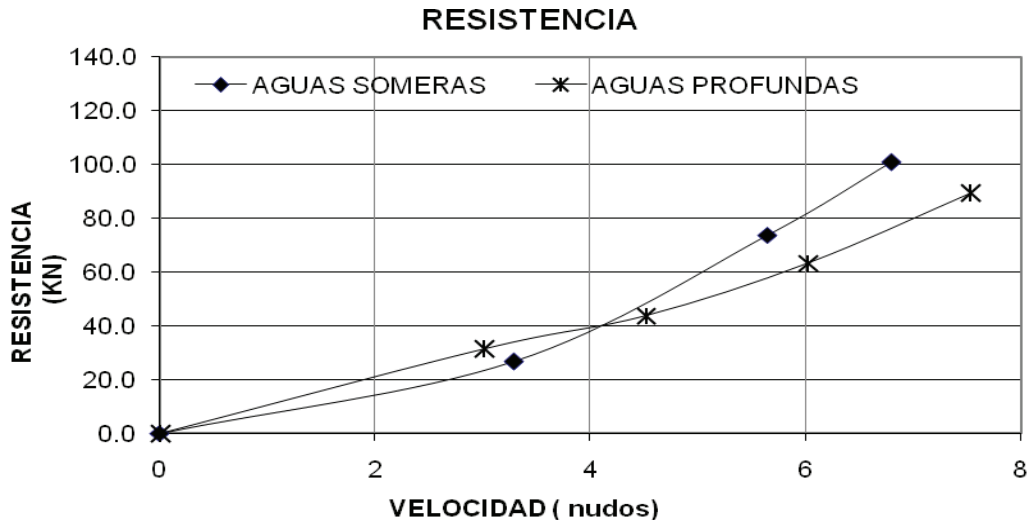


Fig. 6 - Comparativo resistencia aguas profundas / profundidad 6.6 m

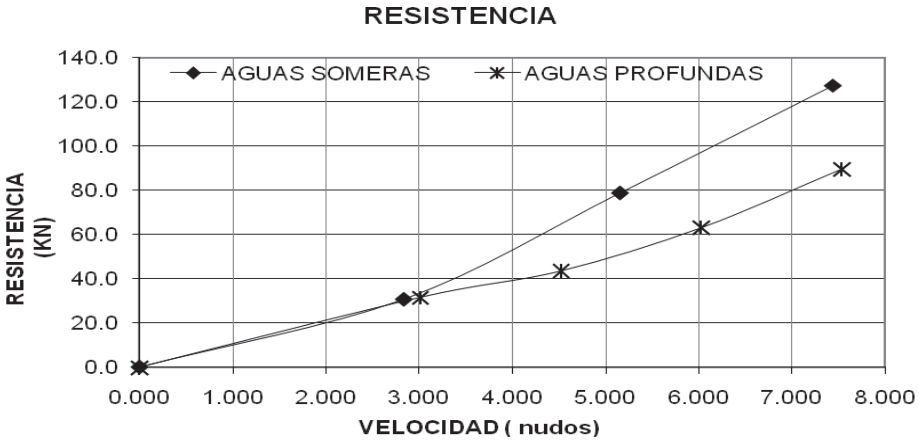
1.3. ENSAYOS EN CANAL DE CIRCULACIÓN - TIRANTE 80 MM

Tabla 7 - Resistencia de modelo para tirante 80 mm

VELOCIDAD MODELO (M/S)	RES TOT $_{Mod}$ (GR)	CT $_{MOD}$	Re $_{MOD}$	CF $_{MOD}$	CW
0.188	16.5	0.035200	1.7E+05	0.00717	0.02803
0.343	42.6	0.027502	3.1E+05	0.00614	0.02136
0.494	70.6	0.021891	4.5E+05	0.00562	0.01627

Tabla 8 - Resistencia de prototipo para profundidad 6.6 m

VELOCIDAD PROTOTIPO (M/S)	VELOCIDAD (NUDOS)	Re $_{PROT}$	CF $_{PROT}$	CT $_{PROT}$	RES TOT $_{Prot}$ (N)
1.459	2.836	7.4E+07	0.00218	0.03021	30786.0
2.653	5.157	1.3E+08	0.00200	0.02336	78721.5
3.826	7.438	1.9E+08	0.00190	0.01817	127373.7



CONCLUSIONES

Los ensayos en el Tanque de Circulación muestran claramente la diferencia de comportamiento del modelo en relación con los ensayos realizados en el Canal de Pruebas.

A medida que el tirante disminuye y se produce el aumento en la velocidad, se comienzan a observar aumentos en los valores de resistencia.

En los dos primeros casos, el valor crítico de la resistencia para aguas someras comienza a variar sensiblemente a partir de velocidades del prototipo entre 4 y 5 nudos, con tasas de aumento cercanas al 25 al 30 % para velocidades en el orden de los 8.0 nudos.

En el último caso, la variación se produce para velocidades menores del prototipo, en el entorno a los 3.0 nudos, con un aumento superior al 35 % para velocidades en el entorno de los 8.0 nudos.

Existe un fenómeno que debe ser considerado y evitado en el futuro, en relación con las componentes de velocidad del fluido en la zona de medición. El sistema de linealización de flujo y eliminación de vórtices y componentes transversales no es completamente eficiente y debe ser mejorado para obtener resultados con menor dispersión.

Las mejoras progresivas en la implementación de procedimientos y en la propia instalación seguramente tendrá como consecuencia una superior calidad y ajuste de los resultados comparativos, aunque los actuales muestran con claridad la tendencia en el sentido del aumento sustantivo en la resistencia al avance.

BIBLIOGRAFÍA

Geisemblosen, D.; Freiria, J.; **Ensayos comparativos de resistencia entre distintas configuraciones de trenes de barcazas**; Primer Simposio Panamericano de Construcción de Barcazas e Hidrovías, SYMBARGE 08, Montevideo, Uruguay, 2008

Herreros, M. A.; Zamora, R.; Pérez Rojas, L**.; El fenómeno squat en áreas de profundidad variable y limitada**; II Congreso Internacional de Ingeniería Oceánica, Valdivia, Chile, 2000

Herreros, M. A.; Souto, A.; La influencia de los fenómenos "wake wash" y ""squat" en el diseño de buques rápidos: límites aceptables y métodos de predicción; Revista Ingeniería Naval, ISSN 0020-1073 v69 pp. 105-114, 2001

Latorre, R.; Warinner Ch.; **The Resistance of a 5 x 3 Barge Tow Moving in Shallow Water**; Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engieneering, Vol. 112 , pp. 531-535, 1986

Lyakhovitsky, A.; **Shallow water and Supercritical Ships**; Backbone Publishing Co., ISBN 978-097420109-5-5, 2007

Vallejos, C.; **Resistencia al avance de una serie sistemática de barcazas**; Tesis de Grado, UACH, 1991

Study of different types of materials for use in passenger vessels for the Amazon Region

Hito Braga de Moraes[1], Philip Alan Wilson[2]

[1] Federal University of Pará, Brazil, hito@ufpa.br

[2] University of Southampton, United Kingdom, philip.wilson@soton.ac.uk

ABSTRACT

Passenger vessels in the Amazon have given a great contribution to the movement of people and to the regional economy. However this type of transport is used by low-income persons and vessels are usually made of wood. However, the use of wood as a building material has proved to be increasingly scarce and expensive.

A possible wood substitute is for example steel, but its use leads to increase price of hull construction as steel is more expensive and to increase weight of the hull, that in turn requires higher engine power and loss of loading capacity, which moreover directly contribute to increase cost of transport. This work, studies different materials for for shipbuilding in the Amazon region, which seeks to assess different materials to use in building ships for the Amazon with a focus on passenger transport.

This work studied different types of materials in order to identify the material that has better physical condition and cost for replacement of wood as a building material for passenger vessels. Five types of materials were studied: wood, steel, aluminium, fibreglass with Kevlar and fibreglass.

Different materials were analysed using mathematical models for preliminary design with the objective to understand and compare the fixed and operational costs for the same vessel. Discussion supported by graphs gives indications to identify materials that have higher chances of success in replacing wood as building material for the river passenger ships in the Amazon region.

The life cycle approach was used to evaluate the costs (fixed and operating) of a vessel built with different materials throughout its lifetime.

Keywords: new materials, river ships, Amazon region, initial costs

1 – INTRODUCTION

Passenger transport in the Amazon region has mostly based on wooden ships. Wood is used being the most abundant material in the region and since it allows for easy maintenance and replacement of hulls.
However, this type of construction has been suffering questions about their safety and future, once the timber is becoming increasingly scarce and more expensive. With the growing demand for water transportation of passengers in the Amazon region it has become necessary to search for new materials and construction techniques to make the transport of passengers more efficient, safe and soustenible according to the socio-economic profile of the passengers

2 – TYPES OF MATERIALS CURRENTLY USED IN SHIPBUILDING IN THE AMAZON REGION

As not all trees give wood usable in shipbuilding, this study only refers to analyse essences whose qualities make them especially recommended. The following list, referring to wood available in the Amazon region and commonly used in Shipbuilding, gives some of the main properties of the different types of wood.

Piquiá – Wood of high quality, compact, heavy and not easily decomposed by action of environment. Being a great rosource for building the hull of vessels, it is widely used for the large parts of boats. The Piquiá is the preferred wood for the hulls of boats.

Andiroba – – moderately resistant. Usage: marine stakes, bridges and vessels (keel, deck plating, caverns). It works very well immersed in freshwater environment.

Texture ranging from fine to medium, possibly presents itself wavy. It is easy to laminate and with a slight tendency to crack with nails.

Angelim – Used in shipbuilding for deck boards, caverns, etc. Hard wood light reddish colour, fibrous aspect, coarse texture. Presents itself as very resistant to fungi and termites.

Ipê – highly resistant to fungi and termites. Usage: construction and shipbuilding, sleepers, luxury furniture, flooring, musical instruments, doors, window frames, etc.. Generally uniform, with greenish reflections, surface moderately smooth to the touch, fine to medium texture. The wood is heavy and hard, with high mechanical strength and low volumetric shrinkage. It is resistant to insect attack and rot.

Maçaranduba – Resistant to attack by fungi and subterranean termites and stands up well to moisture. For plumbing jobs, decorative objects, tool handles, furniture, farm implements, musical instruments, flooring, turnery, sleepers, construction and shipbuilding, docks for boats. It has a good texture which is fine and uniform, with a medium brightness. The wood is very heavy with a high volumetric shrinkage and mechanical strength of medium to high. It has high durability and natural tendency to crack if nailed or screwed without prior drilling.

Pau-amarelo – Wood with a very good resistance to attack by fungi, termites and dry-wood insects. Usage: tool handles, doors, lumber, furniture, sleepers, turnery objects, shipbuilding, flooring, bridges

Pau-d'arco – use: sleepers, posts, bridges, immersed works, heavy structures, pillars, framework, roof structures, floorboards, stairs, keels, deck, truck body, tool handles, household items.

Sucupira - The timber is moderately difficult to work, shows good performance compared to cutting by saw, but difficult to flattening, has high capacity retention screws and accepts varnish or polish, provided it is first applied to a substance filling

the pores of the wood . Has use for sleepers, flooring, joinery and furniture, heavy construction, bridges and marine constructions (above water), stake and maritime constructions (submerged), poles, stakes and small hand tools.

3 - ANALYSIS OF NEW MATERIALS FOR SHIPBUILDING IN THE AMAZON REGION

The diversity of materials currently available for use in engineering is extraordinarily large, so there are increasingly specialized materials for specific applications. Composite materials represent a particularly important in the case of non-traditional engineering materials.

The constant technological advances allow reducing processing costs of raw materials thus ensuring a better use of the advantages of non-traditional materials. It is expected that these materials will have a privileged application in advanced markets (military, aerospace and aeronautics), and that they will have an increasing role in replacing traditional materials in more frequent applications of civil engineering and shipbuilding

3.1-Definition and composition

Composite materials may be defined as mixtures (macroscopic level) of non-soluble constituents with two or more distinct compositions, structures and properties that are combined and in which one of the materials ensures the connection - matrix - and the other resistance - reinforcement. The reinforcement presents itself generally in the form of particles, short fibres or long fibres (with diameter between 0003 and 0.03 mm). In Figure 1 are indicated and exemplified the different natures of the constituents of a composite material.

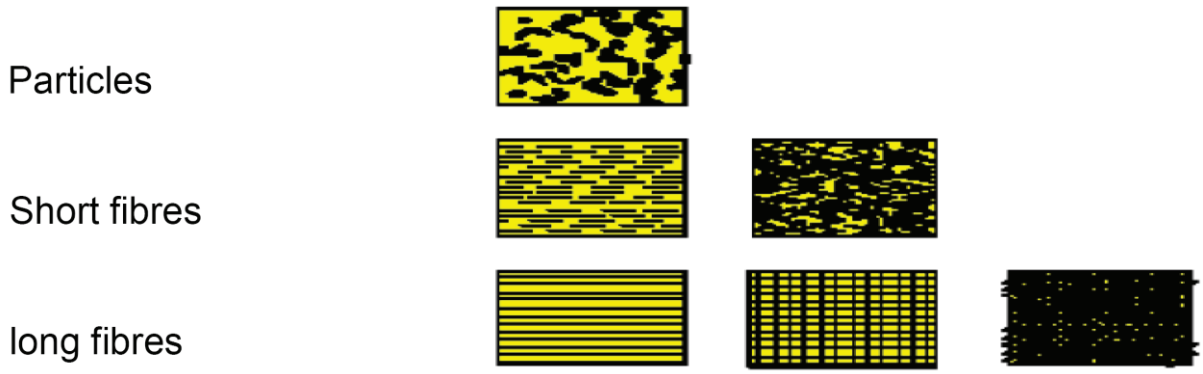


Figure 1 - Schematic representation of the types of reinforcement

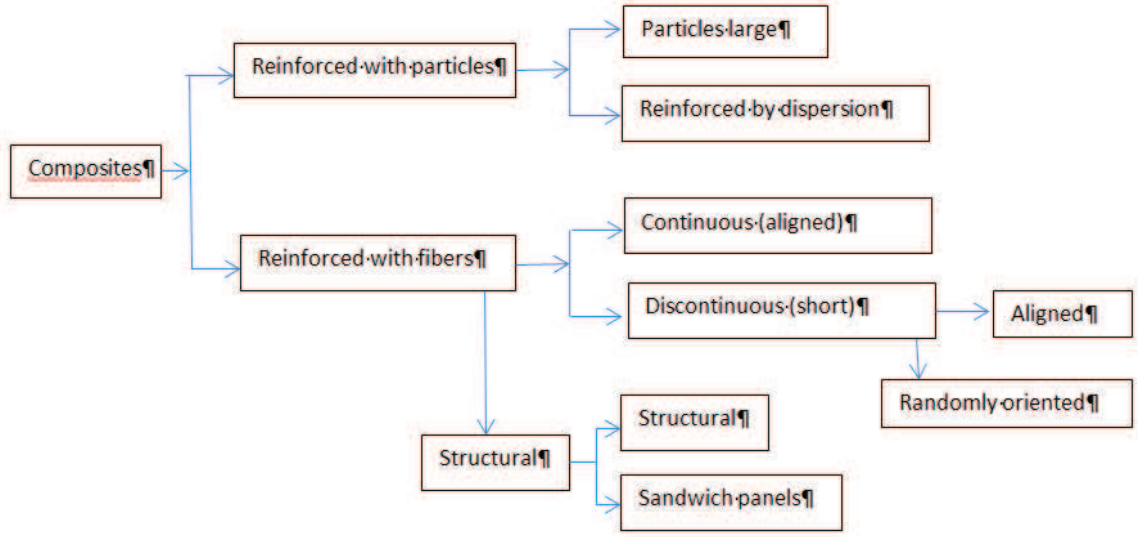


Figure 2 - Classification of composites.

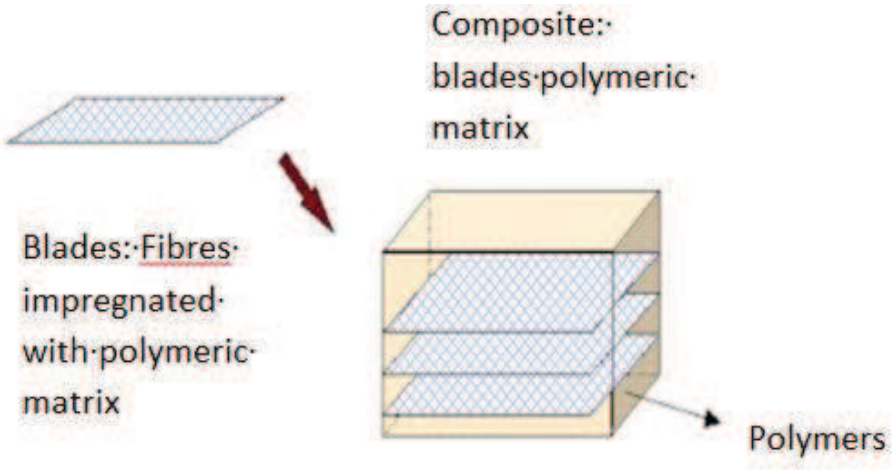


Figure 3 - Schematic structure of composite laminates

The main purpose of producing composites is to combine different materials to produce a single, with superior properties to those of a single component, whereby the combination of the constituent materials is determined from the specific application that is intended for the composite material and the relative importance on several factors such as:

- Resistance to corrosion
- Rigidity
- Weight
- Fatigue
- Thermal expansion
- Electromagnetic Properties
- Thermal conductivity
- Acoustic Behaviour
- Appearance

The high specific resistance and stiffness remains the combination spear composite materials into new areas, and a large damping capacity and low thermal expansion coefficient, characteristics that can be tailored for specific applications. Advanced composites will reduce the problems of fatigue, allowing greater flexibility in design and manufacturing processes. Other advantages of composites are resistance to extreme temperatures, corrosion and wear which may lead to lower costs of the life cycle of the product.

The matrix

The matrix of a composite material should, in addition to maintaining the cohesion of the fibres, ensure the following functions:

- Protecting the fibres of the environment;
- Protecting the fibres of damage during handling;
- Distribute the load of the fibres;
- Redistribute the load resistant fibres by a rupture.

Mechanical properties	High resistance to traction
	Ductility
	Shear resistance
	Tenacity
	Impact Resistance
Thermal Properties	Resistance to temperature extremes
	Coefficient of thermal expansion close to the fibre
	Low thermal conductivity
Chemical Properties	Good adhesion to the fibres
	Resistance to degradation in chemically aggressive environments
	Low moisture absorption
other properties	Low cost
	Fast solidification

Table 4 - Properties desirable for the matrix materials.

Materials commonly used as matrix composite materials are polymers (thermoplastics and thermohardening), metals, ceramics and carbon. The polymer matrix composites have emerged in its structural aspect in the mid-twentieth century. This type of materials combined rigid and resistant fibres (glass, carbon and aramid) with an adhesive plastic matrix relatively soft and ductile (which may be polyester or epoxy).

The reinforcement

The reinforcement is a discontinuous component of the composite material and generally more resilient than the matrix and in case take the form of fibres allows the material to have capacity for resistance in the direction of loading.

Fibreglass

The process of manufacture of glass fibre can be summarized as follows:

The molten glass is distributed through channels that lead to spinnerettes that remains at about 1250 °C which allows them to leak by gravity yielding yarns with

few tenths of mm, these fibres are cooled to exit the spinneret, the first radiation and then by water spraying. The primary fibres suffer a surface finish obtained by coating

Types of fibreglass:

- C glass (Chemical)
- E Glass (Electrical)
- S Glass (Stiffness)

The fibreglass "E" is frequently used in the structural reinforcement of polymer matrix composites.

Fibreglass

Advantage	***Disadvantage***
-High traction resistance and compression	-Module reduced elasticity
-High chemical resistance	-High density
-High resistance to fire	-Sensitivity Abrasion
-Good acoustic insulation properties, thermal and electrical	-Sensitivity to elevated temperature
	-Low resistance to fatigue

Table 5 - Advantages and disadvantages of fibreglass

Aramid fibre

The aramid fibres are synthetic and of organic origin, obtained by a wiredrawing aromatic polyamide (benzene). These are generally designated by the trade name Kevlar (DuPont). The tensile strength and modulus of elasticity of longitudinal aramids are much higher than the corresponding properties of other organic fibres.

Aramid fibre

Advantage	*Disadvantage*
-Low specific mass	-Low resistance to compression
-High traction resistance	-Degradation under ultraviolet light
-High impact resistance	-Low moisture absorption
-Low electrical conductivity	-Poor adhesion the resins
-High chemical resistance to acids and bases except concentrated	-Relatively high cost
-High resistance to abrasion	
-Good fire resistance with the capacity of self-extinction.	
-Excellent behavior under high temperature of Service	

Table 6 - Advantages and disadvantages of aramid fibre fabric.

Carbon fibres

Carbon fibres are produced from organic precursors which are already shaped in filament. They are obtained through the following operations: controlled oxidation stabilization between 200 and 300 °C with simultaneous stretching in the precursor material to induce molecular orientation properly; carbonation in a nitrogen atmosphere at a temperature between 1000 and 1500 °C; graphitization over 1800 °C

Carbon Fibre

Advantage	*Disadvantage*
-High traction resistance	-Reduced impact resistance
-High modulus of longitudinal elasticity	-High thermal conductivity
-Low specific mass	-Fragile Fracture
-High electrical conductivity	-Low deformation before fracture
-High dimensional stability	-Low resistance to compression
-Low coefficient of thermal expansion	-High Cost
-Good behaviour at elevated temperatures	
-Chemical inertness, except in strongly oxidizing environments	
-Good damping characteristics structural	

Table 7 - Advantages and disadvantages of carbon fibre

There are other fibres that can be used to strengthen composite materials, such as fibres of:

- Boron;
- Polyester;
- Polyethylene;
- Quartz;
- Natural fibre from Amazon: examples - jute, sisal, sugar cane, bamboo.

Specific features and applications

During the last 20 years or so, there has been a large development of composite applications. The main motivation of this great development was the possibility to produce composites with high mechanical properties and low densities that could replace commonly used materials such as steel and wood. The combination of high

performance polymers with ceramic or polymeric fibres of high tensile modulus and mechanical resistance, allows the production of new composites with a group of specific properties superior to steel, aluminium and others. These composites generally have higher values for both the modulus/weight ratio and the resistance/weight ratio.These are even higher than those of ceramic materials, polymers and metal.

The composite laminates made of high resistance fibres, surrounded by a matrix, have particular importance due to numerous applications in Aeronautical Engineering, Mechanical Engineering and Naval.

The efficiency of the composite material and its numerous advantages, for example, its high reasons rigidity / weight ratio and resistance / weight ratio, excellent corrosion resistance, low thermal expansion, good fatigue behaviour, portability, low power consumption in the process manufacturing and the structure itself, have spread its use arising from this fact, the need to efficiently analyse their complex behaviour. The use of composite materials creates engineering to more carefully examine the changes suffered by these materials over time of use, since the service life required in such cases is usually large.

3.2 - Materials for composite structure vessels

Composites FRP (fibreglass Reinforced Polymer) using glass fibres, Kevlar and carbon fibres have excellent structural performance can be optimized with the use of manufacturing processes increasingly sophisticated especially when used sandwich constructions is eliminated where adding caves and stringers, allowing the fabrication to be very light and stiff. The cost of materials for construction in PRF is competitive when compared to aluminium and steel; however the largest economy occurs at the speed of construction, easy repeatability and low initial investment.

High performance boats and at the same time requires them a large radius of action and the ability to face severe service conditions, causes the material chosen for construction has high specific resistance (strength / density), eliminating heavy

metals such as steel. The composite materials also have excellent stiffness and resistance, and good fatigue resistance and impact. FRP materials have been used increasingly not only on recreational craft, but also on service vessels and for the military. However, contrary to common sense, composite materials, using the same fibres as Kevlar, may have a better cost-effectiveness than the metals.

Boat building in PRF has the advantage of not requiring industrial tools, such as welding machines, cutting treadmills and overhead cranes. With a minimum of training, one can prepare a laminator, while for aluminium, it requires highly specialized in welding. Composite materials have characteristics of high productivity, especially for the manufacture of a large number of vessels, which is difficult to obtain in aluminium and other metals without a significant increase in production cost. Thus PRF enables a more rational and a variety of mechanical properties, combined with ease of construction, which most metals do not possess.

Materials PRF

The mechanical properties of the composite material depend not only on what kind of material (fibre and resin) but also manufacturing techniques which in turn, allow the control of fibre content and final properties of the laminate. Temperature and pressure module also has a profound influence on the mechanical properties of the laminate. Figure 4 shows a graph of tension versus deformation for various laminates with 40% fibre content, compared with aluminium and steel.

Tension and deformation traction resistance comparison of laminates with 40% of Fibre weight.

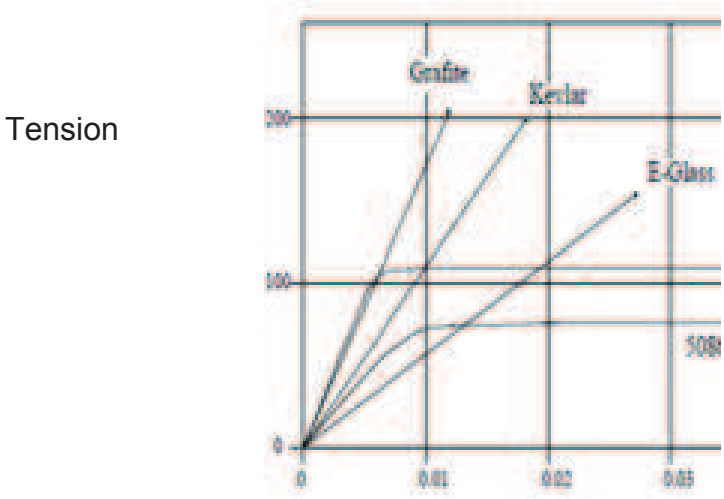


Figure 4 - Tension rupture for various material

Resins

The most common type of resin used in marine structures in PRF is the polyester. The latter has the lowest cost but also the lowest performance. The resin isophthalic has better resistance to osmotic and epoxy resins are preferred for structures that require high resistance, tenacity and rigidity.

Reinforcing Fibres

Glass fibres of type “E” fibres are most commonly used in boat building because its balance of mechanical properties and cost. Fibreglass of the type “S” are used when more resistance is required. Aramid fibres, better known as Kevlar or Twaron fibres are among the most specific resistance because its low density. The aramid fibres are widely used in areas of high impact due to its high toughness. Carbon fibres have higher rigidity and higher tensile strength than the materials mentioned above. When carbon fibres are used exclusively, the construction tends to be penalized in terms of cost therefore, carbon fibres are only used in high performance applications.

Core Materials

The faces of the sandwich panel are compared to beam flanges and resist compressive and tensile stresses, while the core material acts as supports cutting

efforts. The most common material used as the core, are PVC foams. This type of construction provides a reduction in weight of the structure and at the same time, an increase of rigidity. The weight difference between the different types of construction is presented in Figure 5.

Approximate weight of hull 40ft, built with different laminations.

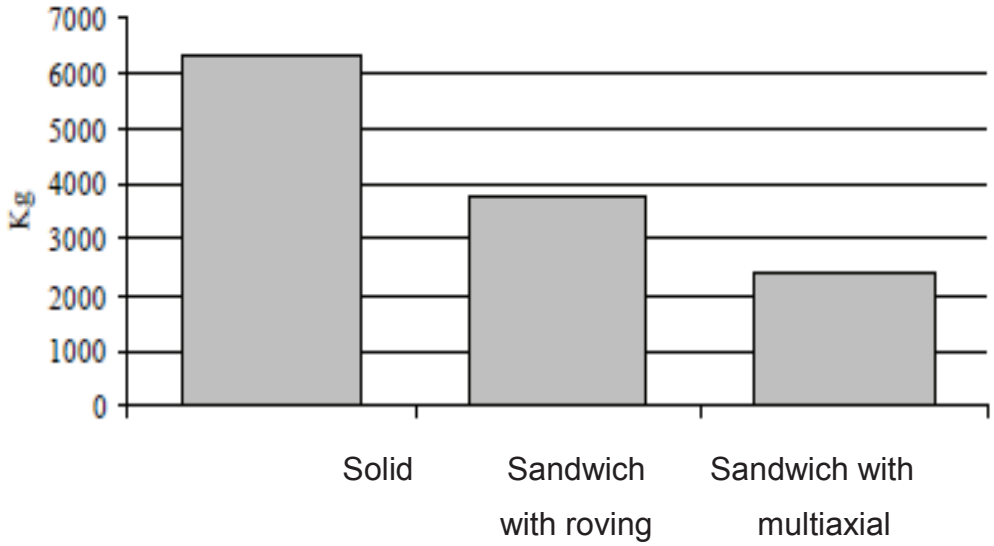


Figure 5 - Comparison of rolled

Further development of sandwich core materials on the market today was directed to increase the impact resistance and shearing. For vessels that suffer from impacts and dynamic loads, with ability to undergo large plastic deformations, allowing a higher capacity to absorb energy at impact. The core materials have a further advantage is that the thermal and sound insulation while working on the rigidity of the structure.

4 - COST EVALUATION OF VARIOUS MATERIALS FOR PASSENGER VESSEL

This topic seeks to compare the cost of building and operating a single vessel built with different materials in order to verify the type of material that has the lowest total cost over the lifetime of the vessel and the capacity gains when using materials more

lightweight. This analysis was to study if a route of 1600 km and vessel intended for the carriage of passengers and cargo.

To compare the cost of a vessel built with different materials. The project used as a basis of a wooden ship designed to transport cargo and passengers, with the following main features:

Capacity (t) : 200.00
Total displacement (t) : 309.18
Length (m) : 31.42
Beam (m) : 7.12
Draught (m) : 2.26
Depth (m) : 2.74
Lightweight (t) : 79.38
Weight of wood without motor (t) : 71.79
Passenger capacity : 295
Block coefficient : 0.61
Speed (Knots) : 12.00

The general arrangement of the vessel is shown in the following figure

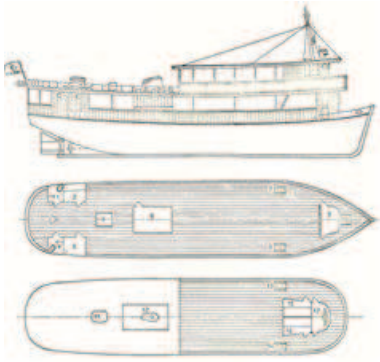


Figure 6 - Layout of the vessel chosen for analysis

4.1 - Analysis cost of materials

Presented below is a comparison between the costs of five types of constructive materials in US$/kg, which were: wood, steel, aluminium, fibreglass with the kevlar and fibreglass. It is observed that materials having lower cost per kg are wood and

steel. The materials: aluminium, fibreglass and Kevlar with fibreglass have very high costs when compared with wood and steel, but they become competitive when an analysis of the reduction of weight by the vessel when using the total cost of materials over the life of the vessel.

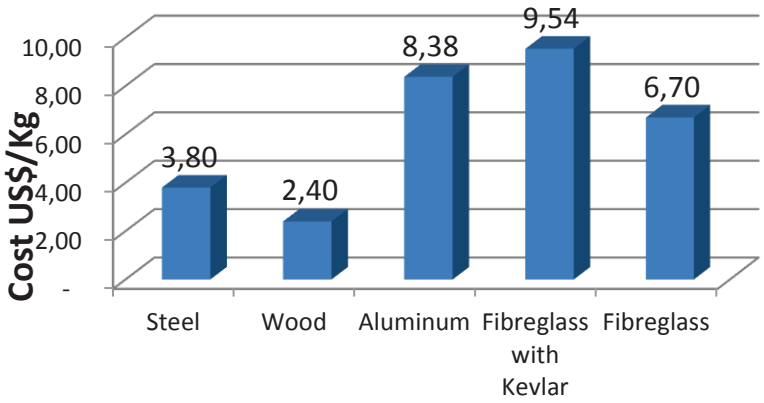


Figure 7 - Graph of the construction cost in US$/kg by material

When analysing the capacity gain for the same vessel, it appears that the fibreglass with Kevlar is the material that has better capacity gain for providing a lighter weight for the vessel, followed by fibreglass and aluminium, having steel as a reference. The steel is the material that delivers the highest weight to the craft and further loss of capacity.

This data is very important, because despite being more expensive, lightweight materials have capacity gains with weight reduction by the vessel, which leads directly to increased cargo carrying capacity of the ship or simply the reduction of engine power by require less energy to propel the boat in design speed. This economy when examined over the lifetime of the vessel is very favourable to lighter materials by gains in capacity and fuel efficiency over the years.

The cost of materials for construction in PRF (fibreglass with Kevlar and fibreglass) is competitive when compared to aluminium and steel, however the largest economy occurs at the speed of construction, easy repeatability and low initial investment. Figure 8 the percentage weight for each material is compared with steel (100%) in the same vessel.

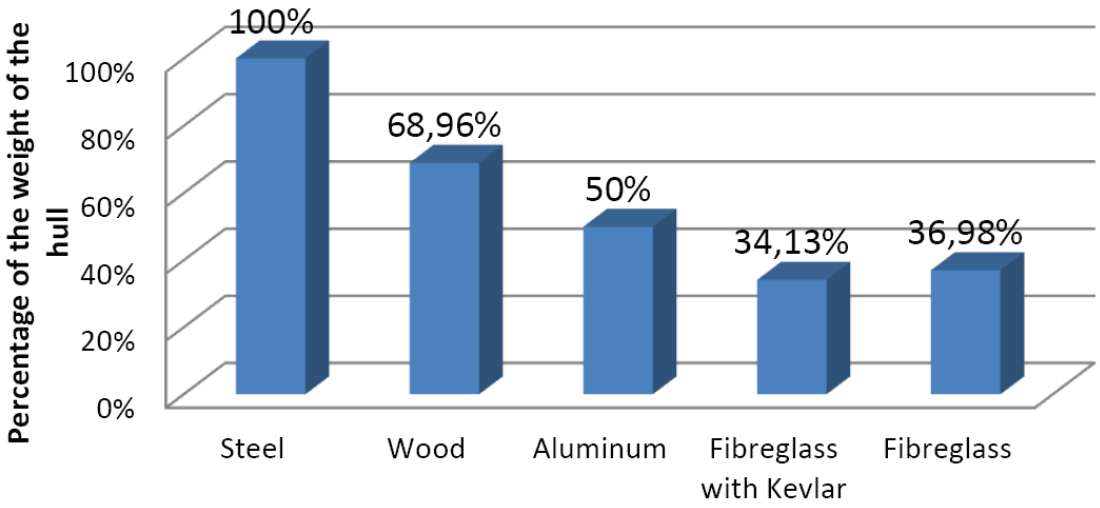


Figure 8 Graph with the percentage reduction in weight by type of material for the same vessel.

When comparing the cost of the same hull built with different materials, it is found that aluminium is the material that has the highest overall cost, followed steel. The cheapest is still wood. It is observed that in spite of employing more weight for the same hull steel, the steel is still cheaper than aluminium which has a higher cost because of the high value per kg. Despite the cost per kg of the fibreglass with Kevlar be the highest of all, it generates less weight hull, making it a material that, although more expensive per kg, having cost competitive due to reduced overall weight of the hull.

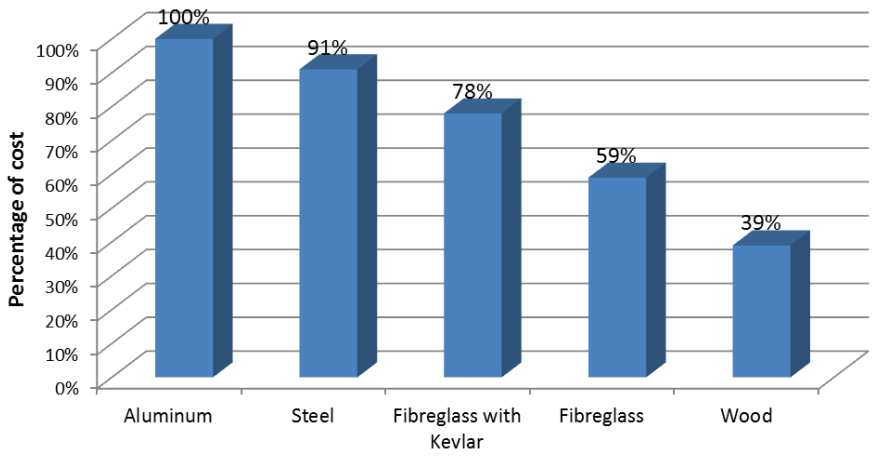


Figure 9 Graph with the percentage reduction of cost by type of material for the same vessel.

Weight reduction by the vessel compared with steel, can be observed in Figure 10, whith there reductions greater than or equal to 50%. As in the case of aluminum fibreglass with klevar and fibreglass.

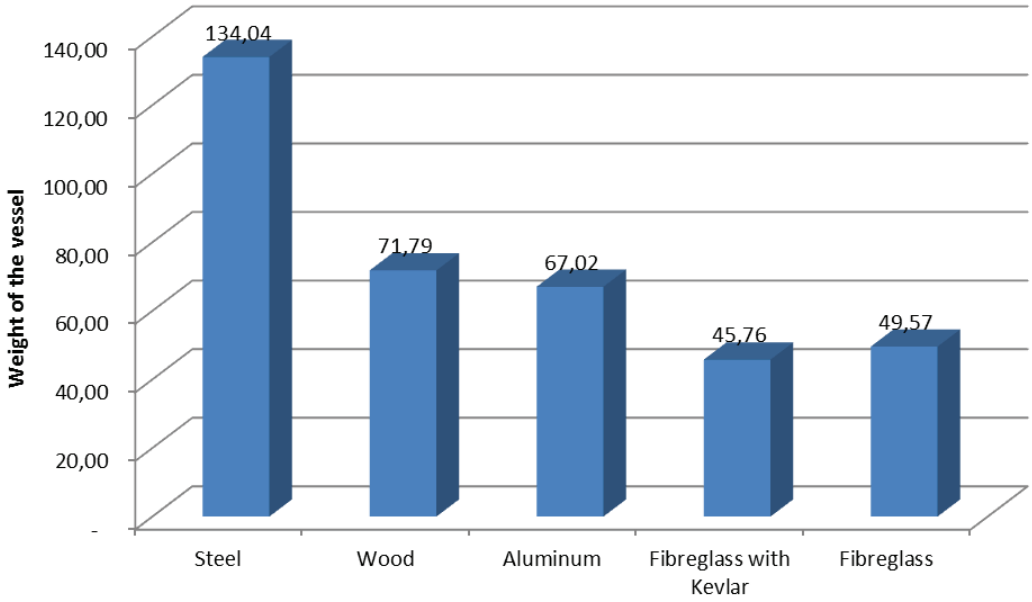


Figure 10 Graph comparing the net weight of the vessel constructed with five different types of materials.

5 - EVALUATION OF COST FOR A LIFE CYCLE OF A VESSEL BUILT WITH DIFFERENT MATERIALS

The life cycle cost was studied over time the life of vessel with five different types of hull.

Hulls made with different kinds of materials also have different lifetimes and this must be considered. Thus, the following was considered useful lives for each type of material.

- Wood: 20 years
- Steel: 20 years
- Aluminium: 25 years
- Fibreglass with Kevlar and Fibreglass: 30 years

For the composite vessel fibreglass with Kevlar and fibreglass) was assumed to be between 30-35 years in service, while the calculation 25 can be fairly optimistic for an aluminium vessel of the same size, since fatigue becomes a serious problem after that age.

From the point of view of manufacture, wood and fibreglass are the most economical to build boats. The following is presented in Figure 11 graph showing construction costs for the project studied.

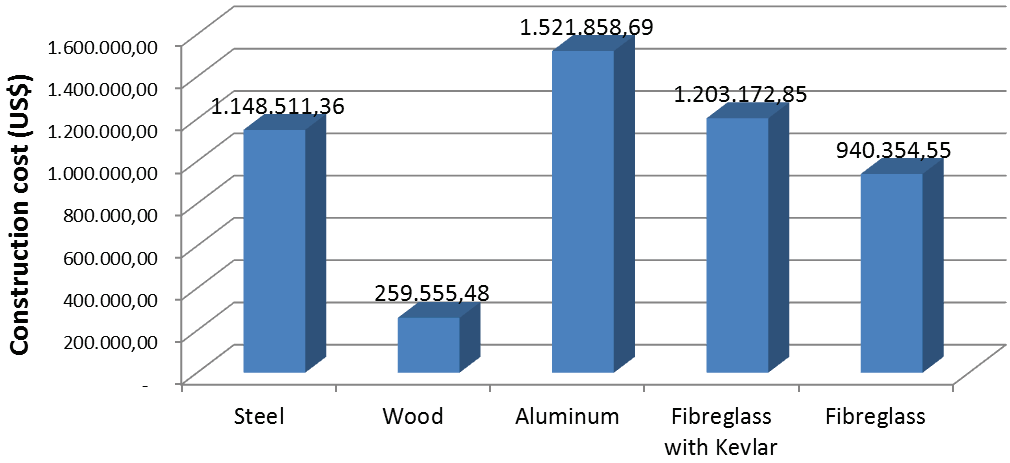


Figure 11 Graph with the construction cost of the vessel constructed with five different types of materials.

However, the vessel will continue to create costs to the owners for operation and maintenance during use.

In this approach were taken into account for the assessment of the cost for a cycle of life, the same service, in terms of capacity, distance and speed in order to enable comparison.

This means that the motor power can be reduced for lightweight boats, as well as fuel consumption.

For all types of materials, a preliminary design was developed. The cost of the life cycle was developed as a systematic process of analysis to evaluate various designs made with different materials, with the goal of choosing the cheapest project at the end of the useful life of the vessel.

The holding of a evaluation the life Cycle Cost includes all costs of purchase and operation by the end of its useful life. Therefore, the costs of all items need to be considered. Current trends show that, in general, the complexity of systems and products are increasing as time to market must be reduced. At the same time, technology in nearly all industries is changing rapidly. The reason for the increase in costs combined with inflation makes it essential to optimize the design.

Optimizing this case does not mean a minimized acquisition cost in the short-term. The final objective is to focus on overall cost as a long term strategy. The costs related to an acquisition are often not transparent at first glance, which is illustrated by the "iceberg effect" in figure below.

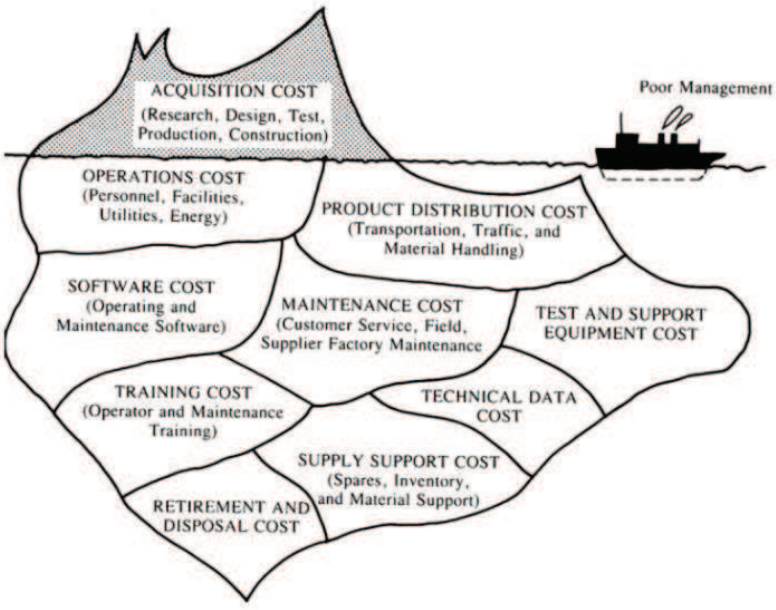


Figure 12 What is visible and not visible in the total cost

A comparison of all the items of fixed costs and operating is shown in Figure 13, an overview where the cost is divided in two phases of the life cycle.

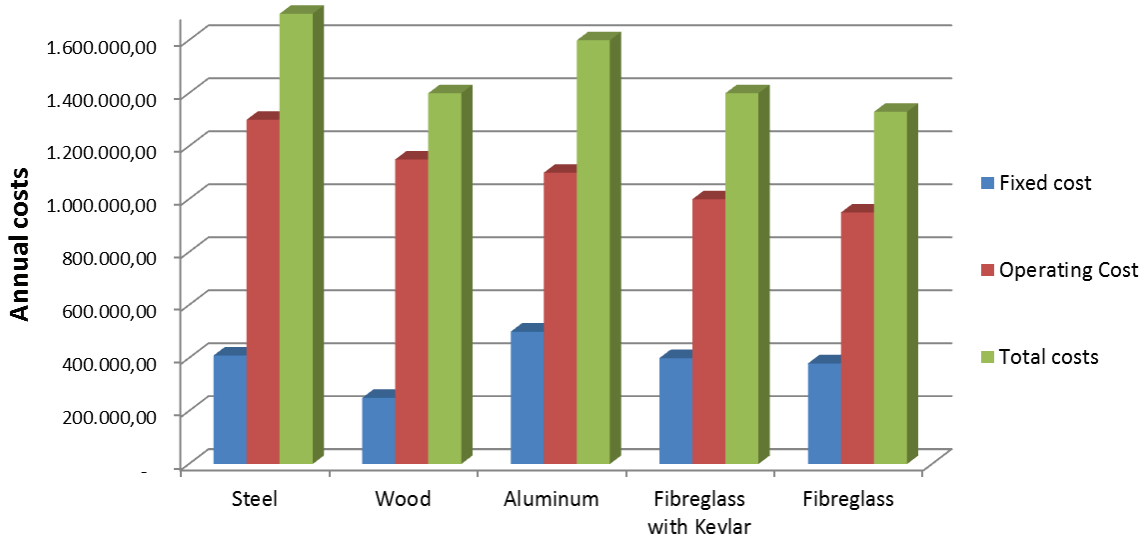


Figure 13 Graph comparing the annual costs for a vessel built with different materials operating on the same route

Analysing only the acquisition cost of the vessel, the wooden vessel was the cheapest, followed by fibreglass and fibreglass boat with Kevlar and steel. However when analysing the operational cost, it appears that the vessel is steel which has a higher cost because of their greater weight, greater engine power and the resulting higher fuel consumption, where this cost item is the one with the higher rates of participation in the total annual cost.

The inclusion analysis of the operating costs over the lifetime of the vessel, gives advantage to the costs of vessels constructed of lightweight materials. Due to the price of raw material is raised to the ship constructed of aluminium and composites (fibreglass with Kevlar and fibreglass), these alternatives are more expensive in production. However, they gain competitiveness when they are analysed for the complete life cycle, which takes into account operating costs. The steel version requires more powerful machines because of its greater weight, which increases fuel consumption and maintenance costs. The main advantages of composite version (fibreglass with Kevlar and fibreglass), is low weight and reduced cost of maintenance of the hull structure.

The calculation indicates that a version of material fibreglass is the most economical option. The accumulated costs of steel version are superior to the version made after 4 years (2 years of operation). In the same perspective, the cost of aluminium version surpasses the composite version after 12 years (10 years of operation).

As shown in Figure 13, vessels of lightweight materials have higher fixed cost, however at the end of the useful life of each, where operating costs are analysed, lightweight materials turn out to be more economical since they need less motor power and consequently lower fuel consumption.

The distribution of power consumption for the five vessels shows the higher energy consumption for steel version, as expected. Most of the energy consumed during the life of all versions, is the fuel consumption.

As the price of fuel is around US$ 1.00 per litre cost-benefit evaluation becomes quite favorable for the vessel built in composite material (fibreglass and fibreglass with Kevlar). Wood appears with small reduced cost, but it has other characteristics of obsolescence and replacement needs due to security issues.

Calculating the life cycle cost, the benefits of cost reduction in one year of operation, was US$ 242,000.00 in favour of composite materials compared to steel and US$ 156,000.00 for Aluminium. When one analyses these costs for a period of 25 years there is a difference of 6 million U.S. dollars of economy for vessels constructed of composite materials compared with steel, and 4 million dollars compared with the aluminium vessels for the proposed situation (same size vessels and operational characteristics of the route).

6 CONCLUSIONS

The use of composite materials has been successful in reducing weight criteria in naval applications where strength and rigidity are also required. In high-speed craft, lightweight composite materials offer a competitive cost level due to lower life cycle cost, which is basically obtained during operation, and lower fuel consumption.

Maintenance costs also have a positive influence, since they appear repeatedly, and are favourable for composite structures. In high-speed vessels are readily apparent benefits as in the case of significant reduction of fuel consumption which is an important criterion for making the decision.

In large slow ships benefits may be achievable with weight reduction in the superstructure, with significant gains in stability.

A combination of the use of composite steel and may therefore be favourable to ships large and slow. It is concluded that from this study that composite materials can come to replace wood in the construction of boats in the Amazon with good adequacy of cost to local economic reality as well as adds significant gains in relation the safe transport.

7 REFERENCES

[1] Barracuda Engineering Services, “Análise comparativa entre alumínio e materiais compostos para estrutura de lanchas de patrulha”. 2011.

[2] Lingg, B., Villiger, S., Buhrman, M., Enlund, H., Hedlund-Åström, A., Hellbratt, S-E. “Energy and Cost Assessment of a High Speed Ship”. Paper presented at 7:th Sandwich Conference 29 – 31 August in Aalborg, Denmark 2005.

[3] Mols, P., Danish Naval Command. Seminar in Copenhagen, February 19, 2007

[4] Presentations at the International Seminar “Lightweight construction applications at sea “ in Borås, Sweden, October 31, 2007.

[5] Hellbratt, S-E., “Time for light weight composite materials to enter the merchant shipbuilding” 2010.

[6] Hildebrand, M. and Hentinen, M., "Efficient solutions for joints between large FRP-sandwich and metal structures", *Proceedings of the 19th SAMPE EuropeInternational Conference*, Paris, France, 1998.

[7] Le Lan, J.Y., Parneix, P., and Gueguen, P.L., "Composite material superstructures", *International Conference on Nautical Construction with Composite Materials*, Paris, France, 1992.

[8] Wright, P.N.H., Wu, Y., and Gibson, A.G., "Fibre reinforced composite-steel connections for transverse ship bulkheads," *Plastics, Rubber and Composites*, 1992

Efectos sobre la resistencia al avance de barcazas tipicas existentes en la Amazonia Peruana utilizando métodos numéricos

Mendoza Dávila, Jorge Alfredo *, mendoza_j_a_88@hotmail.com
Puma Reátegui, Juan Carlos Javier, karlos1828@gmail.com
Ramírez Rosa, Jorge Luis, naval.fim@hotmail.com
Moscol Proaño, Mariano Marcos, mariano.moscol@gmail.com

Universidad Nacional de Ingeniería
Facultad de Ingeniería Mecánica, Escuela Profesional de Ingeniería Naval, Av. Túpac Amaru 210-Rimac/Lima, Telf.:481-1490, Telefax: 381-3847, E-mail: fim@uni.edu.pe

ABSTRACT

Desde los inicios de la actividad económica de los pueblos pertenecientes a la cuenca de la Amazonia Peruana hasta nuestros días, la actividad comercial y transporte de carga entre los pueblos y principales puertos fluviales de esta región Amazónica han empleado los ríos como único y principal vía de comunicación y transporte. En esta realidad nacional, la construcción de barcazas de carga general, carga a granel y de mercancías ha sido la principal herramienta de transporte masiva de esta región del país, la misma que sea desarrollado de forma empírica, con mejoras y recomendaciones por los propios lugareños y empresarios que durante décadas fueron aportando en su mejoramiento.

En este escenario la Escuela Profesional de Ingeniería Naval de la Universidad Nacional de Ingeniería, cuya finalidad principal es el desarrollo técnico e independencia tecnológica, mediante el empleo del Canal de Experiencias Hidrodinámicas de la UNI (CEHIDUNI) viene realizando ensayos de remolque de modelos a escala de embarcaciones navales y estudios de Dinámica de Fluido

Computacional para en conjunto poder brindar un servicio más eficaz en términos de reducción de resistencia al avance. En tal sentido mediante estudios numéricos (CFD - Ansys paquete CFX), se han y están analizando varias alternativas de influencias de las formas geométricas de los casco ya sea en el análisis de sus secciones medias típicas, así como de las formas de los raceles de proa y popa, y de cómo estas formas geométricas afectan al desarrollo del fluido hidrodinámico de las corrientes de aguas en condiciones de niveles de rio con poca profundidad.

1.- INTRODUCCION

El sistema fluvial amazónico, comprende algo más de 14 000 Km de longitud de ríos, considerándose navegables 6 000 Km, siendo sus características: pequeña pendiente, grandes caudales, fluctuaciones en el espejo de agua y considerable transporte de sedimentos; que intervienen en los cambios morfológicos, comportándose los ríos como divagantes, lo que origina que presenten dificultades para la navegación principalmente para naves de 10’ pies de calado.

Las condiciones de navegación en los ríos es variable y estacional presentando las mayores restricciones en los períodos de vaciante que corresponden a los meses de Julio/Septiembre, que a su vez significa mayores costos, sea por pérdida de tiempo en navegación, posibles daños a las naves, pérdida de profundidad en los canales de acceso a los puertos, etc.

De los innumerables ríos existentes en la cuenca amazónica, el Amazonas, Marañón, Ucayali y Huallaga son los de mayor importancia para el transporte fluvial comercial. Estos cuatro ríos forman un solo sistema.

El Río Amazonas, es navegable por barcos de 15’ pies de calado hasta Iquitos y por embarcaciones fluviales de 100 a 200 toneladas de capacidad y 9’ pies de calado en toda su extensión.

El Río Marañón, desde el Pongo de Manseriche, es navegable durante todo el año por embarcaciones de 4’ pies de calado; el río es navegable desde la boca del río Huallaga por embarcaciones de mayor calado, aún en máxima vaciante.

El Rio Ucayali es navegable todo el año por embarcaciones de 7’ pies de calado desde su confluencia con el Marañón hasta Pucallpa en una distancia de 890 kilómetros. Es navegable, también por embarcaciones de 3’ pies de calado durante todo el año en toda su extensión.

El Rio Huallaga es el afluente más grande del Marañón, es navegable todo el año por embarcaciones de 3’ a 4’ pies de calado hasta el pueblo de Yurimaguas. A unos 150 kilómetros aguas arriba de Yurimaguas, el río es navegable solamente por canoas, y esto con dificultad.

2.- ANALISIS NUMÉRICO

El análisis es realizado a través del paquete comercial ANSYS-CFX que incorpora herramientas de Dinámica de Fluidos Computacional (CFD) para el cálculo de distribución de presiones en el dominio computacional y resolución de problemas de superficie libre. Es un paquete informático diseñado para el cálculo de la dinámica a través de la resolución de las ecuaciones de Navier-Stokes, de forma discreta para cualquier flujo laminar o turbulento. Es capaz de resolver casi cualquier problema en esta materia, haciéndolo muy útil para la rama de Arquitectura Naval, ya que no hay limitaciones de forma en el cálculo de resistencia al avance por este método, también se puede agregar prácticamente cualquier tipo de apéndice al casco.

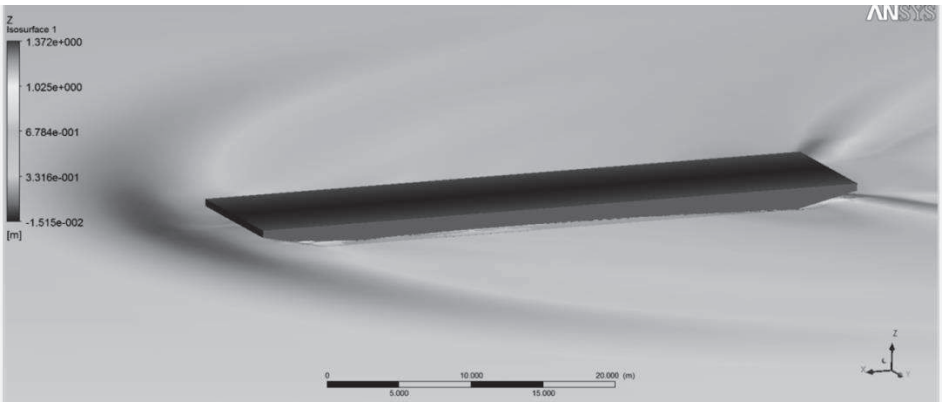


Fig. 1. Ensayo Numérico del casco de una barcaza estudiada (ANSYS)

2.1 MODELO MATEMÁTICO

El modelo teórico, basado en la ecuación de Navier-Stokes y la ecuación de continuidad, forman un sistema de ecuaciones diferenciales parciales acopladas, no lineales, las ecuaciones de movimiento se aplican a un flujo tridimensional isotérmico de un fluido viscoso con propiedades físicas constantes. Este modelo matemático emplea varias simplificaciones clásicas que facilitan la solución, pero que no alteran su validez, estas simplificaciones son:

- ✓ Flujo estacionario; $\nabla*(\rho*U)=0$.
- ✓ Flujo incompresible; $\nabla*U=0$.
- ✓ Fluido con propiedades física constantes, ρ, μ, v.
- ✓ Fluido viscoso newtoniano.

2.1.1 Ecuaciones Fundamentales

El comportamiento del fluido es gobernado por la necesidad de conservación de energía, masa y momento, adicionalmente deben ser establecidas relaciones entre las propiedades físicas del medio, es decir su densidad y viscosidad. Las propiedades físicas y leyes que gobiernan el movimiento del fluido, se obtienen de la aplicación de ecuaciones fundamentales, tales son: la **Ecuación de continuidad, Ecuación de la cantidad de Movimiento y la Ecuación de la Conservación de la Energía.**

2.1.2 Modelos de turbulencia

Para la resolución numérica de las Ecuaciones de Navier-Stokes, el planteamiento de la turbulencia se basa en considerar que cualquier variable del flujo se puede descomponer en dos partes un valor promediado y una fluctuación las cuales son asumidas al azar. Un flujo se define como turbulento solo sí su comportamiento es irregular, rotacional, intermitente, altamente desordenado, caótico, difusivo ó disipativo. La turbulencia es inherentemente no estacionaria, tridimensional produciendo incrementos en la transferencia de calor, de masa y de momento. Los

flujos turbulentos pueden ser representados como un campo de vórtices interactuando en un amplio espectro de escalas temporales y espaciales. Los modelos de turbulencia son utilizados para predecir los efectos de la turbulencia en un flujo sin necesidad de resolver todas las pequeñas escalas de las fluctuaciones turbulentas. Algunos de estos modelos tienen aplicaciones específicas, mientras que otros pueden ser aplicados en un amplio rango de flujos con un grado razonable de exactitud. Los modelos RANSE pueden ser clasificados en modelos de viscosidad de remolino y en modelos de las tensiones de Reynolds

En el ámbito de Ingeniería Naval se han estado empleando mayoritariamente dos modelos de turbulencia para validar resultados de ensayos numéricos con los de canales de pruebas, estos son el modelo k- ε, y el modelo Shear Stress Transport (SST, k-ω), que es el usado en este trabajo.

En el modelo k- ε, la energía cinética k, está definida como la variación de las fluctuaciones en la velocidad y tiene las dimensiones [m2/s2], ε es la disipación turbulenta de remolinos (la tasa a la cual las fluctuaciones de velocidad se disipan) y las dimensiones son [m2/s3].

2.2 MALLA COMPUTACIONAL Y CONDICIONES DE CONTORNO

La malla generada representa el dominio del fluido. Se debe tener certeza de la elaboración de una correcta malla, ya que de este depende que la respuesta numérica represente con aceptable grado de certeza el campo de presiones y velocidades del fluido alrededor del casco.

El tipo de enmallado utilizado es un no estructural, de elementos tetraédricos, con un planchado de capas alrededor del casco. Estratégicamente se refina la superficie libre y el casco y SYM 1(simetría alrededor del casco), puesto que son las zonas de mayor interés en el análisis.

Las proporciones del dominio recomendadas para el modelo las barcazas son:

- De proa hacia delante : 1,4Lpp
- De popa hacia atrás : 2.58Lpp
- Ancho del semidominio: 1Lpp
- Cielo: 0.2Lpp
- Profundidad : 2m (En condiciones vaciante)

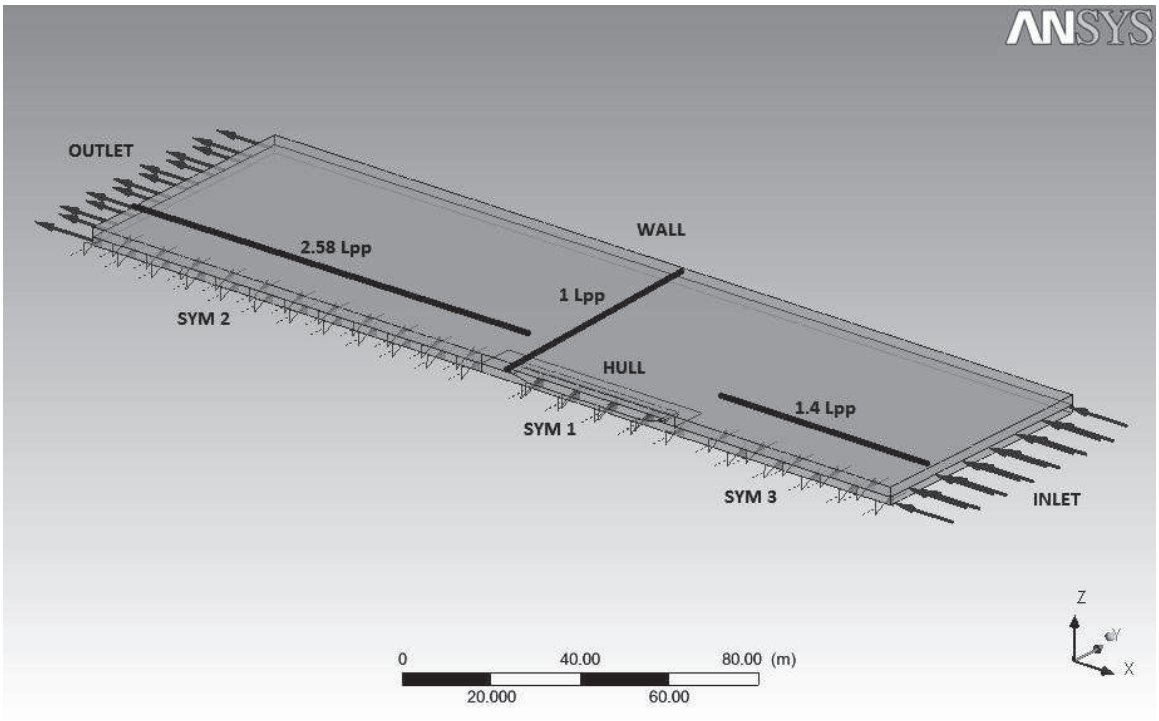


Fig.2. Dominio fluido usado en la simulación.

Proporciones del dominio de la superficie libre donde se refinaran de forma estratégica los elementos:

- De proa hacia delante : 0.06Lpp
- De popa hacia atrás : 0.15Lpp
- Ancho del semidominio: 0.22Lpp

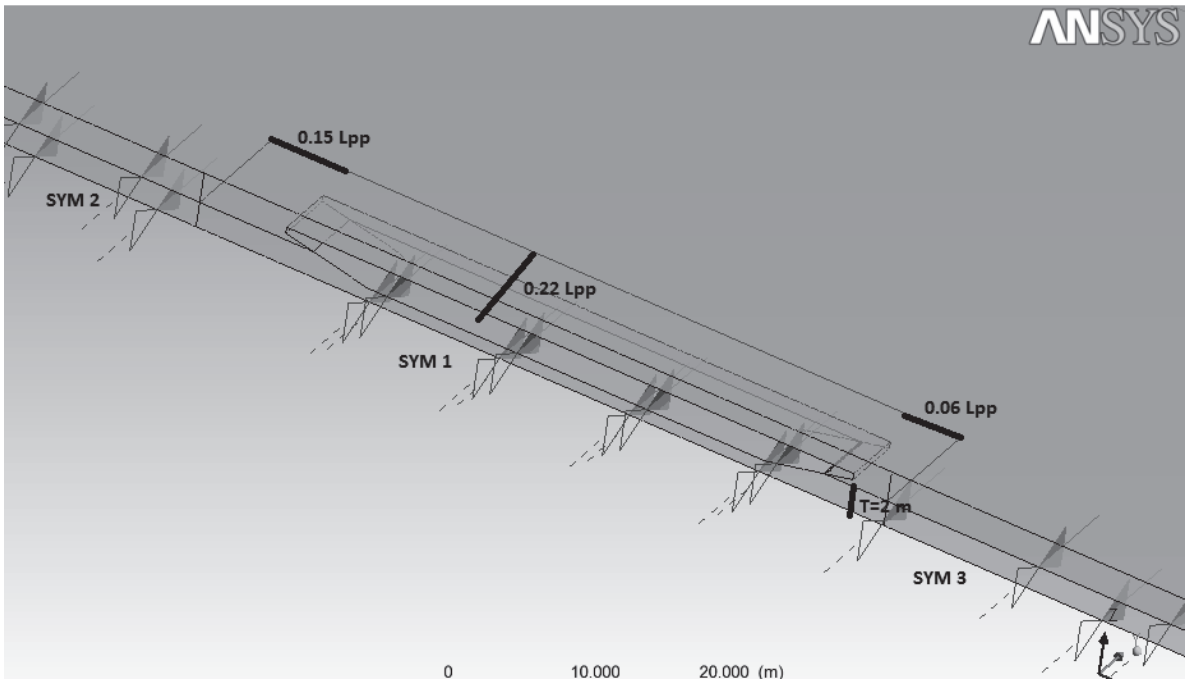


Fig.3. Superficie libre

Las condiciones de contorno son:

- Hull: No slip (No deslizamiento), smooth Wall (pared lisa).
- Inlet: Régimen subsónico, Velocidad del modelo en el eje x.
- Wall: No slip.
- Outlet: Régimen subsónico; Presión Hidrostática.
- Sym: Simetría.

Generación de malla NO ESTRUCTURADA.

La malla es generada en ICEM CFD, utilizando elementos no estructurados tetraédricos. Se realiza un mayor refinamiento de la malla en las zonas de interés, incrementando el tamaño de los elementos en las zonas remotas del dominio no estructurado. La elección de elementos tetraédricos se debe a que estos se adaptan mejor a geometrías complejas, sin embargo aumenta el costo computacional.

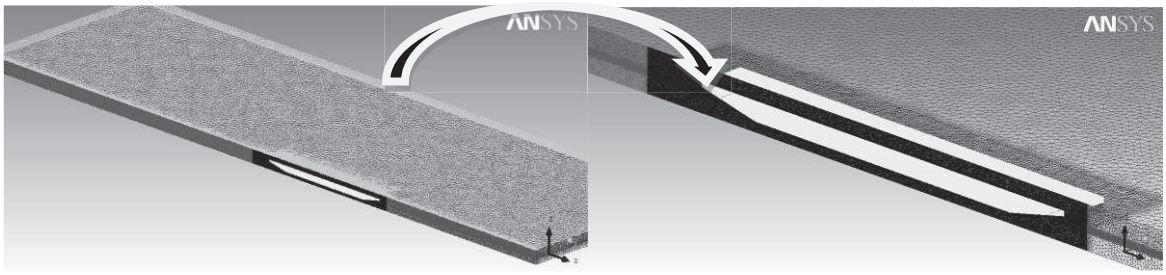


Fig.4. Malla no estructurada- Elementos tetraédricos y prismáticos.

Existe una superficie alrededor del casco que es la superficie libre, la cual a su vez se divide en dos partes de forma estratégica, la primera (FS) tendrá un mayor refinamiento por ser contiguo al casco y la segunda (FS2) que esta contiguo al FS, tendrá elementos de mayor magnitud. A su vez la superficie de simetría se divide en tres partes, SYM1, SYM2 y SYM3, de las cuales el SYM1 es el más refinado por ser contiguo al caso.

Tabla 1.Refinamiento de la malla en función de porcentajes de la eslora.

Mesh Nº	Mesh Nº 1
Hull Size	0.45% L
F.S. Size	2% L
F.S.2. Size	4% L
SYM 1	0.45% L
SYM 2	1.35% L
SYM 3	1.8% L
Domain Nº Node	1612057

Los elementos contiguos al HULL, FS y FS2 se les aplicara capas de elementos prismáticos con un crecimiento exponencial, ya que teniendo los elementos ordenados en las zonas de interés garantizan una mayor eficiencia en los cálculos numéricos. Los parámetros seleccionados fueron de tal forma que la altura de las capas en la interface (FS, FS2) sea aproximadamente el calado de la embarcación y

el espesor de todas las capas alrededor del casco es la cuarta parte del calado de la embarcación.

Tabla 2. Elementos prismáticos en función de porcentajes de la eslora.

Item	Nº Layers	Initial Height	Height ratio
Hull	10	0.45%L/10	1.1
F.S.	10	0.45%L/5	1.2
F.S.2.	10	0.45%L/5	1.2

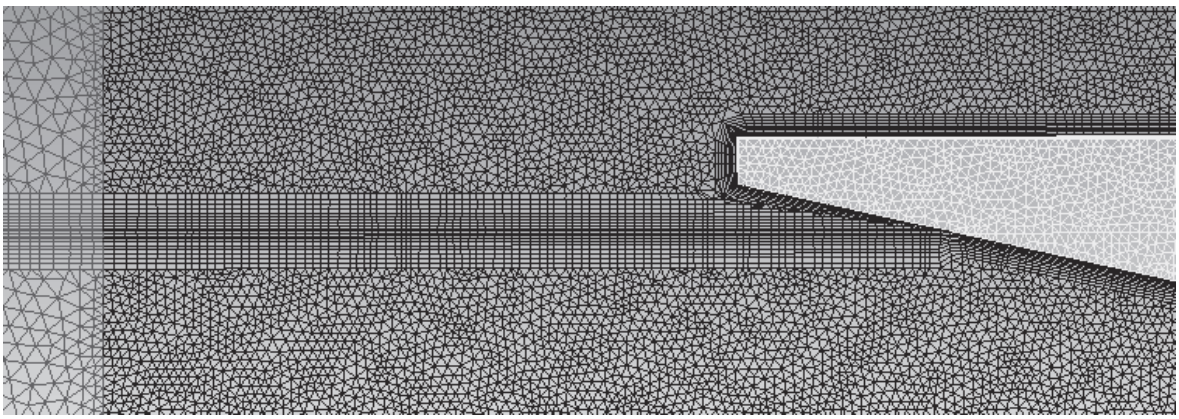


Fig.5. Elementos prismáticos alrededor del casco y la superficie libre.

Estas proporciones del dominio (excepto la profundidad simulada del rio, ya que en otras se trabajó con una profundidad de 1.24Lpp, simulando aguas profundas) y tamaño de los elementos, ya fueron validados en investigaciones anteriores, obteniendo una desviación promedio respecto a los ensayos experimentales de 2 - 10%

Los recursos computacionales cuentan con las siguientes características:

- Intel (R) Core (TM) i7 – 3770 CPU @ 3.9 GHz
- Memoria RAM 48 GB
- Windows 7 Ultimate 64 bits
- Tarjeta de video Ati raedon 4 GB

2.- DESCRIPCION, CARACTERISTICAS PRINCIPALES Y RESULTADOS DE LOS MODELO ESTUDIADOS.

Las barcazas a estudiar numéricamente son simulaciones en navegación en los ríos cuando se encuentran en vaciante, por ende el calado se encontrará comprendido entre 3`y 4` (pies). Se trabajó con un calado único de 1m.

Los raceles de proa y popa son el mismo porque en la amazonia peruana normalmente las barcazas no suelen girar para retornar. Por lo que la proa se puede comportar como popa y viceversa.

Las barcazas normalmente al llegar a un destino suelen encallar por proa o popa en suelos fangosos, arcillosos y arenosos.

Por lo que la sección longitudinal y las características principales del modelo base a utilizar son las siguientes:

Tabla 3. Características Principales

	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4	Modelo 5	Modelo 6
Eslora Total (m)	45	45	45	45	45	45
Eslora de Flot. (m)	40.5	40.5	40.5	40.5	40.5	40.5
Manga (m)	10	10	10	10	10	10
Puntal (m)	2	2	2	2	2	2
Calado de Popa (m)	1	1	1	1	1	1
Calado de Proa (m)	1	1	1	1	1	1
Calado Medio (m)	1	1	1	1	1	1
Sup. Mojada (m^2)	479.20	472.27	465.00	453.30	447.12	370.15
Vol. Sumergido(m^3)	360.00	359.14	356.49	343.50	294.00	270.75

El perfil longitudinal de popa y proa de los modelos numéricos se muestra a continuación:

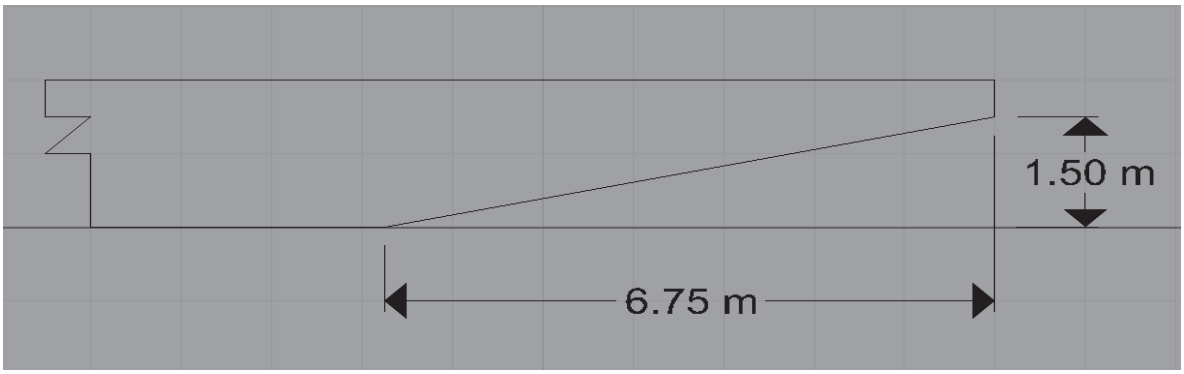


Fig.6. Perfil Longitudinal de Proa y Popa (Racel de proa = 15% L, Racel de popa =15% L)

2.1. Descripción de las diferentes formas de secciones transversales a estudiar, todas para un racel de proa y popa igual al 15% de la eslora

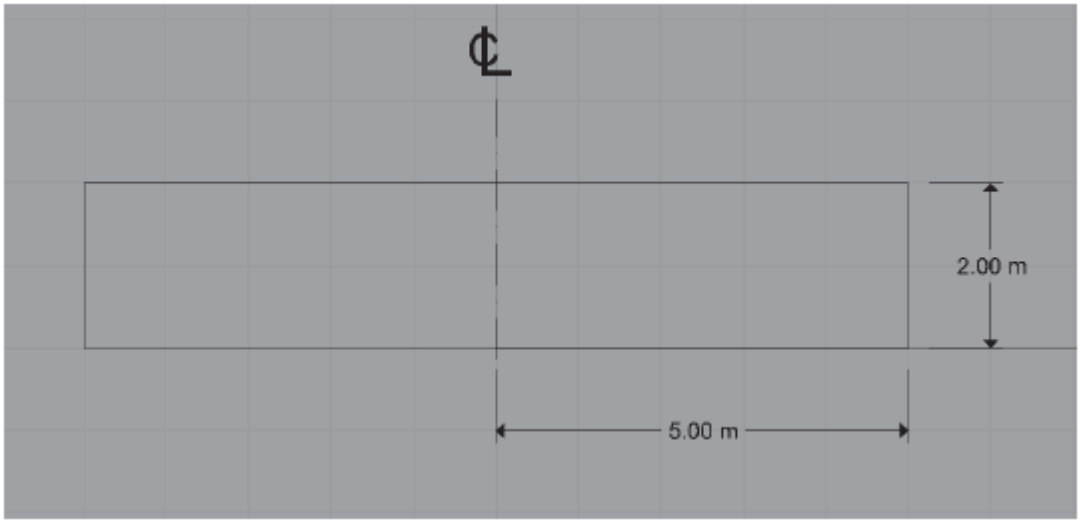


Fig.7. Sección transversal del modelo 1

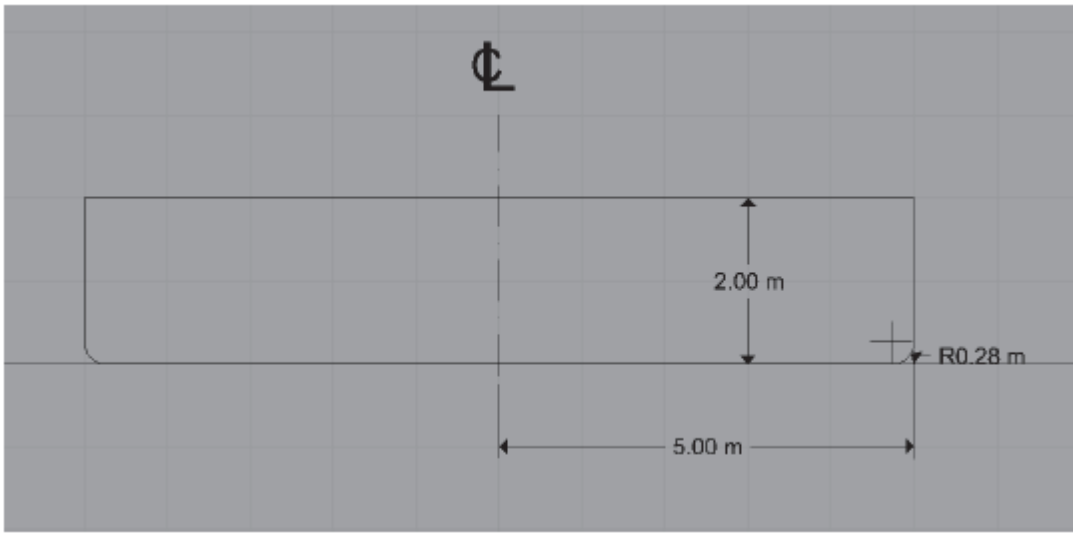


Fig.8. Sección transversal del modelo 2

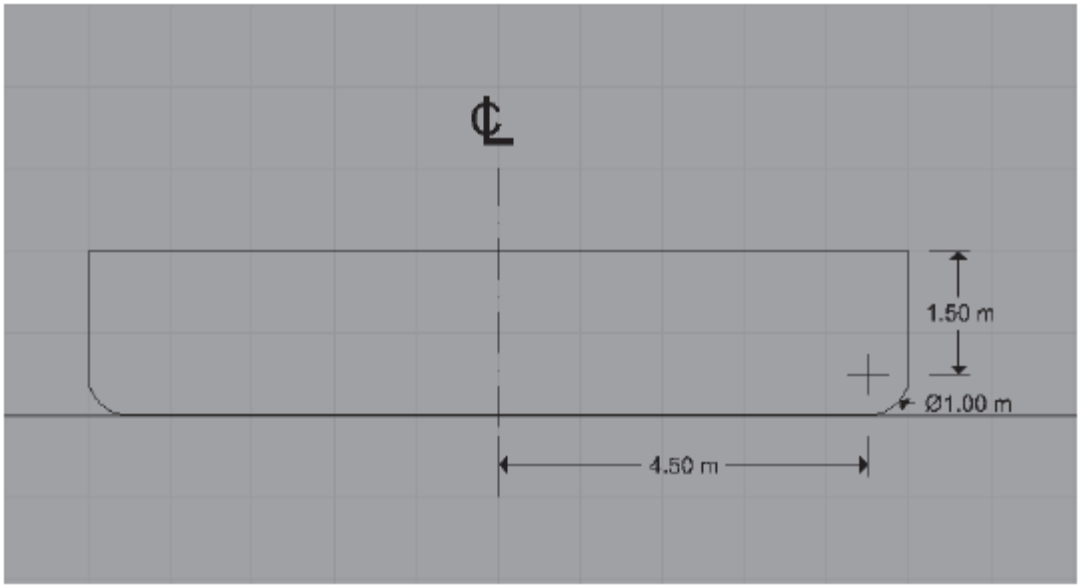


Fig.9. Sección transversal del modelo 3

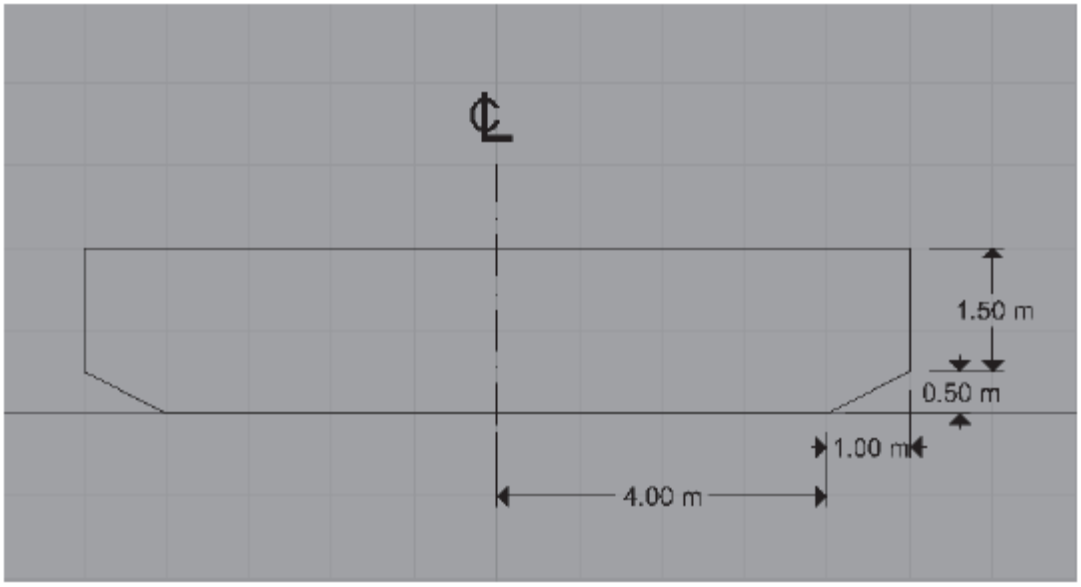


Fig.10. Sección transversal del modelo 4

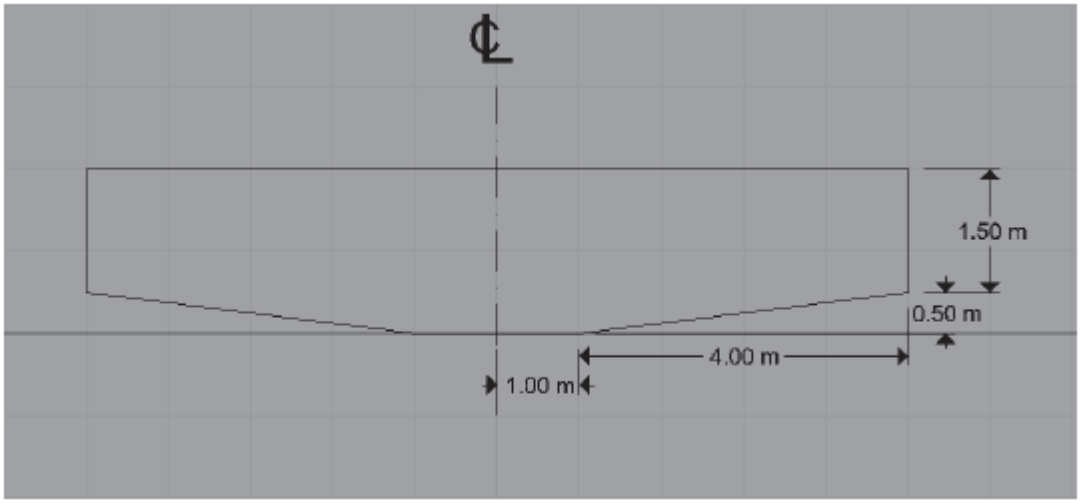


Fig.11. Sección transversal del modelo 5

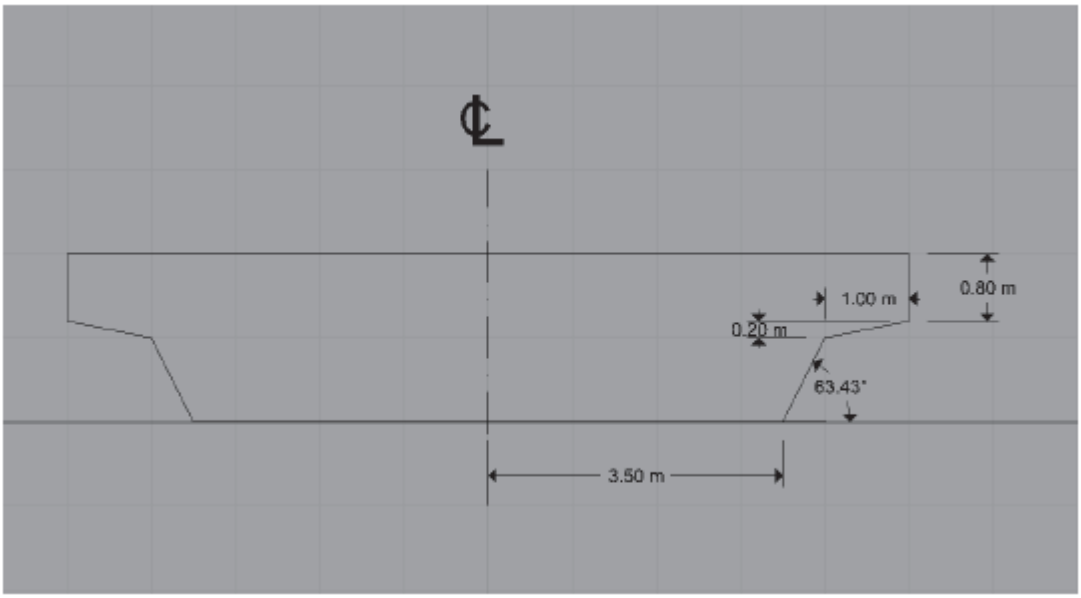


Fig.12. Sección transversal del modelo 6

2.2 Análisis y resultados para la obtención de la sección maestra óptima.

La primera fase consistió en hallar la sección maestra optima en términos de resistencia al avance, analizadas para una misma pendiente de racel (racel en proa y popa igual al 15%L respectivamente), para velocidades comprendidas [3 - 6] m/s, que es la velocidad promedio con la que se desplazan los convoy en la amazonia peruana.

Tabla 4. Potencias (HP) de las barcazas con secciones transversales variables, para un rango de velocidad.

BARCAZA	RESISTENCIA (HP)			
	3 m/s	4 m/s	5 m/s	6 m/s
Barcaza 1_15%	67.57	313.92	811.30	1652.32
Barcaza 2_15%	68.37	306.92	781.85	1619.82
Barcaza 3_15%	56.98	287.06	763.39	1583.01
Barcaza 4_15%	48.43	274.63	721.79	1458.94
Barcaza 5_15%	50.25	199.99	550.15	1220.11
Barcaza 6_15%	52.40	212.85	552.69	903.78

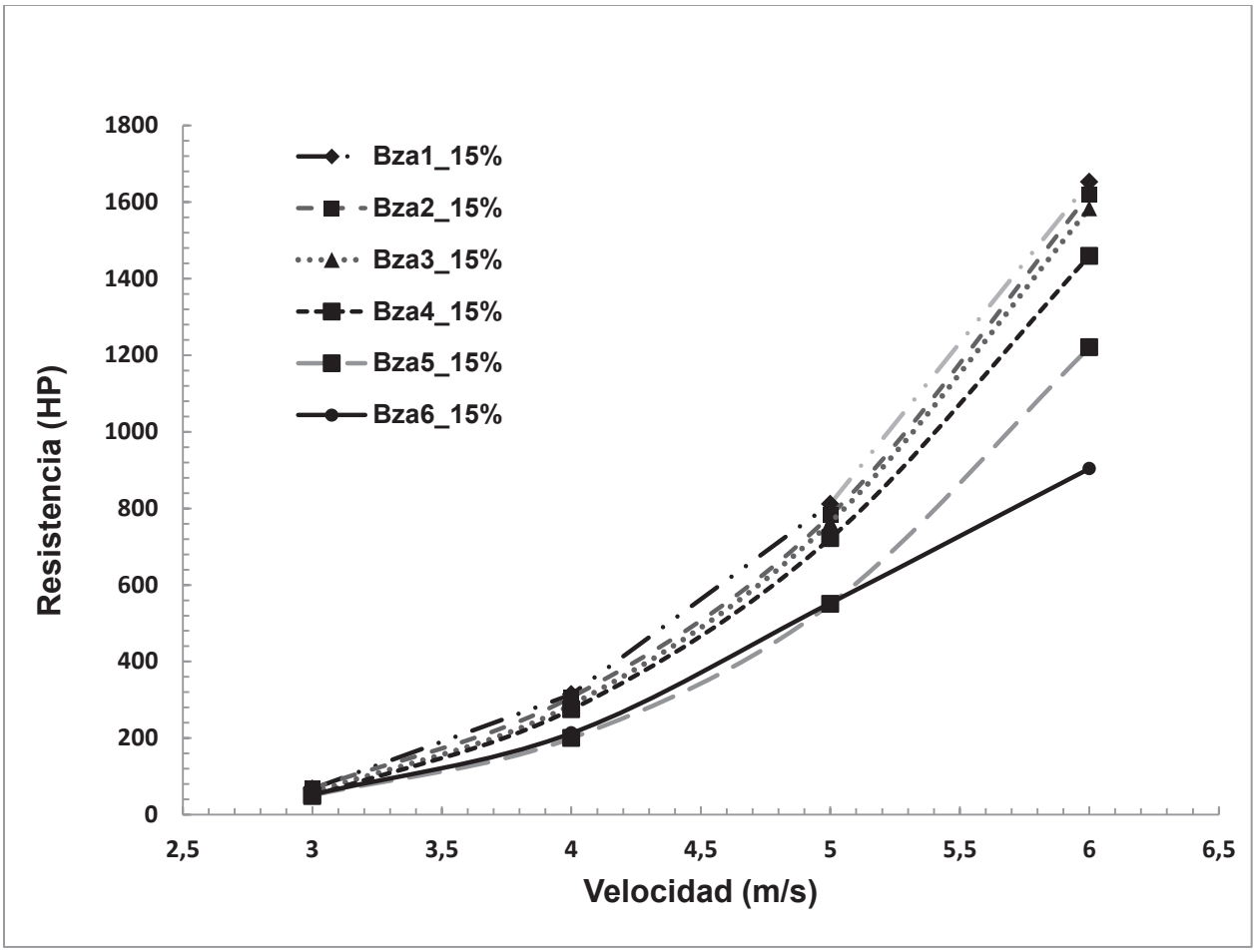


Fig.13. . Curvas de Resistencia al avance de las barcazas con secciones variables para un rango de velocidad de [3-6] m/s

2.3 Modificación del racel de la barcaza con sección transversal óptima.

Una vez conocido la sección transversal óptima de los modelos estudiados (Barcaza 05), se procedió a variar la pendiente y la curvatura del racel típico, tanto de proa como de popa de dicho modelo con sección transversal óptima. Las modificaciones se muestran a continuación:

2.3.1

2.3.2 Variación de la pendiente del racel:

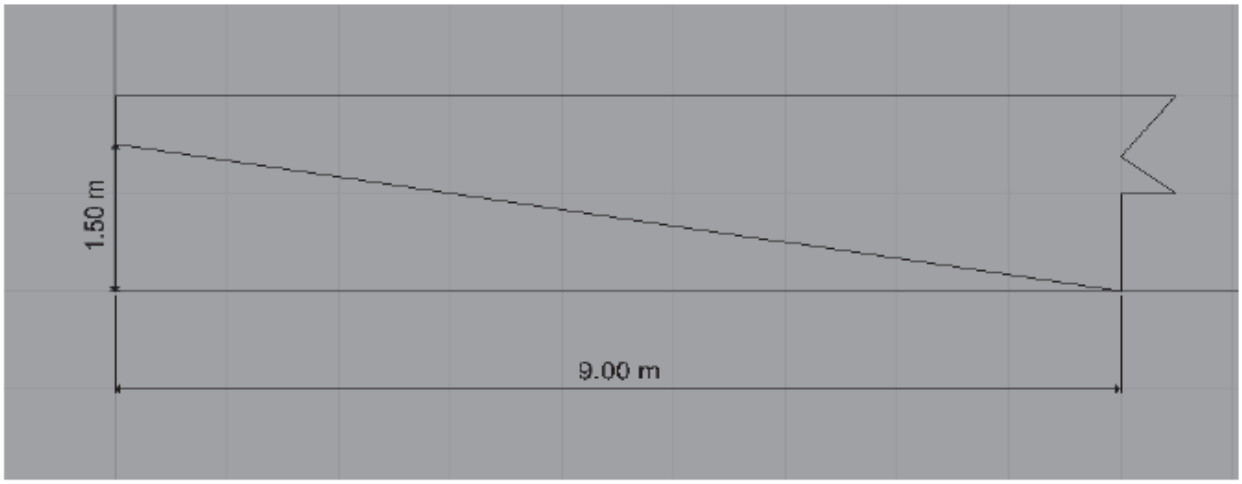


Fig.14. Perfil Longitudinal de Proa y Popa (Racel de proa = 20% L, Racel de popa =20% L)

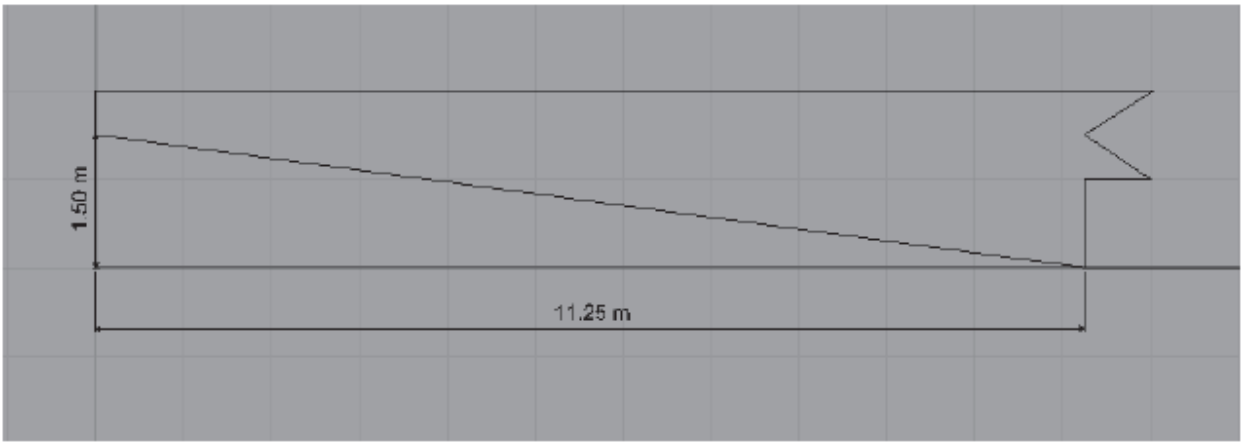


Fig.15. Perfil Longitudinal de Proa y Popa (Racel de proa = 25% L, Racel de popa =25% L)

2.3.2. Variación en la curvatura del racel:

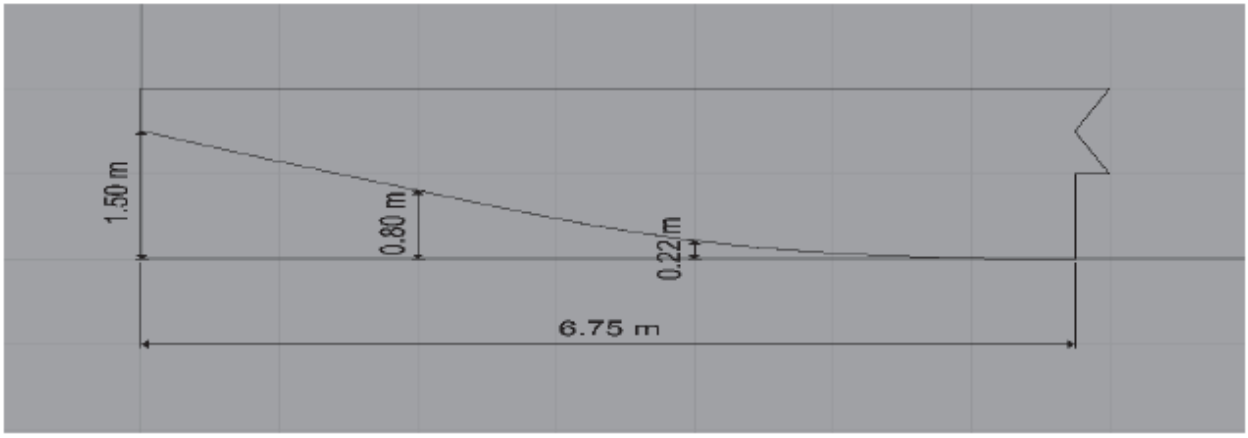


Fig.16. Perfil Longitudinal de Proa y Popa (Racel de proa = 15% L, Racel de popa =15% L, ambos con curvatura)

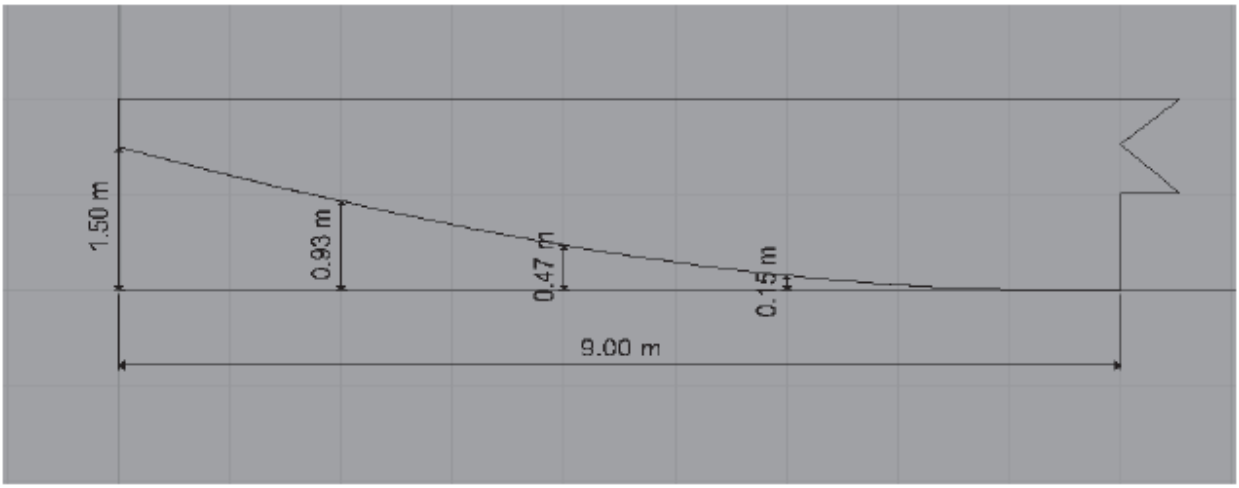


Fig.17. Perfil Longitudinal de Proa y Popa (Racel de proa = 20% L, Racel de popa =20% L, ambos con curvatura)

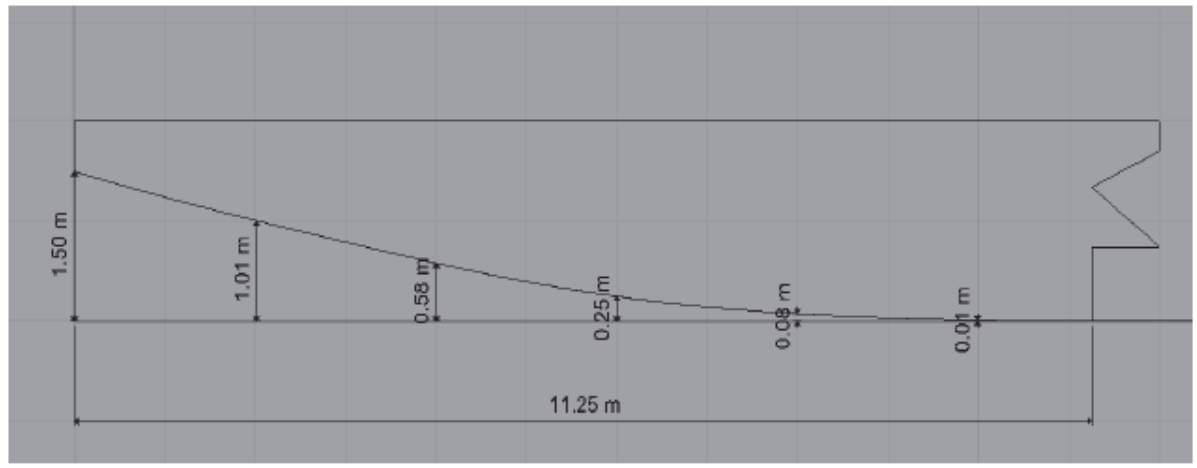


Fig.18. Perfil Longitudinal de Proa y Popa (Racel de proa = 25% L, Racel de popa =25% L, ambos con curvatur

2.4 Descripción y características principales del modelo óptimo con racel modificado.

Tabla 5. Características Principales de las variaciones de raceles aplicadas a la barcaza 5

	Modelo 5					
	Variación de la pendiente			Variación en la curvatura		
	15%L	20%L	25%L	15%L	20%L	25%L
Eslora Total (m)	45	45	45	45	45	45
Eslora de Flot. (m)	40.5	39	37.50	42.16	41.53	40.89
Manga (m)	10	10	10	10	10	10
Puntal (m)	2	2	2	2	2	2
Calado de Popa (m)	1	1	1	1	1	1
Calado de Proa (m)	1	1	1	1	1	1
Calado Medio (m)	1	1	1	1	1	1
Sup. Mojada (m^2)	447.11	429.20	411.45	466.93	458.54	450.98
Vol. Sumergido (m^3)	294.00	272.00	250.00	316.18	302.30	293.10

2.5. Resultados y discusión

Tabla 6. Potencias (HP) de la barcazas 5 con raceles variables.

BARCAZA	RESISTENCIA (N)			
	3 m/s	4 m/s	5 m/s	6 m/s
Barcaza 5_15%	50.25	199.99	550.15	1220.11
Barcaza 5_20%	42.93	179.82	538.80	1107.09
Barcaza 5_25%	41.50	166.55	519.03	1017.93
Barcaza 5_15%-C	45.96	207.34	607.77	1324.63
Barcaza 5_20%-C	42.40	189.30	559.91	1229.03
Barcaza 5_25%-C	40.02	182.59	537.18	1182.96

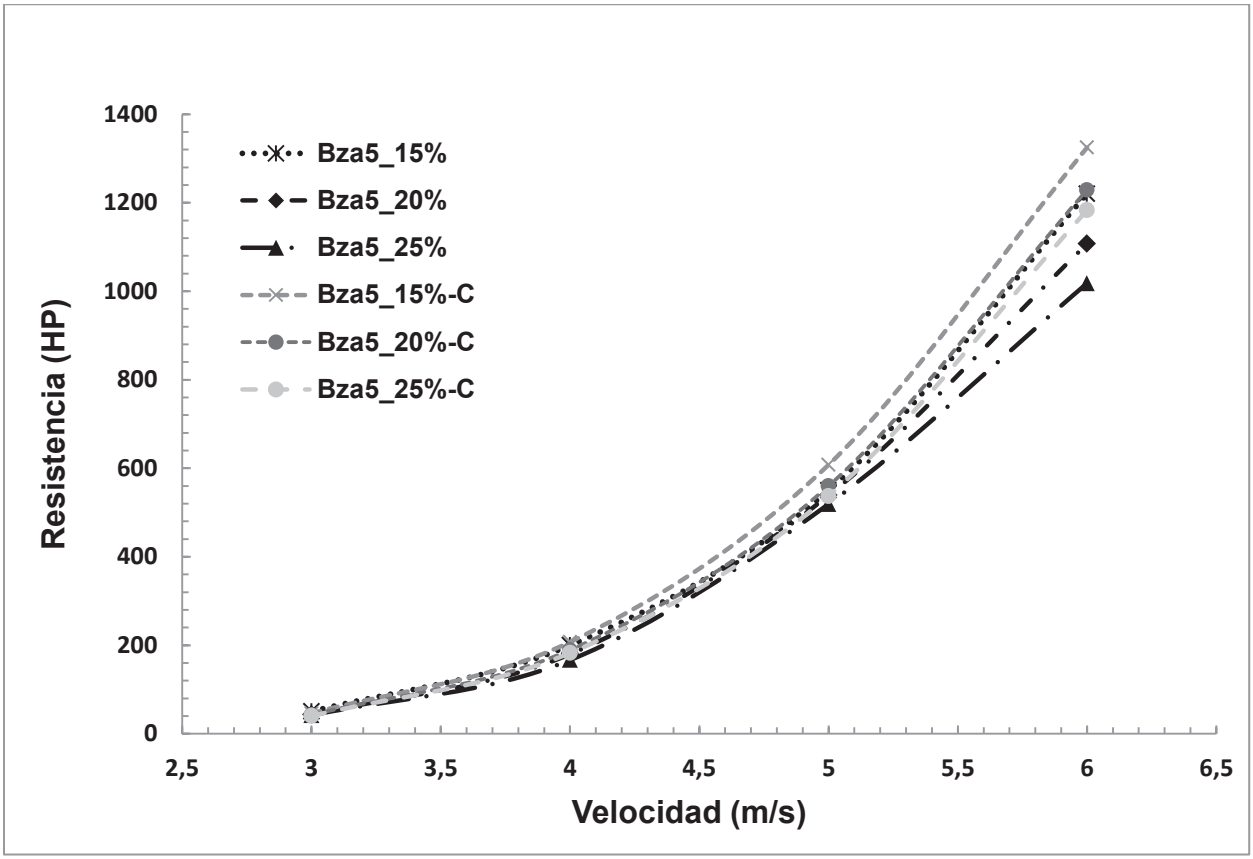


Fig.19. . Curvas de Resistencia al avance de la barcaza 5 con raceles variables para un rango de velocidad de [3-6] m/s

3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El CFD brinda la facilidad de poder realizar numerosos ensayos, sin incurrir en costos elevados (construcción física del modelo, ensayos de remolque y construcción de apéndices si se requiere) hacen del método numérico una alternativa de "selección" de formas a la hora de analizar un nuevo diseño o de mejorar uno ya existente. Si bien los métodos numéricos son una alternativa de alta viabilidad, no se pretende plantear un reemplazo de los canales de pruebas, sino un complemento entre ambos métodos para en conjunto brindar un trabajo más tecnificado. Sin embargo en proyecto donde los recursos sean limitados y se requieran aproximaciones fiables y de alta calidad, puede utilizarse un método numérico como alternativa a los canales de ensayos.

- La barcazas que presentaron una menor resistencia a la avance fueron las barcazas con secciones transversales "5" y "6", sin embargo, la velocidad de navegación en la amazonia peruana normalmente fluctúa entra [3-5] m/s y lo que se busca es una mayor capacidad de transporte de carga, por lo que se opta como la eficiente la "barcaza 5".

- El racel óptimo en términos de resistencia al avance es la barcaza 5 con un racel de proa y popa igual al 25% de la eslora. Pero por motivos que las barcazas normalmente al llegar a su destino suelen encallar por proa o popa en suelos fangosos, arcillosos y arenosos; los raceles deben ser de tal forma que faciliten este encallamiento y el desprendimiento del mismo para retomar con la navegación, por lo que se recomendaría la construcción de la Barcaza 5 con raceles de proa y popa igual al 25% de la eslora y concavidad en las mismas.

- En el futuro se espera corroborar estos resultados numéricos, con los respectivos ensayos experimentales de modelos, que serán realizados en las instalaciones del Laboratorio Nacional de Hidráulica.

4. BIBLIOGRAFIA

[1] J.M.A. Fonfach, C. Guedes Soares. 2010. Improving the resistance a series 60 vessel with a CFD code. Center for Marine Technology and Engineering (CENTEC), Technical University of Lisbon, Instituto Superior Técnico. Lisboa Postugal.

[2] Fellipe de Lima Gomes – Universidad Federal de Rio de Janeiro. Desenvolvimento de um modelo numérico em CFD para a estimativa da resistência de gerações de ondas.

[3] Carlos Vallejo Henriquez, Claudio Campos Suazo – Universidad Austral de Chile Resistencia al avance de una serie sistematica de barcazas.

[4] César Salhua Moreno, Jorge Ramirez Rosas – Universidad Nacional de Ingeniería Optimización de formas de buques mediante pruebas de modelos en canal Hidrodinámico - 2002

Evaluation of methods for estimating power to the most common form of hulls in the Amazon

Hito Braga de Moraes – Federal University of Pará - Brazil
Philip Alan Wilson – University of Southampton - United Kingdom

ABSTRACT

The Amazon region has had only a few studies in the field of naval architecture. This paper will explore the design of specific craft suitable for this environmentally sensitive region. The design will require verification and validation of the computational methods used to assess the hydrodynamics of the typical vessels commonly used in the Amazon region.

This research presents estimation methods for power boats, where one seeks to compare several statistical methods, based on systematic series and methods which use finite element theory with the results obtained from experiments performed in the towing tank. For the validation of the power estimate it is necessary to compare the results generated by these methodologies with the results obtained in tests with scaled models in a towing tank.

An identification process was used to determine three typical types of regional powered vessels on the Amazon. The effective power was then analysed for these vessels. After selecting the type of hull, ship models were constructed for testing in the towing tank. Comparisons are then made between theory and scaled models.

Nomenclature

B Ship beam (m.)
C_B Block coefficient
C_f Coefficient of frictional resistance
C_M Mid ship area coefficient

C_p Prismatic coefficient

F_n Froude number

$F_{n\nabla}$ Froude number based on volume

L Ship length (m.)

L_D Displacement length (m.)

L_{BP} Length of ship between perpendiculars (m)

Lwl Length on waterline (m)

LCB Longitudinal centre of buoyancy (m.)

P_E Effective power (kW)

R_R Residual resistance coefficient

S Wetted surface area (m^2)

T Ship draft (m.)

V Ship velocity (m. s^{-1})

V_k Ship speed in knots

Δ Ship displacement (tonnes)

α Angle of entrance (degs.)

1 INTRODUCTION

Passenger transport in the Amazon region has used, mostly, wooden craft built by virtue of being the most abundant material in the region and easy maintenance and replacement. The traditional construction technique that is used is without much technical guidance to produce the most suitable hull shape and the power required for the propulsion of such vessels. This practice leads to inappropriate projects and very high operating costs due to lack of technical information about the power required for the desired speed.

2 TYPES AND FORMS OF HULLS USED IN THE AMAZON

From a study of the actual craft used in the area three models of typical boats that are used within the Amazon region, were used for testing in towing tank experiments. After searching for the typical forms of hull in the Amazon region, the identification of lines plan of the three most common forms of boats in the Amazon region (small,

medium and large) were produced, with the goal of finding the estimates of resistance. The range of these three boats is 11m to 28.8m. This was performed by measuring resistance in the towing tank and also the equivalent propulsive parameters by testing self-propelled models small-scale models were constructed of the three types of boats for tests in towing tank.

The tests consisted of towing the model along the tank, using the dynamometer on the support carriage, to measure the resistance force for each forward speed.

During each run, measurements were made of the forward speed and towing force, the angle of trim and the sinkage of each model. The towing tests were conducted over a range of scale speeds centred on the design speed giving a range, corresponding to a full range of 4 to 15 knots. The details of the test tank used are found in Table 1.

Table 1: Main dimensions of the towing tank

main characteristics		
Length	**m**	**280.00**
Width	**m**	**6.60**
Water depth	**m**	**4.50**
Maximum carriage velocity	**m/s**	**3.50**

a) SMALL VESSEL

Table 2: Small Vessel

Base data		**Coefficients**	
Length	**11 m.**	**C_p**	**0.70**
Beam	**2.43 m.**	**C_b**	**0.52**
Draught	**0.65 m.**		
Displacement	**9 tonnes**	**-**	**-**
Wetted Area	**28.6 m^2**	**-**	**-**

To make the model of the hull SMALL it was necessary to use the lines plan of model illustrated in Figure 1. The actual scale of the model is 15.0.

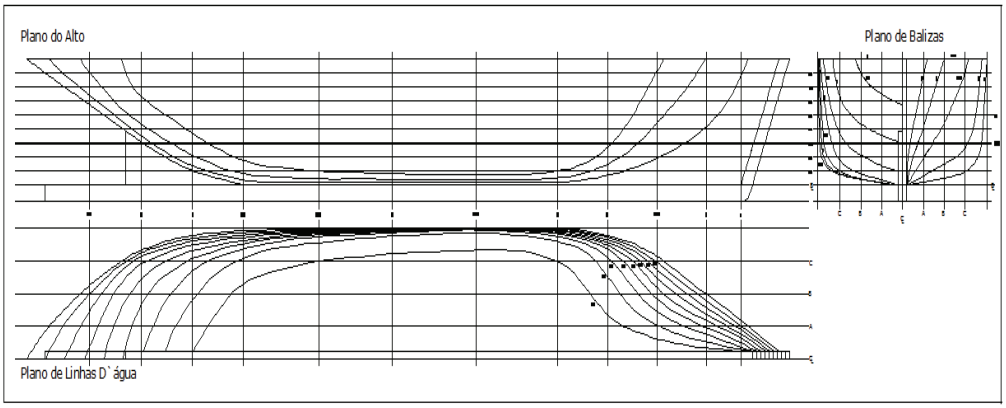


Figure 1: Lines plan SMALL VESSEL

Figure 2 shows the scale model produced and in Figure 3 the software rendering of the finite elements is shown.

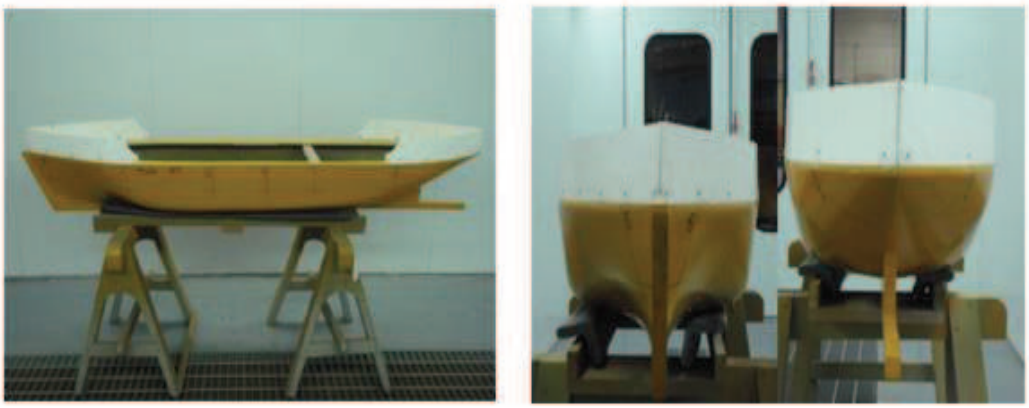


Figure 2: Small-scale model of the SMALL VESSEL

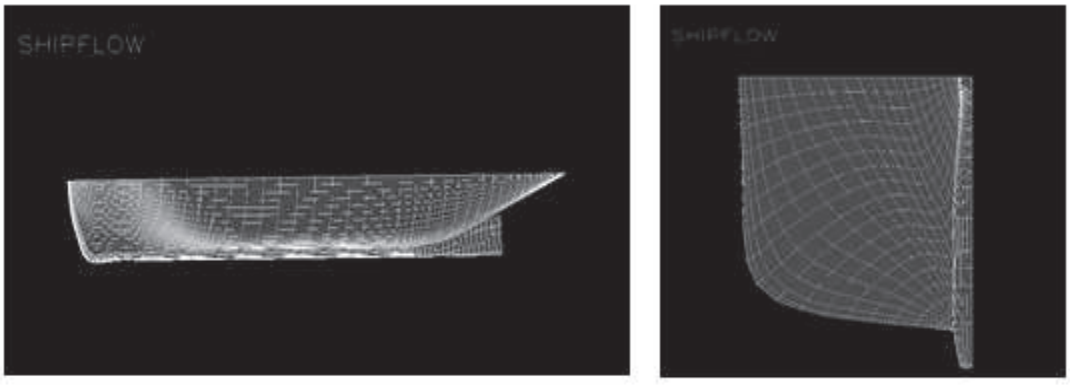


Figure 3: SMALL VESSEL modelled in software

b) MEDIUM VESSEL:

Table 3: Medium Vessel

Base data		Coefficients	
Length	20.3 m.	C_p	0.71
Beam	4.8 m.	C_b	0.71
Draught	1.2 m.		
Displacement	82.80 tonnes	-	-
Wetted Area	127.4 m^2	-	-

To produce the model of the ship hull MEDIUM was necessary to use the lines plan of small-scale model illustrated in Figure 4. As with the other ship model Figure 5 illustrates the actual scale model with a scale of 15.0. Figure 6 is the software rendered model of the finite elements.

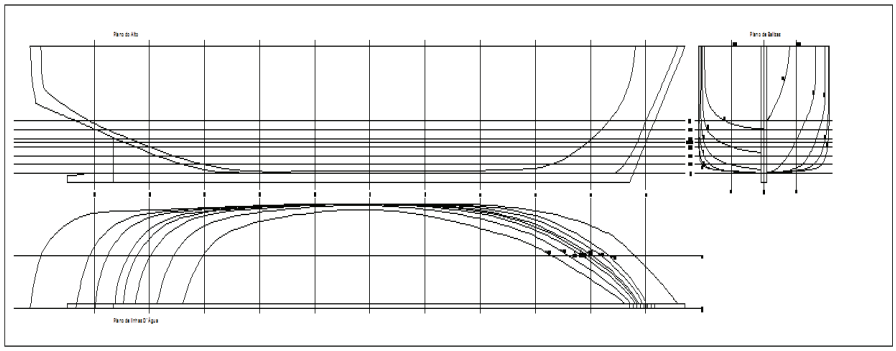


Figure 4: Lines plan MEDIUM VESSEL



Figure 5: Small-scale model of the MEDIUM VESSEL

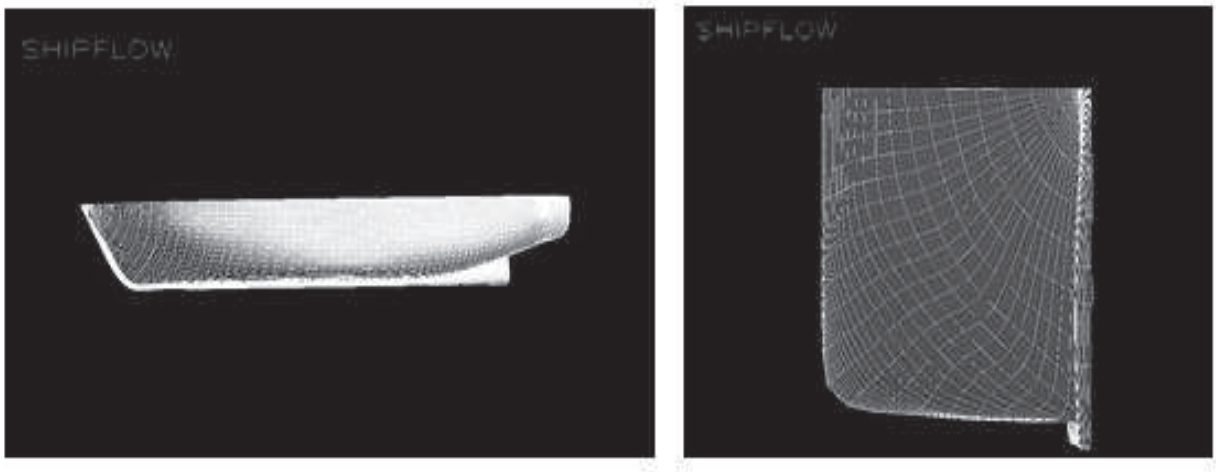


Figure 6: MEDIUM VESSEL modelled in software

c) LARGE VESSEL:

Table 4: Large vessel

Base data		Coefficients	
Length	28.8 m.	C_p	0,71
Beam	7.5 m.	C_b	0,57
Draught	1.9 m.	-	-
Displacement	234.69 tonnes	-	-
Wetted Area	250.12 m^2	-	-

To produce the model of the ship hull LARGE was necessary to use the lines plan illustrated in the following Figure 7. The scale used is 15.0.The scale model used in the towing tank tests is shown in Figure 8 and the equivalent rendered model used in FEA software is shown in Figure 9.

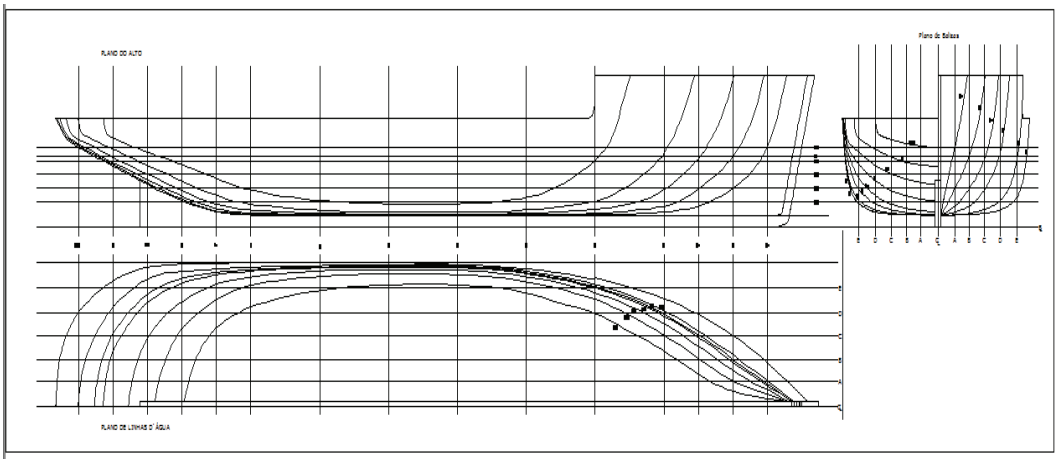


Figure 7: Lines plan LARGE VESSEL

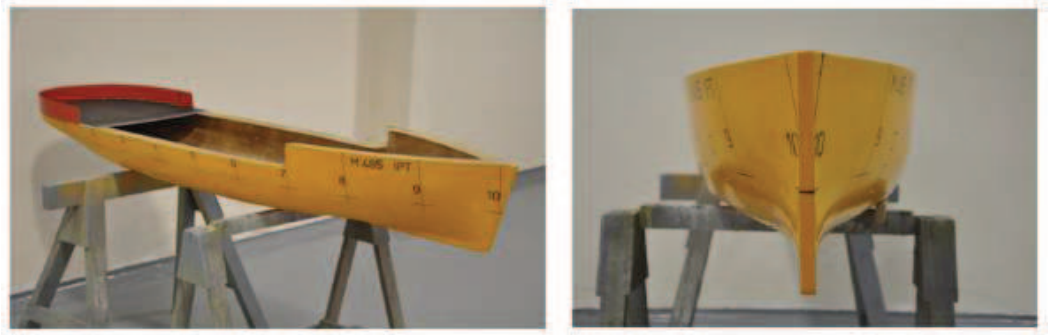


Figure 8: Small-scale model of the LARGE VESSEL

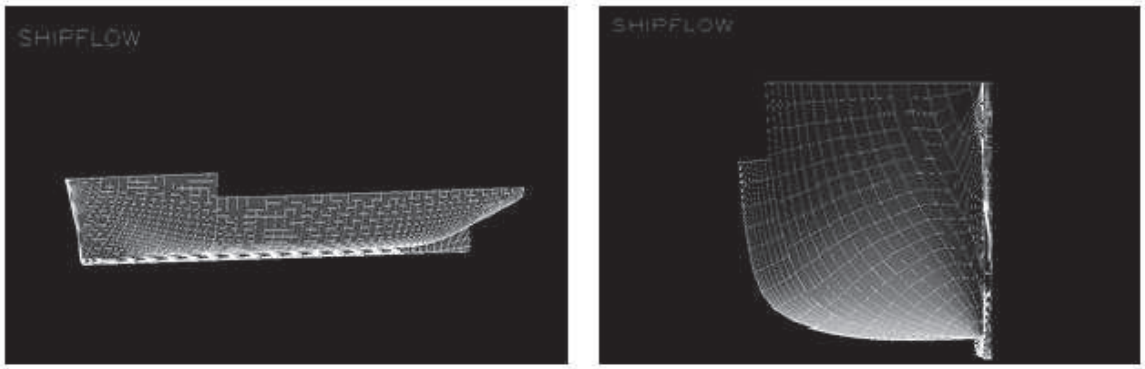


Figure 9: LARGE VESSEL modelled in software

3 METHODS FOR ESTIMATING POWER

There are several methods adopted to estimate the effective power of each ship that is presented below.

3.1 Van Oortmerssen: Small Ships

Van Oortmerssen [10] developed regression equations for estimating the resistance of small ships such as tugs, fishing boats, stern trawlers and pilot boats, broadly in the full scale length range 15 m to 75 m. The objective was to provide equations that would be accurate enough for design purposes. The analysis was based on 970 data points from 93 ship models that had been tested at The Netherlands Ship Model Basin (NSMB) (now Maritime Research Institute of the Netherlands [MARIN]) in the 1960s.

Approximate limits of the data (extracted from the diagrams) are as follows:

Froude number, F_n = 0.2 – 0.5

L/ B = 3.4 – 6.2

LCB: - 4.4%L to + 1.6%L

α : 15°- 35°.

Where **α** is the half-angle of entrance of the waterline at the bow. If **α** is not known, an approximation is $\alpha = 12.0\, C_B - 50$ ($0.5 < C_B < 0.7$) (Molland et al [1]).

B/T 1.9-3.2.

C_P: 0.55-0.70 (mainly about 0.60).

C_M: 0.76-0.94 (mainly about 0.82-0.92).

If C_M is not known, an approximation for small ships is given in Equation $C_M = 0.80+0.21C_B$ (Molland et al [1]).

A displacement length L_D is used, defined as $L_D = 0.5(L_{BP} + Lwl)$, with Fr, Re, LCB, C_P and C_M being based on L_D. An angle of entrance parameter is defined as.

$$C_{WL} = \alpha \times L_D/B. \qquad (1)$$

The residuary resistance was derived using the ITTC1957 1ine for *Cp.* The components of the equation for residuary resistance ratio $R_{R/\Delta}$ are as follows:

$$\frac{R_R}{\Delta} = C_1 e^{-m/9F_n^{-2}} + C_2 e^{-mF_n^{-2}} + C_3 e^{-mF_n^{-2}} \sin F_n^{-2} + C_4 e^{-mF_n^{-2}} \cos F_n^{-2} \quad (2)$$

Where, $m = 0.1434\ C_P^{-2.1976}$ (3)

$c = \{d_{i,0} + d_{i,1} . LCB + d_{i,2} . LCB^2 + d_{i,3} . C_p + d_{i,4} C_P + d_{i,5} . (L_D/ B) + d_{i,6} . (LD/ B)^2 + d_{i,7} . CWL + d_{i,8} . CWL^2 + d_{i,9} . (B/T) + d_{i,l0} . (B/T)^2 + d_{i,11} . CM\} \times 10^{-3}$, (4)

where, *LCB* forward of 0.5 *L* as a percentage of *L* and the coefficients d_i are given in Table 5.

Table 5: Van Oortmerssen [10]: Small ship resistance regression coefficients

i =	*1*	*2*	*3*	*4*
di,0	79, 32134	6714,88397	-908,44371	3012,14549
di,1	-0,09287	19,83	2,52704	2,71437
di,2	-0,00209	2,66997	-0,35794	0,25521
di,3	-246,45896	-19662,024	755,1866	-9198,8084
di,4	187,13664	14099,904	-48,93952	6886,60416
di,5	-1,42893	137,33613	9,86873	-159,92694
di,6	0,11898	-13,36938	-0,77652	16,23621
di,7	0,15727	-4,49852	3,7902	-0,82014
di,8	-0,00064	0,021	-0,01879	0,00225
di,9	-2,52862	216,44923	-9,24399	236,3797
di,10	0,50619	-35,07602	1,28571	-44,1782
di,11	1,62851	-128,72535	250,6491	207,2558

Table 6: Trial allowances for ΔC_F

Allowances *for*	ΔC_F
Roughness, all welded bulls	0.00035
Steering resistance	0.00004
Bilge keel resistance	0.00004
Air resistance	0.00008

The residuary resistance is calculated as:

$$R_R = R_R/\Delta \times (\nabla \times \rho \times g). \quad (5)$$

C_f is derived using the ITTC formula.

$$C_f = 0.075/(\log_{10} \mathrm{Re} - 2)^2 \quad (6)$$

$\Delta \mathbf{C_f}$ allowances for trial conditions are again given in Table 5

Friction resistance is then derived as:

$$R_F = (C_F + \Delta C_F) \times \tfrac{1}{2}\rho S V^2. \quad (7)$$

S can be calculated from:

$$S = 3.223V^{2/3} + 0.5402L_D V^{1/3} \quad (8)$$

3.2 WUMTIA: Small Craft: Round Bilge Series

A regression analysis was carried out on chine and round-bilge hull forms which had been tested by WUMTIA at the University of Southampton. Over 600 hull forms had been tested by WUMTIA since 1968, including both hard chined and round-bilge hull forms representing vessels ranging typically from 10 m to 70 m.

Thirty test models of round-bilge generic form were used in the regression analysis. Tests at different displacements were also included leading to a total of 47 sets of round-bilge resistance data. The data were all taken from hull forms that had been

optimised for their running trim characteristics at realistic operating speeds and include, the effects of change in wetted are a with speed.

The analyses covered the speed range, as follows: The volume Froude number $F_{n\nabla}$ in the range 0.50 - 2.75, or approximate length Froude number range F_n = 0.25 - 1.2, where

$$F_{n\nabla} = \frac{V}{\sqrt{g\nabla^{1/3}}}, \quad F_n = \frac{V}{\sqrt{gL}}, \quad \text{and} \quad F_{n\nabla} = F_n(\frac{L}{\nabla^{1/3}})^{0.5}$$

It is noted that for the round-bilge hulls there are few data between L/B > 5.5 - 6.5. Above F_n=1.5, the upper limit of *L/B* is 5.5, and it is recommended that the data for L/B > 5.5 be restricted to speeds < $F_{n\nabla}$ = 1.5.

The data are presented in terms of a C-Factor (C_{FAC}) which was developed by small craft designers for the prediction of power at an early design stage

$$C_{FAC} = 30.1266 \frac{V}{\sqrt{L}} \sqrt{\frac{\Delta}{2P_E}} \qquad (9)$$

Where the constant 30.1266 was introduced to conserve the value of C_{FAC}, which was originally based on imperial units. Above a $F_{n\nabla}$ of about 1.0, C_{FAC} lies typically between about 50 and 70. Thus by rearranging equation 9 we get the effective power,

$$P_E = 453.8\Delta \frac{V_K}{\sqrt{L}} \frac{1}{C^2{}_{FAC}} \qquad (10)$$

Where P_E is in kW, Δ is in tonnes, V_K is in knots and L is in metres. The predictions for C_{FAC} (round-bilge hulls) are presented as regression equations.

$$C_{FAC} = a_o + a_l (L/\Delta^{1/3}) + a_2 L/B + a_3 (S/L^2)^{1/2} + a_4 (L/\Delta^{1/3})^2 + a_5 (L/B)^2 + a_6 (S/L^2) + a_7 (L/\Delta^{1/3})^3 + a_8 (L/B)^3 + a_9 (S/L^2)^{3/2} \quad (11)$$

The wetted area S for the round-bilge can be estimated using Equation (12).

$$S = 0.355636(\Delta) + 5.75893(L) - 3.17064(B) \quad (12)$$

The regression coefficients a_o to a_9 in Equations (11) are given in Tables 6.

It should be noted that these regression equations (C_{FAC}) tend to give slightly pessimistic predictions of power. As a result of advances in scaling techniques and the inclusion of extra model data in an updated analysis, it is recommended that the original predictions for the round bilge hulls be reduced on average by 4%.

Table 7. WUMTIA Resistance regression coefficients for C-factor, round bilge

PARAMETER	Frv	0,5	0,75	1	1,25	1,5
	a0	1136,829	-4276,159	-921,0902	-449,8701	-605,9794
$L/Vol^{1/3}$	a1	-54,50337	859,2251	460,6681	243,5577	3,073361
L/B	a2	-261,8232	98,15745	2,604913	59,9026	-32,77933
$(S/L^2)^{0,5}$	a3	-2695,885	16369,41	737,8893	-223,2636	4097,999
$(L/Vol^{1/3})^2$	a4	5,365086	-153,5496	-75,42524	-40,36861	-1,682758
$(L/B)^2$	a5	59,31649	-24,77183	-0,706952	-12,58654	6,486023
(S/L^2)	a6	5300,271	-32787,07	-2325,398	7,616481	-7823,835
$(L/Vol^{1/3})^3$	a7	-0,136343	9,031855	4,114508	2,222081	0,200794
$(L/B)^3$	a8	-4,207338	1,970939	0,112712	0,901679	-0,341222
$(S/L^2)^{3/2}$	a9	-3592,034	21484,47	2095,625	274,9351	4961,028

Table 7 . Continuation

PARAMETER	Frv	1,75	2	2,25	2,5	2,75
	a0	-437,3817	351,1909	813,1732	-622,9426	-1219,095
$L/Vol^{1/3}$	a1	40,51505	-183,7483	-194,1047	200,5628	346,1326
L/B	a2	-87,85154	-101,2289	-63,92188	-138,7268	-139,0729
$(S/L^2)^{0,5}$	a3	3101,983	956,9388	-1884,341	2745,177	4659,579
$(L/Vol^{1/3})^2$	a4	-4,308722	35,62357	36,56844	-31,93601	-56,785
$(L/B)^2$	a5	20,96359	25,14769	17,01779	36,50832	36,71361
(S/L^2)	a6	-6339,599	-2061,44	3417,534	-5770,126	-9650,592
$(L/Vol^{1/3})^3$	a7	0,104035	-2,254183	-2,264704	1,682685	3,096224
$(L/B)^3$	a8	-1,586765	-2,004468	-1,429349	-3,082187	-3,124286
$(S/L^2)^{3/2}$	a9	4302,659	1473,702	-2022,774	4046,07	6655,716

3.3 NPL Series

This systematic series of round-bilge semi-displacement hull forms was tested at NPL, Teddington, UK, in the 1970s, Bailey. An example of the body plan for the series is shown in figure 10 and the series covered the following range of speeds and hull parameters.

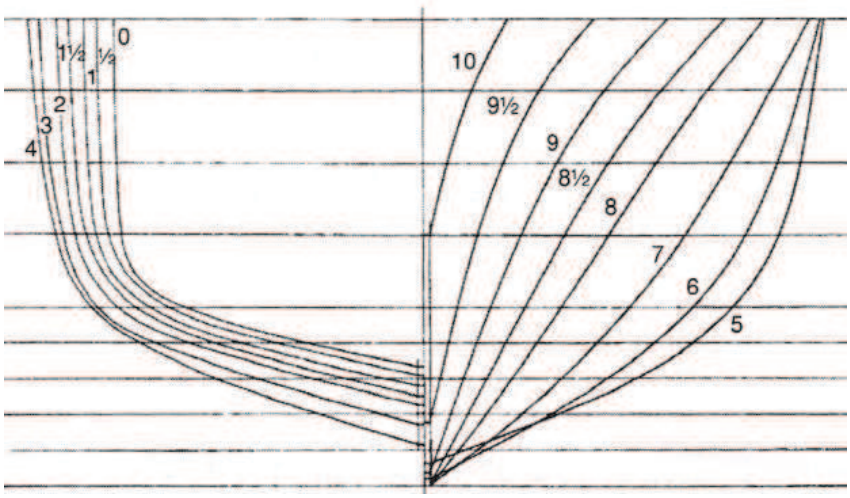


Figure 10 - NPL series body plan

Speed. $\frac{V_R}{\sqrt{L}} : 0.8 - 4.1, (Fr : 0.30 - 1.1, Fr_{\nabla} : 0.6 - 3.2)$

$$\frac{B}{T}:1.7-6.7;C_b=0.4(fixed);\frac{L}{\nabla^{1/3}}:4.5-8.3$$

LCB was fixed at 6.4% aft of amidship. Model length Lwl = 2.54m

Data for R_R/Δ and Cr for a 30.5 m ship are presented in graphical form for a range of L/B, $L/\Delta^{1/3}$ and Fr . R_R was derived by subtracting R_F, using the ITTC line, from the total resistance R_T

In order to provide a more compatible presentation of the NPL data, C_R values have been calculated for the data where,

$$C_R=\frac{R_R}{0.5.\ell.S.V^2} \qquad (13)$$

Table 8 Coefficients in the equation $C_R=a(\frac{L}{\Delta^{1/3}})^n$ for series 64 monohulls, C_b =0.45

F_n	*a*	*n*	R^2
0.4	36,726	-4,41	0.979
0.5	55,159	-4,61	0.989
0.6	42,184	-4,56	0.991
0.7	29,257	-4,47	0.995
0.8	27,130	-4,51	0.997
0.9	20,657	-4,46	0.996
1.0	11,644	-4,24	0.995

Table 9 Coefficients in the equation A value for $C_R=a(\frac{L}{\Delta^{1/3}})^n$ for series 64, monohulls, C_B = 0.55

F_n	*a*	*n*	R^2
0.4	926	-2.74	0.930
0.5	1775	-3.05	0.971
0.6	1642	-3.08	0.983
0.7	1106	-2.98	0.972
0.8	783	-2.90	0.956
0.9	458	-2.73	0.941
1.0	199	-2.38	0.922

The resulting values for C_R are given in annex 1. Wetted surface area can be estimated using an appropriate formula, as the following equations.

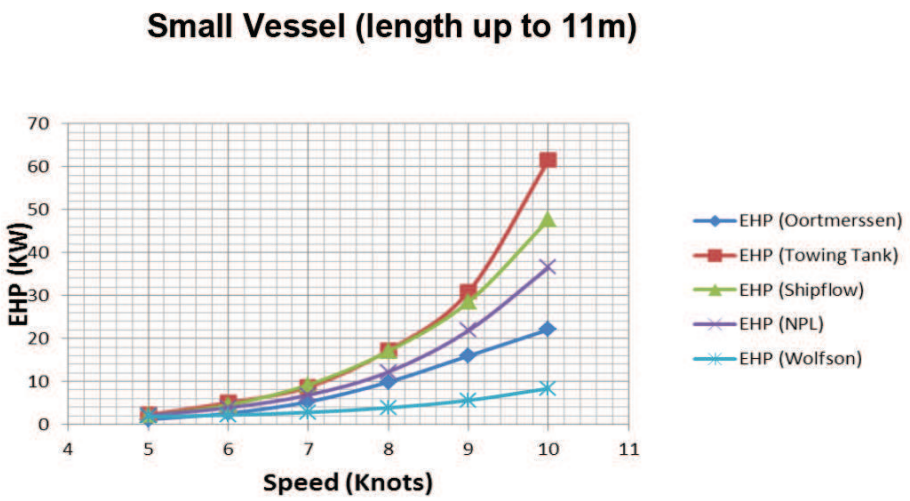
$$S = Cs.\sqrt{\Delta.L} \qquad (14)$$

$$Cs = 2.538 + 0.0494.(B/T) + 0.01307.(B/T)^2 \qquad (15)$$

4 RESULTS

To verify the results of the programs that estimate effective horse power (EHP), vessels with hull shapes of the type round-rilge, which is the most common among the hull shapes of vessels carrying passengers on Amazon. A comparison of the results of four different methods to estimate the EHP vessels aiming to identify which method they best approximates the EHP regional vessels when compared to the results found in the towing tank. The results obtained in the models were compared with the results obtained in towing tank for three different hull shapes, which are the most usual in the Amazon region, as the range of size and capacity.

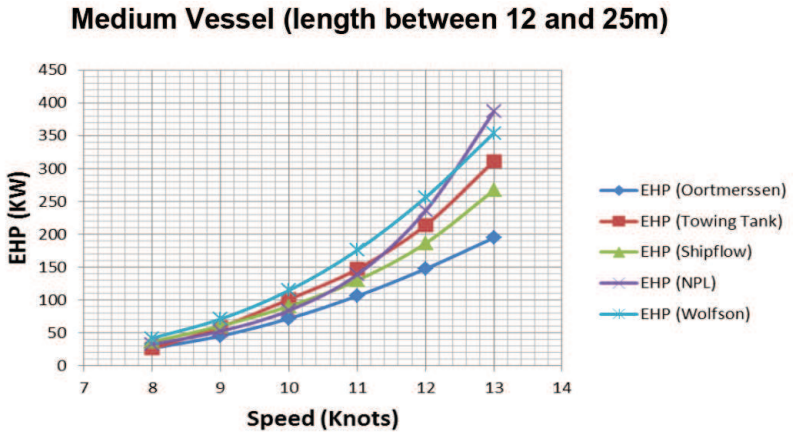
For the most usual type of hull for small vessels, there was obtained the results shown in graph where one can observe that the *Shipflow* [11] program, which uses the finite element method, showed very good results at speeds between 5 and 9 knots, with small differences for speeds above 10 knots. The model NPL showed the best results from among the proposed EHP estimated by regression and statistical analyzes with very small errors when compared with the results of towing tank for the range of 5 to 9 knots. The methods of Oortmerssen showed good applicability to the speed of 8 knots. The Wolfson Unit method already presented satisfactory results at speeds up to 6 knots.



Small Vessel (length up to 11m)

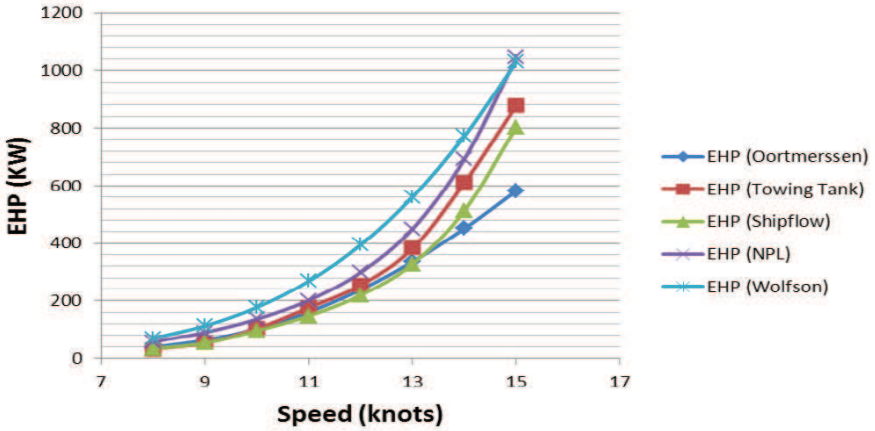
For the hull vessels of medium size, all models showed very good results at speeds up to 10 knots. From 10 knots, only the model proposed by Oortmerssen stayed with results with a significant difference in the results presented by the towing tank, the other models showed very good results compared to the results obtained in the towing tank. From 11 knots, the methods Wolfson Unit began to show higher values than those obtained in the Towing Tank, around 20%. Since the NPL method only begins to exhibit higher values for speeds above 12 knots the NPL method that provides the best result among the methods using regression analysed for speeds up to 12 knots.

Medium Vessel (length between 12 and 25m)



For the results to the hull of a large vessel typical of the Amazon, it is found that the finite element method of *Shipflow* is the closest to the results of the towing tank at all speeds. All methods show good accuracy up to speed of 11 knots, and, among the estimation methods using regression, the NPL method also gives good results throughout the speed range studied.

Large Vessel (length between 26m up to 36m)



5 FINAL CONCLUSIONS

All estimation methods of EHP showed good results for speeds below 11 knots. However for speeds between 11 to 15 knots, only the results of *Shipflow*, and NPL present results close to those obtained from towing tank. The other prediction methods EHP results show significant differences with those found in the towing tank.

A more comprehensive investigation and greater universe of hull shapes must be done to confirm the findings obtained in this work. It should also be emphasized that the research was limited in the speed range of 5 to 15 knots, which is the speed range higher incidence of regional vessels that operate in the Amazon.

Among the statistical methods have the following conclusions:

The method of Van Oortmerssen [10]is very good for EHP estimates of typical craft of the Amazon to the speed range up to 10 knots and lengths up to 25m.

The WUMTIA (WOLFSON) method is more suitable for the range between 12m and 36m, but with always higher than estimates found in the towing tank.

The NPL method showed good accuracy for all speed ranges studied, which qualifies it for use in predictive power (EHP) of vessels that are the carriage of passengers and cargo in the Amazon region. However its accuracy is better for vessels greater than 11m in length.

The *Shipflow* program that uses the finite element method gives good results also for all speed ranges studied, and this program great applicability to estimate power (EHP) of vessels typical of the Amazon.

There is also that the systematic series of NPL presents results very close to those found by *Shipflow* for the length range between 12 and 36 m to all speeds, with the advantage of much less computational effort and more practical method.

6 References

[1] Molland, A.F., Turnock, S.R. and Hudson, D.A. Ship Resistance and Propulsion – Practical Estimation of Ship Propulsive Power, Cambridge, 2011.

[2] Zhang Z, Liu H, Zhu S, Zhao F. Application of CFD in ship engineering design practice and ship hydrodynamics. Conference of Global Chinese Scholars on Hydrodynamics. 2006

[3] Gotman, A. Navigating the wake of past efforts. The Journal of Ocean Technology.
Volume 2. Number 1. pp 74-96. 2007

[4] The Resistance Committee. Proceedings of the 24th IIT. Volume I. ITTC, 2005 U.K.

[5] Versteeg H.K, Malalasekera W. . An introduction to Computational Fluid Dynamics. The finite Volume Method. Essex: Longman Scientific & Technical. 1995.

[6] Thompson J.F., Soni B.K., Weatherill N.P. . Handbook of Grid Generation. CRC Press. 1999.

[7] Montgomery, D. Design and Analysis of Experiments. John Wiley & Sons, Inc. 2005.

[8] Molland, A.F., Wilson, P. A., Taunton, D.J., Chandraprabha, S. and Ghani, P.A., Resistance and wash measurements on a series of high speed displacement monohull and catamaran forms in shallow water. International Journal of Maritime Engineering, Transactions of RINA, 146(A2), 2004

[9] Tran, T., Harris, C. J., and Wilson, P. A., A vessel management expert system. Journal of Engineering for the Maritime Environment, Proceedings of I. Mech. E, 216(M), , 161-177. 2002.

[10] Van Oortmerssem, G., A power prediction method and its application to small ships, publication n° 391 of NSMB, 1971.

[11] Shipflow, users manual, FLOWTECH, Gothenburg Sweden,2001.

Annex 1

NPL series resistance data $C_R \times 1000$

$L/\nabla^{1/3}$	4.47			4.86			5.23			5.76			
B/T	1.72	2.43	3.19	2.19	3.16	4.08	1.94	2.75	5.10	1.93	2.59	3.67	6.80
$V_K/\sqrt{L_f}$													
0.8	4.800	5.167	5.533	3.524	4.088	4.651	3.251	4.250	4.172	3.373	3.953	3.900	3.768
0.9	5.163	5.758	6.352	4.062	4.691	5.319	3.846	4.563	4.789	3.777	4.209	4.187	4.311
1.0	5.673	6.472	7.270	4.722	5.391	6.060	4.449	5.098	5.480	4.240	4.499	4.547	4.900
1.1	6.429	7.292	8.155	5.453	6.100	6.746	5.125	5.603	6.040	4.687	4.899	5.002	5.485
1.2	7.382	8.491	9.599	6.456	7.119	7.782	5.834	6.406	6.900	5.244	5.470	5.580	6.068
1.3	8.833	10.087	11.340	8.007	8.559	9.110	6.955	7.557	7.908	6.134	6.316	6.506	6.749
1.4	11.510	12.580	13.650	10.334	10.782	11.230	8.526	9.132	9.290	7.572	7.498	7.805	7.428
1.5	15.711	16.005	16.298	13.133	13.481	13.828	11.111	11.081	11.108	9.383	9.205	9.278	8.055
1.6	20.312	19.854	19.395	16.482	16.398	16.315	13.558	13.278	13.225	10.568	11.012	10.525	8.835
1.7	23.559	23.440	23.320	18.603	18.482	18.360	15.336	14.974	14.040	11.103	11.963	10.818	9.380
1.8	24.854	25.445	26.035	18.947	18.671	18.395	15.749	15.144	13.885	11.114	12.013	10.461	9.095
1.9	25.171	25.160	25.148	18.237	17.873	17.508	15.068	14.332	13.118	10.561	11.143	9.726	8.509
2.0	24.636	24.119	23.601	16.851	16.636	16.421	13.950	13.122	12.381	9.622	10.087	8.991	7.895
2.1	23.400	22.627	21.853	15.690	15.417	15.143	12.991	12.236	11.493	8.881	9.267	8.431	7.357
2.2	21.461	20.834	20.204	14.452	14.228	14.004	12.046	11.248	10.624	8.177	8.548	7.869	6.792

NPL series resistance data $C_R \times 1000$

$L/\nabla^{1/3}$	4.47			4.86			5.23			5.76			
B/T	1.72	2.43	3.19	2.19	3.16	4.08	1.94	2.75	5.10	1.93	2.59	3.67	6.80
$V_K/\sqrt{L_f}$													
2.3	19.723	19.095	18.475	13.340	13.087	12.835	11.126	10.387	9.755	7.535	7.903	7.333	6.328
2.4	18.134	17.365	16.955	12.327	12.071	11.815	10.305	9.549	8.865	7.004	7.321	6.845	5.888
2.5	16.571	16.113	15.655	11.314	11.104	10.895	9.533	8.761	8.175	6.498	6.850	6.383	5.499
2.6	15.306	14.954	14.584	10.500	10.302	10.104	8.812	8.147	7.634	6.104	6.429	6.019	5.184
2.7	13.982	13.788	13.603	9.661	9.507	9.353	8.140	7.584	7.163	5.760	6.033	5.656	4.869
2.8	12.876	12.799	12.721	8.921	8.816	8.711	7.555	7.044	6.772	5.376	5.711	5.342	4.604
2.9	11.836	11.738	11.999	8.307	8.252	8.196	7.007	6.605	6.431	5.081	5.378	5.028	4.364
3.0	10.896	11.142	11.387	7.742	7.774	7.805	6.610	6.265	6.191	4.810	5.130	4.789	4.174
3.1	10.055	10.460	10.864	7.402	7.458	7.513	6.287	5.975	5.950	4.551	4.895	4.548	4.059
3.2	9.139	9.820	10.501	7.112	7.167	7.221	6.027	5.710	5.734	4.367	4.698	4.358	3.919
3.3	–	–	–	6.972	6.989	7.005	5.792	5.545	5.594	4.195	4.513	4.218	3.804
3.4				6.966	6.954	6.941	5.633	5.429	5.504	4.048	4.354	4.053	3.714
3.5				7.005	6.940	6.875	5.501	5.389	5.363	3.900	4.268	3.912	3.674
3.6				7.094	7.015	6.935	5.413	5.348	5.309	3.802	4.233	3.846	3.708
3.7				7.209	7.115	7.021	5.376	5.432	5.256	3.704	4.224	3.755	3.693
3.8				7.299	7.192	7.084	5.377	5.469	5.269	3.644	4.249	3.739	3.731
3.9				7.413	7.292	7.171	5.402	5.608	5.281	3.558	4.275	3.748	3.743
4.0				7.552	7.418	7.284	5.464	5.722	5.292	3.522	4.374	3.706	3.729
4.1				7.716	7.594	7.472	5.527	5.912	5.455	3.475	4.500	3.740	3.766

NPL series resistance data $C_R \times 1000$

$L/\nabla^{1/3}$	6.59				7.10				8.30		
B/T	2.01	2.90	3.88	5.49	2.51	3.63	4.86	6.87	4.02	4.90	5.80
$V_K/\sqrt{L_f}$											
0.8	3.584	2.899	2.889	3.149	3.308	2.449	3.426	2.347	2.864	2.389	1.913
0.9	3.785	3.165	3.081	3.436	3.504	2.654	3.454	2.485	2.921	2.432	1.943
1.0	3.973	3.479	3.446	3.846	3.754	2.893	3.496	2.670	2.977	2.492	2.007
1.1	4.176	3.839	3.808	4.251	4.018	3.140	3.632	2.999	3.017	2.536	2.055
1.2	4.388	4.346	4.166	4.729	4.381	3.460	3.828	3.302	3.073	2.593	2.112
1.3	4.734	5.086	4.661	5.304	4.904	3.932	4.159	3.627	3.150	2.690	2.229
1.4	5.550	6.038	5.417	5.778	5.631	4.503	4.514	3.926	3.315	2.830	2.344
1.5	7.033	6.550	6.121	6.124	6.169	4.879	4.691	4.147	3.471	2.996	2.520
1.6	7.577	6.700	6.397	6.319	6.255	5.016	4.704	4.342	3.438	3.054	2.670
1.7	7.661	6.636	6.396	6.313	6.177	4.964	4.627	4.360	3.303	3.024	2.744
1.8	7.520	6.398	6.194	6.081	5.954	4.763	4.514	4.228	3.149	2.933	2.717
1.9	7.113	6.095	5.927	5.771	5.567	4.393	4.322	3.969	2.987	2.788	2.589
2.0	6.538	5.604	5.523	5.412	5.179	4.095	4.056	3.685	2.825	2.624	2.423
2.1	6.068	5.263	5.130	5.102	4.859	3.903	3.888	3.525	2.668	2.506	2.344
2.2	5.647	4.883	4.786	4.740	4.539	3.673	3.670	3.339	2.523	2.375	2.226

Simulación numérica a través de elementos finitos, de una embarcación fluvial

Ticlavilca Tenorio, Anthony Brito; Mestanza Rodriguez, David Alejandro; Rivera Tirado, Felipe Francisco; Vera Ermitaño, Jorge
Universidad Nacional de Ingeniería

INTRODUCCIÓN

El proyecto que a continuación se muestra consiste en el estudio, mediante el método de elementos finitos, de la resistencia estructural y el comportamiento del casco de la barcaza fluvial, sin esta información técnica es probable que produzcan desperdicios económicos, tanto en la inversión inicial, al usar miembros estructurales sobredimensionados, debidos a que los costos de construcción se basan en el peso del acero, así también en los gastos de operación de la embarcación.

En el presente trabajo se realizara un análisis estático lineal de la estructura. Estructuras con comportamiento lineal son aquellas en que los efectos son proporcionales a las causas, es decir que los desplazamientos son proporcionales a las cargas. En general el comportamiento lineal está asociado a pequeñas rotaciones o desplazamientos y los materiales de comportamiento lineal(los que cumplen la ley de Hooke) o pequeñas esfuerzos sobre las cuales el material aún se comporta linealmente.

Calcular la estructura de un barco, presenta grandes dificultades, debido a la gran complejidad tanto de la estructura como del tipo de cargas que se presentan, es por esto que podemos aplicar criterios probabilísticos basados en experiencia, como lo son los métodos de las sociedades clasificadoras, permitiéndonos evaluar la integridad estructural de una embarcación con un alto margen de seguridad.

Para llevar a cabo el estudio se utilizará el software de elementos finitos ANSYS, haciendo previamente una revisión completa del método de elementos finitos y de

las teorías pertinentes de resistencia de materiales, tanto para el caso de vigas, placas y cascas.

Finalmente con este trabajo se lograra un adecuado adiestramiento y una buena experiencia en el desarrollo de modelos estructurales de barcazas fluviales utilizando el método de elementos finitos y de esta manera, en un futuro se podrán analizar estructuras de embarcaciones más complejas.

1. OBJETIVOS GENERALES

- Desarrollar una metodología para realizar el análisis estructural de una barcaza y posteriormente, estructuras más complejas

- Mostrar a la sociedad que la ingeniería naval en el Perú se encuentra en un creciente desarrollo tecnológico y tenemos como meta alcanzar la tecnología desarrollada por las grandes universidades en este ámbito.

2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Comparar el Cálculo de planchas reforzadas sometidas a carga uniforme usando el método de Schade y con las simulaciones numéricas de la misma, para validar la malla computacional.

- Realizar el modelamiento numérico de una embarcacion fluvial que navega por el río Apurímac y transporta 4 camionetas de 15 toneladas sobre cubierta usando como herramienta principal el programa ANSYS para el análisis por elementos finitos.

- Determinar las magnitudes de los esfuerzos actuantes en los puntos relevantes de un buque, de acuerdo a las cargas establecidos por las normas de las Sociedades Clasificadoras y compararlas con los límites por las mismas.

3. HIPÓTESIS GENERALES

- Los métodos de elementos finitos computacionales brindan resultados adecuados para la evaluación estructural de embarcaciones.

4. HIPÓTESIS ESPECÍFICOS

- El análisis por el método de elementos finitos permite optimizar el diseño de estructuras, y esto se hace mediante el paquete IC del mismo ANSYS.

5. MARCO TEÓRICO

El Método de los Elementos Finitos (MEF), es un método numérico para la resolución de sistemas de ecuaciones en derivadas parciales. Su desarrollo desde los años cincuenta hasta la actualidad ha sido constante y actualmente puede considerarse como el método de análisis numérico más extendido en la mayoría de los ámbitos de la ingeniería. Un programa de cálculo por elementos finitos consta de tres módulos bien diferenciados: el Pre-procesador, el Módulo de análisis y el Post-procesador. En el Pre-procesador se hace el modelado, se definen las propiedades del material, se define el tipo de elemento, las características del elemento y la discretización (malla de elementos finitos) realizada para resolver el problema. En el Módulo de análisis (Solver), primero se elige el tipo de análisis a realizar, luego se aplican las cargas y condiciones de contorno del problema a analizar, para finalmente resolverlo. En el Post-procesador se pueden visualizar los resultados del problema, se pueden presentar los desplazamientos de los nodos, los mapas de tensiones y deformaciones, la configuración deformada del sólido, gráficas de evolución de cualquiera de las variables analizadas, etc.

6. PROCEDIMIENTO

El presente proyecto abarca las modelaciones de 2 embarcaciones fluviales, un catamarán y una chata.

Chata

Se modelará esta embarcación para navegar en el río Apurímac y poder transportar 4 camionetas con carga maxima, con un peso total de 5 toneladas cada una.

Modelo geométrico del buque

Esta embarcación fluvial tiene las siguientes características:

L = 15.8 m; B = 4 m; D = 1 m. Con un módulo de sección: S = 0.868 m^2

El ancho estándar de cada camioneta es de 1.7 m, por ello la manga se diseñó de 4 m; en épocas de sequías la profundidad mínima del río es 1.5 m y en épocas de lluvia tiene una profundidad máxima de 3.5 m.

Se modeló la embarcación como superficie en el programa Rhinoceros (ver Figura 1 y 2), luego se exportó al programa ANSYS14.0 (ver Figura 3). [3] [4].

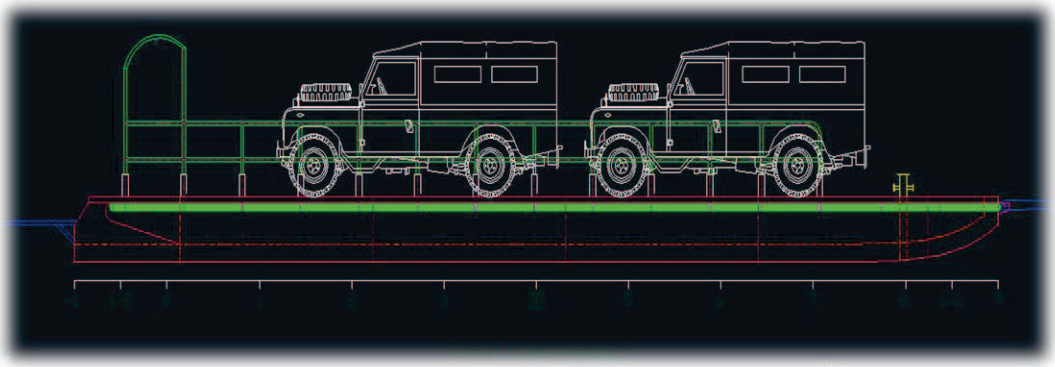


Figura 1: Vista Longitudinal

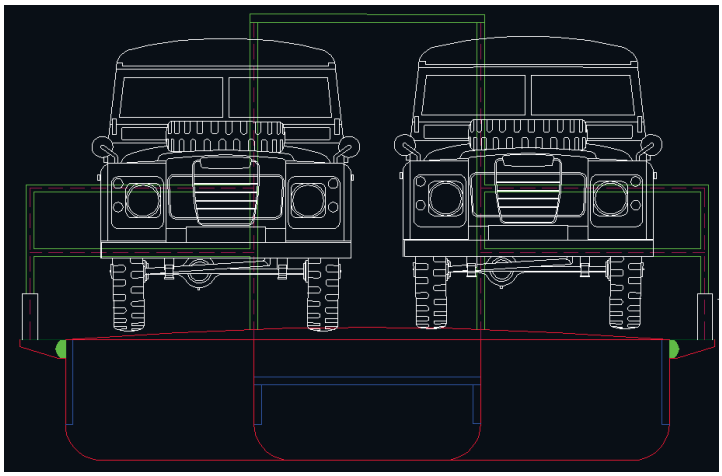


Figura 2: Vista Transversal

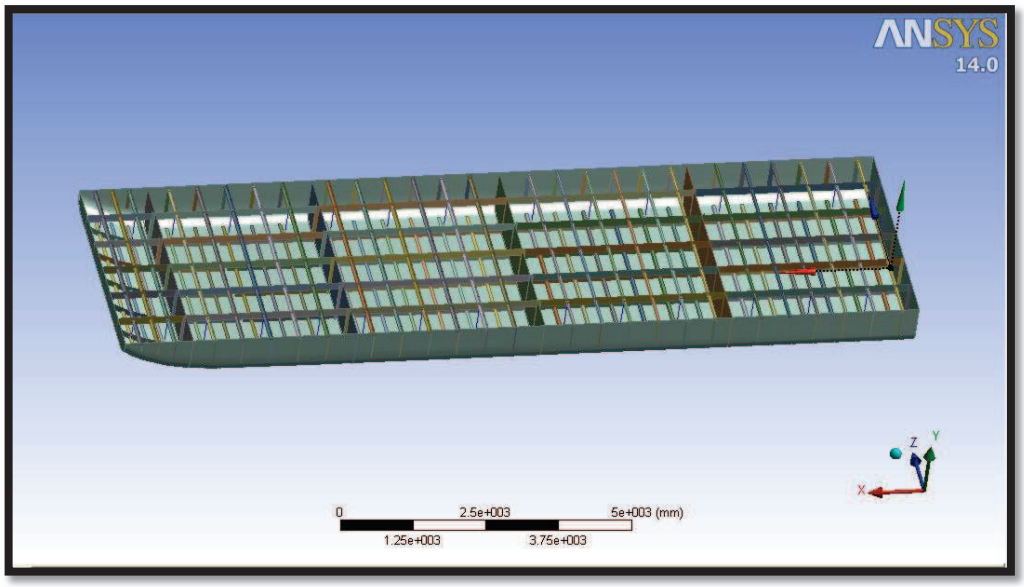


Figura 3: Modelo Estructural

Análisis de la embarcación

Se aplicaron las siguientes condiciones de contorno a la embarcación:

- Presiones hidrostáticas (ver Figura 4), teniendo en cuenta el calado de diseño para su máxima carga.
- Modelando los resortes en los nodos donde se intersecan los refuerzos con los mamparos (ver Figura 5).

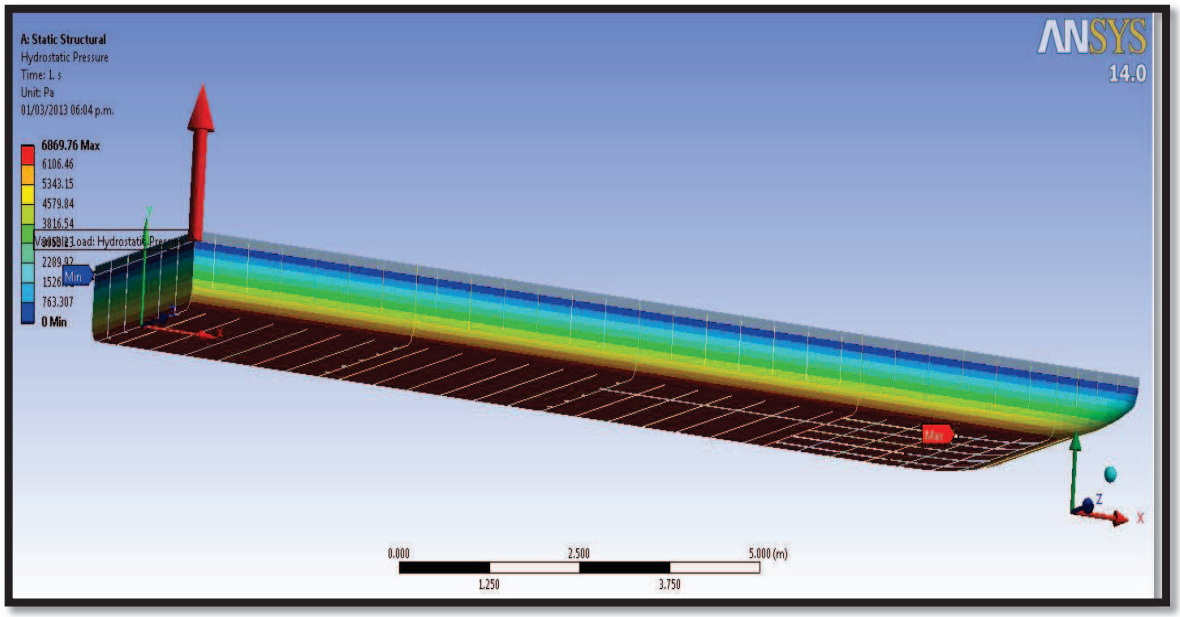


Figura 4: Modelado de calado de diseño

Estos resortes nos permiten restringir el movimiento en el eje vertical y también rigidiza la embarcación para que pueda rodar. Tipo de elemento “combin14”.

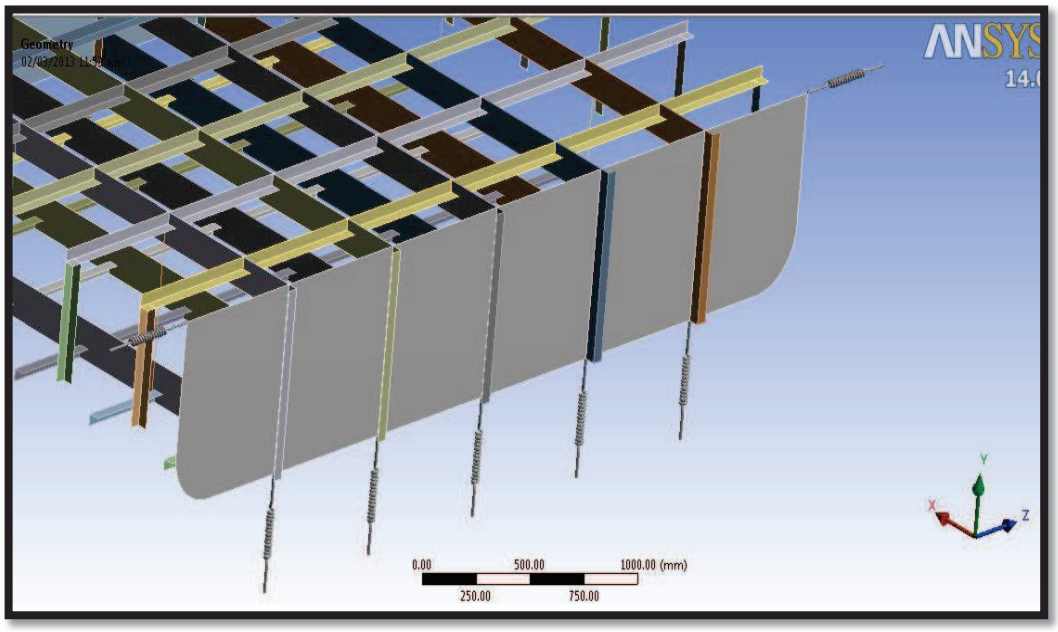


Figura 5: Resortes en Mamparos con refuerzos

El tipo de malla que vamos a utilizar es para un elemento forro (element shell) es de 4 nodos y en las zonas finas de 3 nodos. Para una mejor convergencia se optimizó con un tamaño máximo de malla de 20 mm de nodo a nodo. Como vemos en la Figura 6.

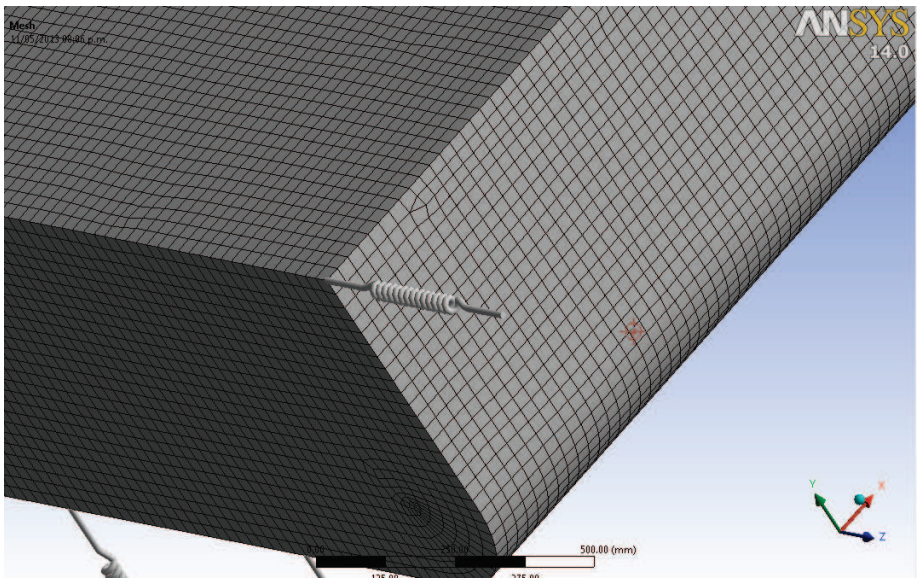


Figura 6: Tipo de enmallado

Para tener una mejor convergencia en los resultados, las alas del perfil a ángulo tienen que tener un mínimo de 3 nodos como vemos en la Figura 7. En los perfiles estructurales y en el casco se usará el elemento SHELL 181 y en los puntales el elemento BEAM.

El elemento viga (element beam), se define con 2 nodos y representan miembros estructurales secundarios, que soporten cargas concentradas. El elemento forro (element Shell 181), es adecuado para el análisis de estructuras de forro con espesor delgado a moderadamente grueso.

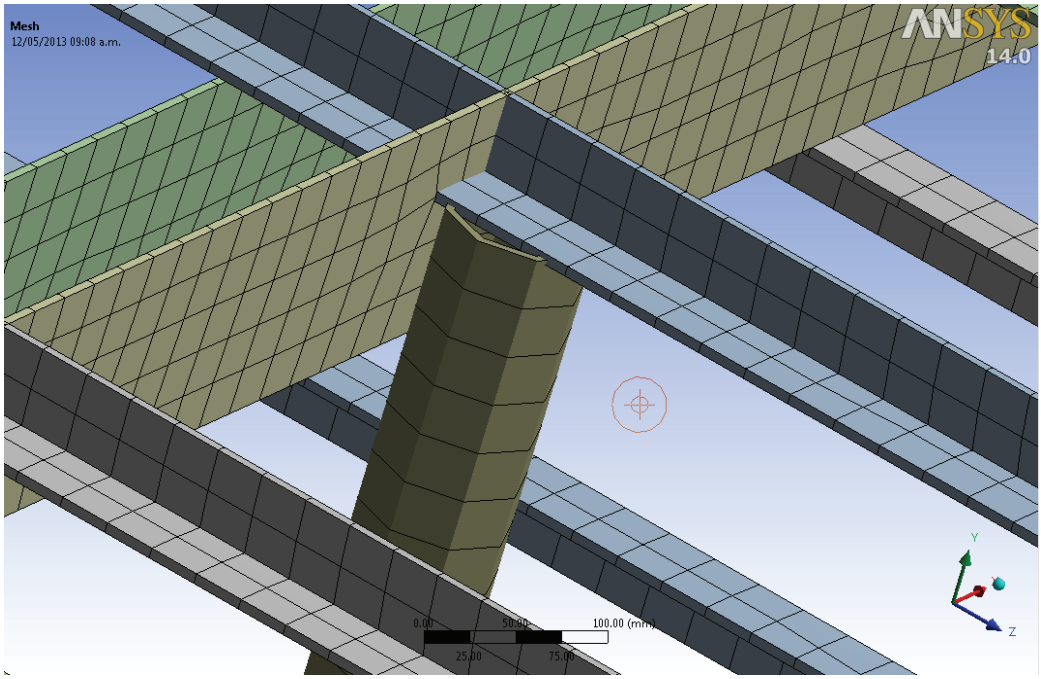


Figura 7: Tipo de elementos

Sucesivamente se modeló la carga de las 2 camionetas con carga, cada una con 15 toneladas. Se distribuyó la carga en la parte apoyada de las llantas sobre la cubierta (ver Figura 8). Hay un total de 8 apoyos, cada uno soporta 37500 N.

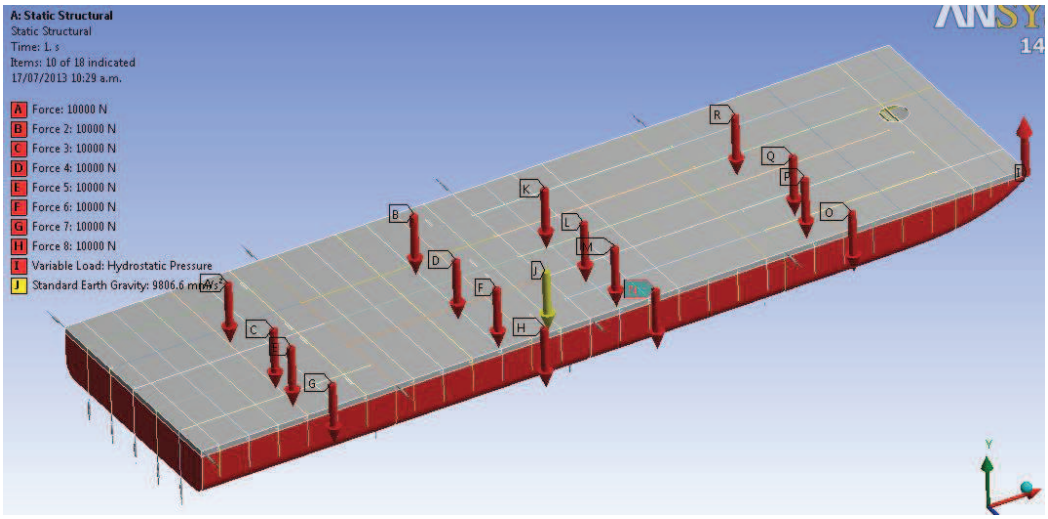


Figura 8: Distribución de Fuerzas

Simulando se obtuvieron esfuerzos máximos de 70 MPa, según los colores indicados (ver Figura 9), pero mayormente toda la embarcación está sometida a esfuerzos inferiores a 30 MPa.

Este esfuerzo máximo ocurre en la cubierta (ver Figura 9), como la fuerza está concentrada en una área pequeña (tiende a cero), por ello el esfuerzo tiende a diverger.

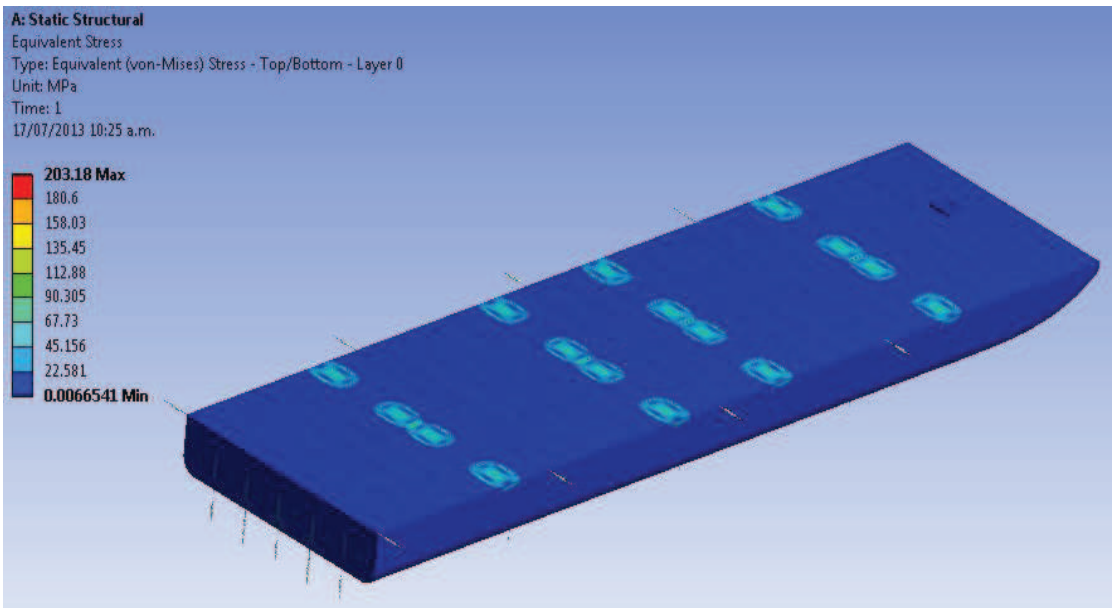


Figura 9: Diagrama de esfuerzos

Estamos trabajando aproximadamente con un factor de seguridad F.S. = 4. En los puntos celestes (ver Figura 9) es donde actúan las fuerzas puntuales de la llanta del carro con carga.

Catamarán

Se modelará esta embarcación para navegar en el río Madre de Dios, en Puerto Maldonado y poder transportar 11 toneladas de combustible.

Modelo geométrico del buque

Esta embarcación fluvial, tiene las siguientes características:

L = 19.5 m; B = 2.9 m; D = 1.2 m

Se hizo la geometría en el programa Rhinoceros (ver Figura 10), el escantillonado se hizo usando la norma ABS. En la parte central se modelaron 3 vigas carrileras las cuales soportarán el tanque de combustible de 11 toneladas.

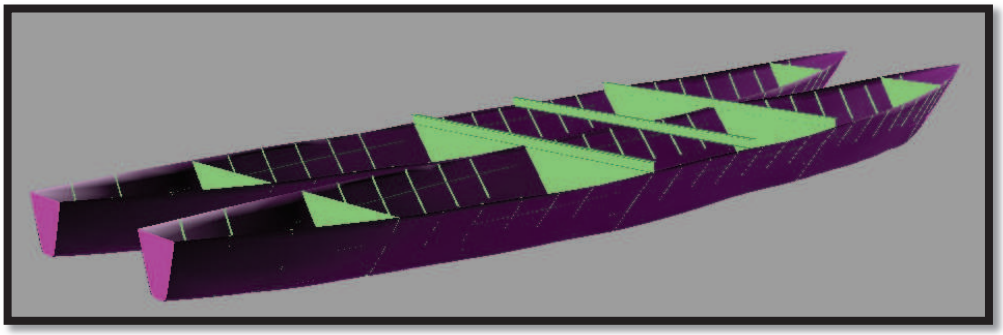


Figura 10: Modelado del catamarán

Análisis de la embarcación

En base a los cálculos hechos, mediante las curvas hidrostáticas para una determinada carga máxima obtuvimos un calado de diseño de 0.5 m.

Se aplicaron las siguientes condiciones de contorno a la embarcación:

- Presiones hidrostáticas (ver Figura 11), teniendo en cuenta el calado de diseño para su máxima carga.
- Los resortes, estos permiten dar una mayor rigidez a la embarcación. Son colocados en los mamparos longitudinalmente y transversalmente. Restringen el movimiento vertical a la embarcación [5].

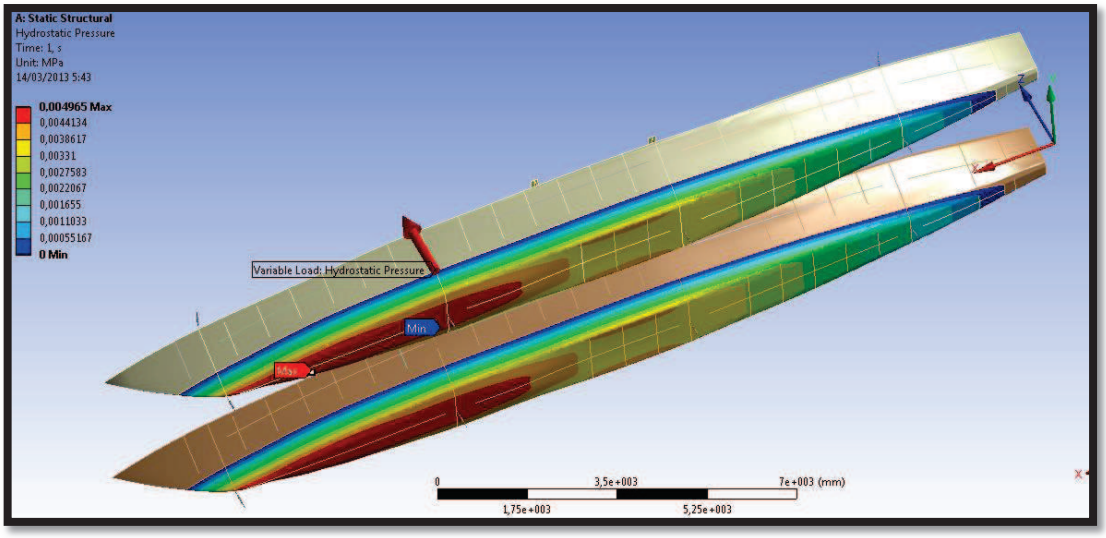


Figura 11: Modelado del calado de diseño

El tipo de malla que vamos a utilizar es para un elemento forro (element shell) de 4 nodos y en las zonas finas de 3 nodos. Para una mejor convergencia se optimizó con un tamaño máximo de malla de 25 mm de nodo a nodo. Como vemos en la Figura 12.

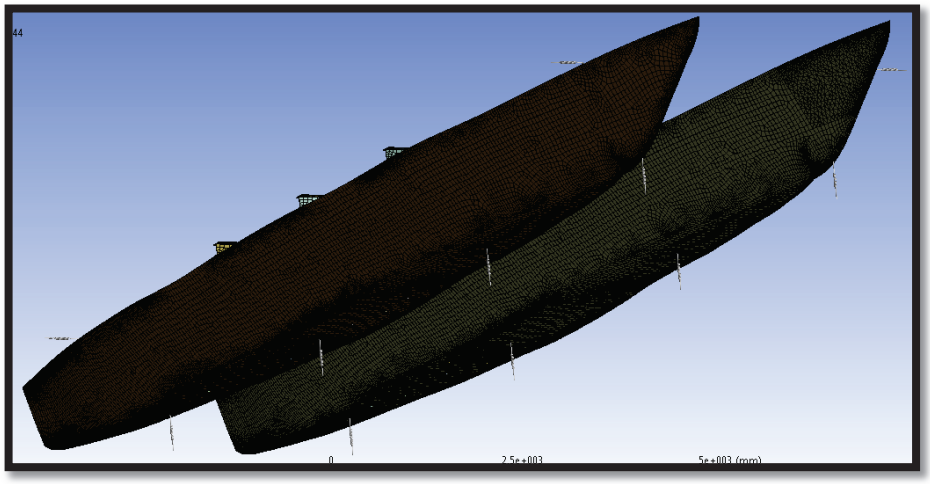


Figura 12: Enmallado

Luego se modeló la carga del combustible como una distribuida en las tres vigas carrileras (ver Figura 13).

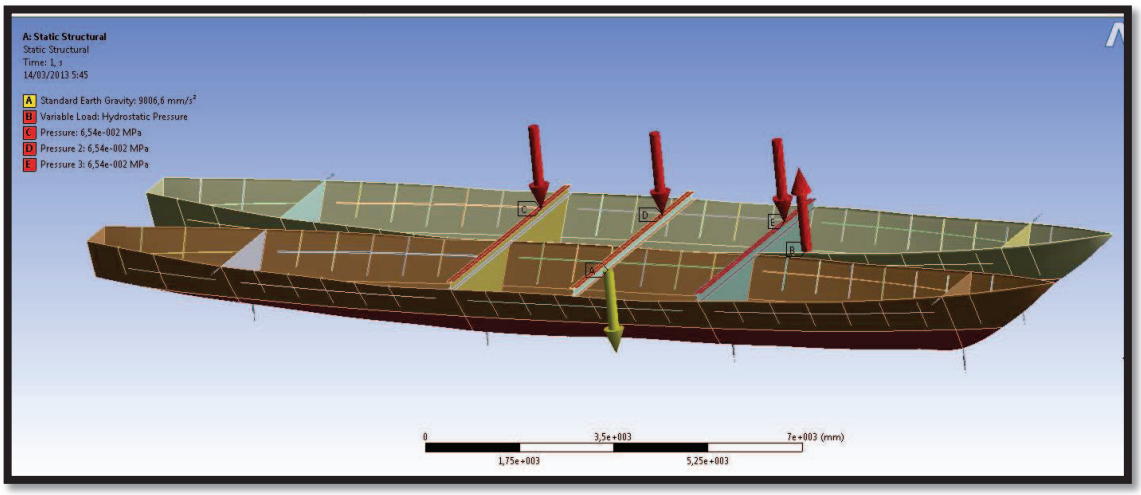


Figura 13: Distribución de fuerzas

Simulando con espesores menores dadas por la norma ABS, obtenemos que el casco sufre deformaciones de 4 mm en el fondo, 3.1 mm en los costados y con refuerzos de 4 mm se obtuvo deformaciones como máximo de 6.15 mm y un esfuerzo máximo de 100 MPa. Los resultados pueden verse en la Figura 15, 16 y 17.

Este esfuerzo máximo ocurre porque hay concentración de fuerzas en un punto.

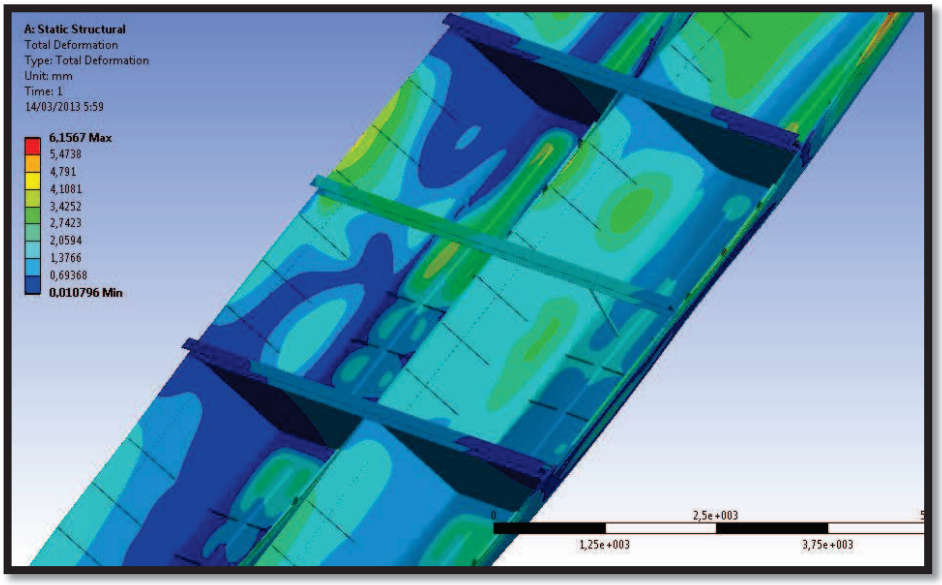


Figura 14: Deformación en la sección central

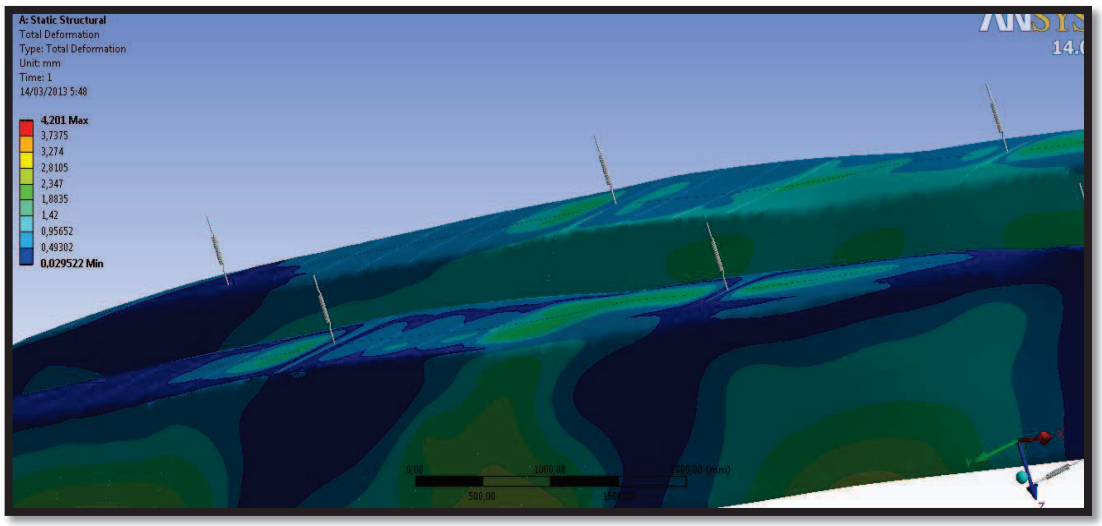


Figura 15: Deformación en el fondo

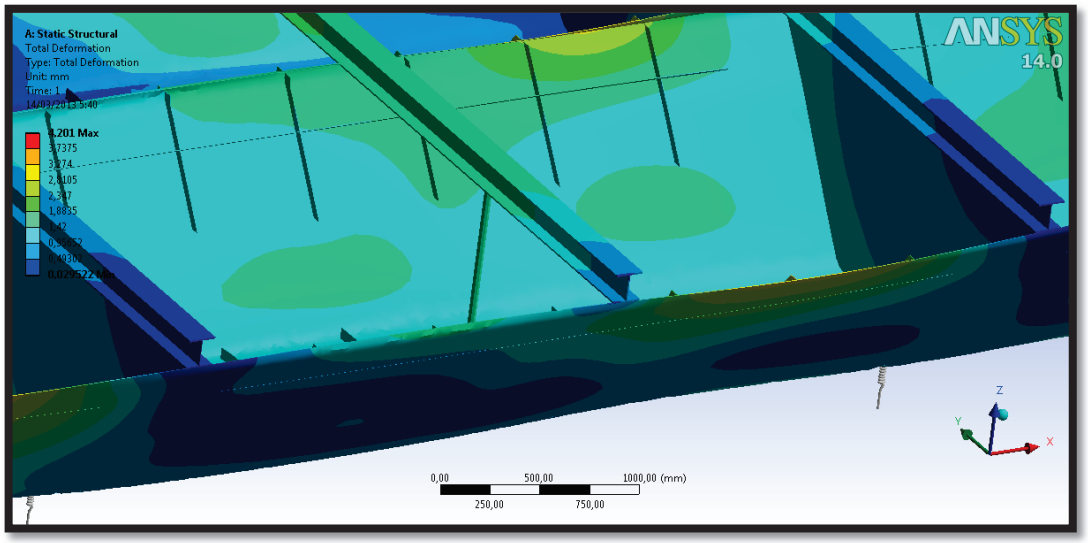


Figura 16: Deformación en las Vigas con puntales

CONCLUSIONES

- Se validó el análisis estructural de la placa y se determinó el número de nodos mínimo en cada refuerzo, para los futuros enmallados.
- Se obtuvo el comportamiento estructural de las embarcaciones fluviales de acuerdo al tipo de carga a transportar.

Desarrollo de un robot sumergible no tripulado (ROV) para inspeccion de tuberias en el Canal de Panama - Análisis de maniobrabilidad

Adan Vega
Universidad Tecnológica de Panamá

RESUMEN

En este artículo se presenta un análisis de maniobrabilidad de un vehículo sumergible remotamente operado diseñado para tareas de inspección de estructuras sumergidas. Primero se desarrollo un modelo de volumen finito que permitió realizar simulaciones hidrodinámicas utilizando la dinámica de fluidos computacionales. Estas simulaciones fueron posibles gracias a la utilización de métodos como la generación de una interface virtual que trasfiere la información generada en un dominio computacional rotacional a un dominio computacional estacionario y que en conjunto simulan las condiciones reales de funcionamiento al nivel de detalle pertinente para este tipo de aplicación. Finalmente se procedió a analizar el comportamiento del vehículo antes diferentes condiciones de trabajo, obteniendo excelentes resultados.

Palabras claves: Dinámica de fluidos computacional, fuerza de arrastre, Maniobrabilidad, potencia, propulsores, ROV.

1. INTRODUCCIÓN

Todo vehículo debe poder realizar maniobras que le permitan modificar su dirección de movimiento. El ROV tiene la particularidad de poder desplazarse con seis grados de libertad, esto indica que la potencia desarrollada por cada uno de los motores varía según el movimiento del ROV en su totalidad. Si el vehículo se mueve en dirección *surge* o *x,* se utilizarán los cuatro propulsores principales del vehículo, si el

vehículo se mueve en dirección *yaw* o ψ los propulsores laterales frontales son los utilizados para llevar a cabo esa maniobra.

La técnica de control a utilizar para la elección de los propulsores indicados al realizar una maniobra, está limitada por la potencia que puede desarrollar los propulsores y trasmitir las hélices. De este modo se ha realizado un análisis hidrodinámico para determinar la potencia necesaria que deben desarrollar los propulsores al realizar una de las maniobras principales del vehículo. La maniobra a analizar es el movimiento alrededor del eje z del vehículo.

Para el análisis de este movimiento fue necesario el uso de técnicas de mallado dinámico y de múltiples marcos de referencias (*multiple Reference Frame*); sin embargo, el análisis utiliza más ampliamente el uso de múltiples marcos de referencia debido al menor consumo de recursos computacionales y menor tiempo de simulación. [1]

La técnica consiste en crear un solo dominio computacional el cual consta de varios sub-dominios los cuales pueden ser estáticos o rotacionales. En este caso, para la maniobra en *yaw*, se tienen 6 sub-dominios computacionales 3 rotacionales que corresponden a los dos propulsores frontales y al movimiento del ROV. Los sub-dominios estáticos son las dos cubiertas de los propulsores y la tubería donde está inmerso el ROV. Para relacionar cada uno de estos dominios, se utiliza el método de volúmenes finitos y una interface de maya general o General Grid Interface (GGI) [2]

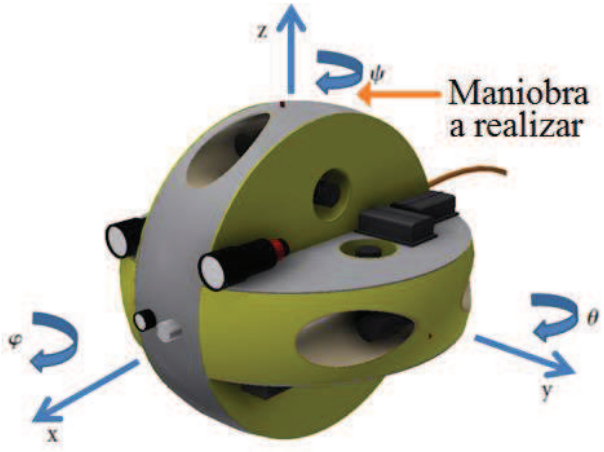


Figura 1. Diseño del ROV y maniobra a realizar alrededor del eje z.

2. MODELO FÍSICO – MATEMÁTICO

El modelo físico – matemático utilizado para estudiar el vehículo sumergible comprende el uso de las ecuaciones de continuidad y las ecuaciones de *Navier–Stokes* en su forma integral, las cuales se resolverán bajo códigos como los que se encuentran en ANSYS Fluent y ANSYS CFX. Las restricciones o condiciones de frontera se toman según se muestra en las siguientes sub-secciones, al igual que el modelo para determinar las fuerzas de arrastre. [3]

2.1. Condiciones de Frontera

Las condiciones de frontera se seleccionaron para emular el comportamiento del vehículo en las interacciones con el fluido; la entrada, salida del fluido, la interacción del fluido con las paredes de la tubería y el número de Reynolds. Las condiciones de frontera son aplicadas apropiadamente para poder resolver las ecuaciones de Navier-Stokes y continuidad efectivamente sin incurrir en problemas de convergencia o conservación. [4]

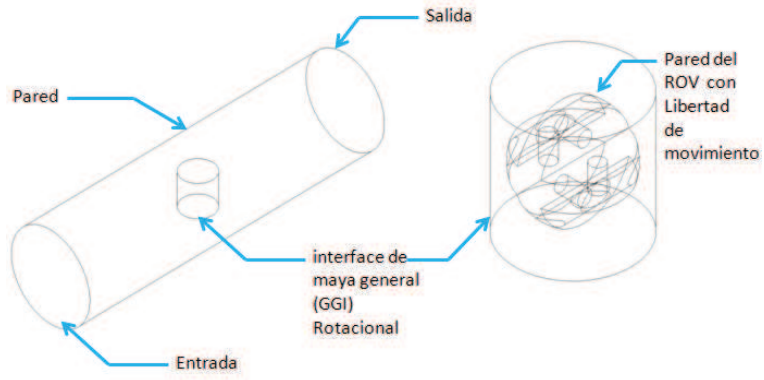


Figura 2. Fronteras típicas en la dinámica de fluidos computacional con Múltiples marcos de referencia utilizadas en el estudio

2.1.1. Condiciones de Frontera para el Flujo de entrada (*inflow boundary*)

La condición de frontera a la entrada del flujo en la entrada de la tubería o *inlet* es una frontera artificial que se usa en las simulaciones CFD ya que el dominio

computacional es finita. Esta condición de frontera se asigna directamente y está dada por la condición de frontera de Dirichlet como sigue a continuación [5]

$$u_n = constant$$

En donde se analizaron varios casos los cuales se muestran en la siguiente tabla. El índice **n** indica que la velocidad es normal a la frontera *inlet.*

Esta condición de frontera es crucial para la solución de la ecuación de continuidad y de Navier-Stokes.

En la figura 2 se muestra la ubicación de la frontera de entrada.

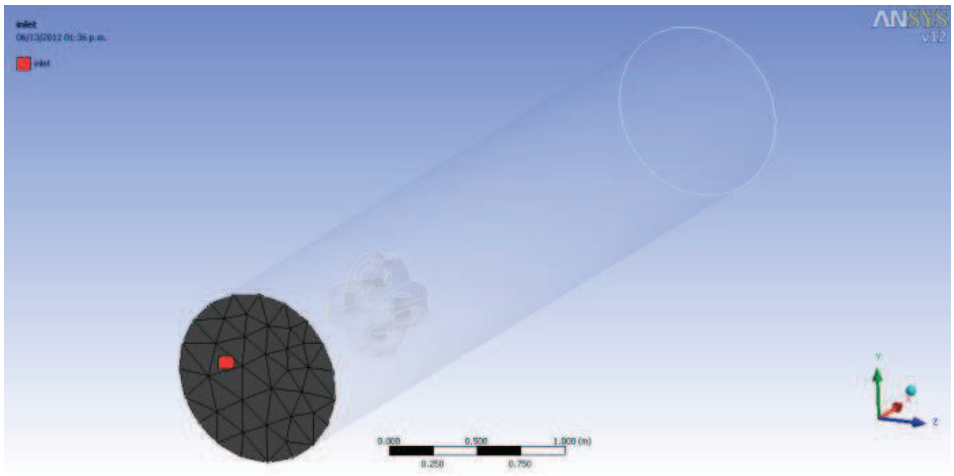


Figura 3. Frontera de entrada o *inlet* para los análisis realizados.

2.1.2. Condiciones de Frontera para el Flujo de Salida (*outflow boundary*)

La condición de frontera a la salida del flujo de la tubería es otra condición de frontera artificial impuesta para facilitar el análisis numérico computacional. El dominio computacional es finito. Esta condición de salida está localizada aguas abajo. En donde se utiliza la condición de gradiente cero para la mayoría de las variables. En este caso se utiliza la condición de gradiente cero. [6]

$$\frac{\partial p}{\partial x} = 0$$

En donde p tiene un valor asignado por la siguiente ecuación

$$P_{Total} = P_{estática} + \frac{\rho V^2}{2}$$

En donde el valor de u es el valor de la velocidad a la salida de la frontera. En la siguiente figura se muestra la frontera de salida.

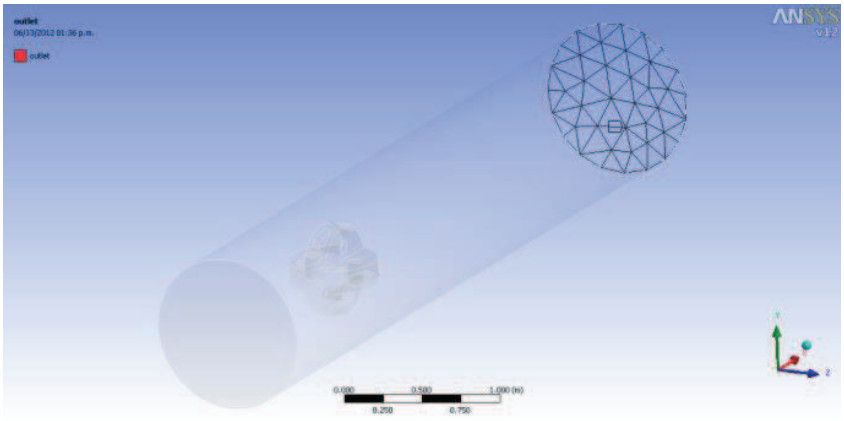


Figura 4. Frontera de salida u *outflow* para los análisis realizados.

2.1.3. Condiciones de Frontera para la superficie interna de la tubería (*wall*)

La frontera en la superficie interna de la tubería está dada por la condición de no deslizamiento o *no-slip condition*, la cual es aplicada para fluidos viscosos como en el caso de estudio. En donde la siguiente ecuación es aplicada en la pared o superficie interna de la tubería.

El vector de flujo justo en la frontera o adyacente a la superficie de la tubería debería ser tangente a la superficie de la pared. Si n es un vector unitario normal a un punto de la superficie, la condición de frontera es [7]

$$\boldsymbol{V} \cdot \boldsymbol{n} = 0 \; en \; la \; superficie$$

$$V_{n\,wall} = 0$$

$$u = v = w = 0 \; en \; la \; superficie$$

Ya que la pared tiene una condición de frontera estacionaria, no es una frontera móvil y se asume que la rugosidad es despreciable para el análisis, así como su porosidad. (No hay salida ni entrada de masa) Esto indica que la velocidad normal a la frontera de la pared de la tubería es cero.

Las otras propiedades como la presión y la densidad en esta frontera no se necesitan especificar para la solución de este problema de frontera.

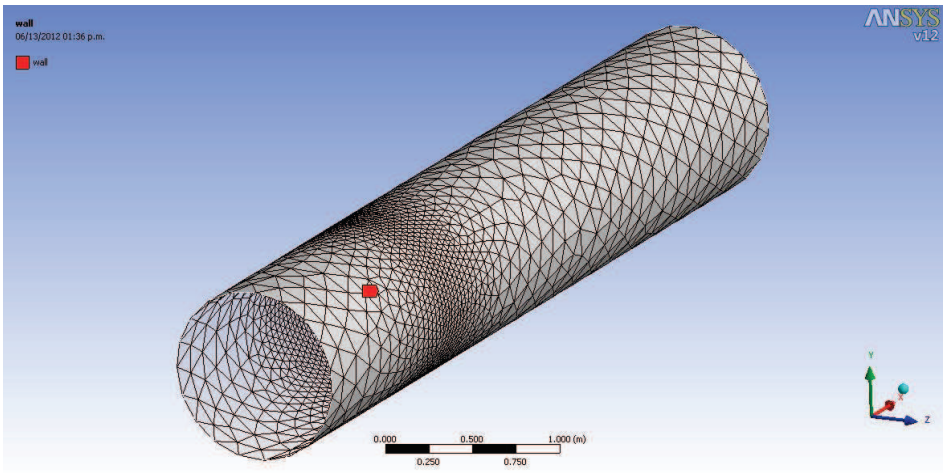


Figura 5. Frontera de pared o *Wall* para los análisis realizados

2.1.4. Condiciones de Frontera para la superficie externa del ROV (*wall-ROV*)

La condición de frontera aplicada para la superficie interna de la tubería, también está aplicada apara la superficie externa del ROV.

En la figura se indica el perfil de velocidad en la cercanía de la superficie del ROV.

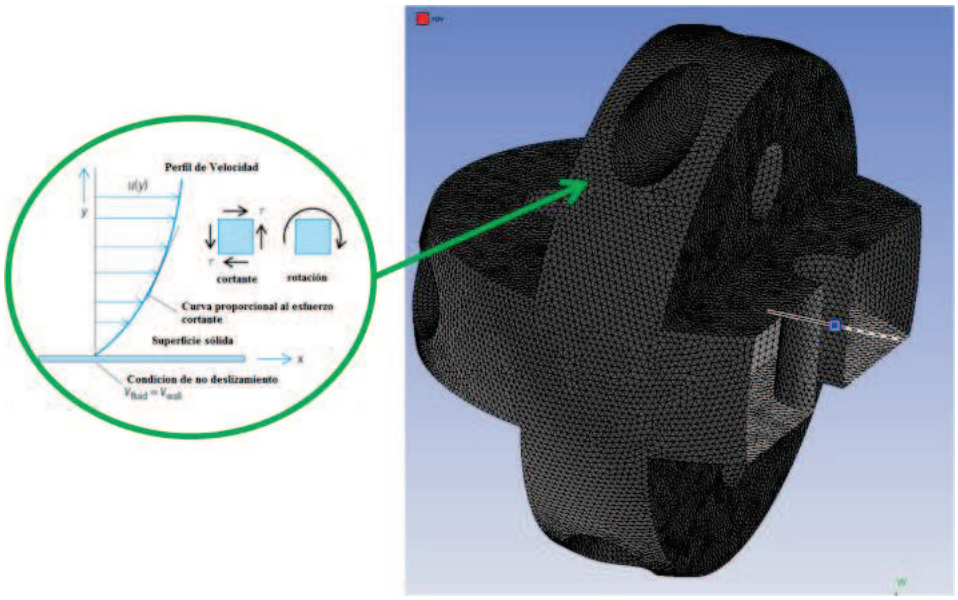


Figura 6. Condición de frontera en la superficie del ROV

El cálculo de los valores de las fuerzas de arrastre del vehículo sumergible, están dadas por fuerzas debidas a los esfuerzos viscosos en la cercanía del ROV y a la fuerza de presión ejercida por el fluido en la superficie del vehículo. Por lo tanto la

definición de las condiciones de frontera para el ROV debe asignarse adecuadamente

Las condiciones de frontera físicas son condiciones o restricciones impuestas por naturaleza, estas condiciones son una problemática en la dinámica de fluidos computacional ya que conlleva a una correcta implementación de estas condiciones físicas. El campo de flujo está dado por el diseño de una formulación numérica la cual tiene el objetivo de simular lo más próximo posible estas condiciones de frontera.

2.2. Fuerzas hidrodinámicas

Las fuerzas hidrodinámicas que intervienen en el problema son las fuerzas de arrastre y sustentación. Ya que ninguna parte del vehículo presenta una geometría similar a un perfil de ala, incluso los anillos no presentan esta forma, se puede decir que las fuerzas debido a la sustentación son insignificantes en comparación a las fuerzas debido al arrastre. Las líneas de flujo y los diagramas de contornos permiten analizar desde un punto de vista gráfico y tridimensional el fenómeno en estudio [8]

La siguiente ecuación muestra el modelo matemático utilizado para obtener la fuerza de arrastre del vehículo a diversas condiciones de entrada.

$$\overrightarrow{D} + \overrightarrow{L} = \oint_{S_b} p.d\vec{S} + \oint_{S_b} \bar{\bar{\tau}}.d\vec{S}$$

El primer término del lado derecho es la componente que determina las fuerzas debido a la presión ejercida por el movimiento del fluido sobre la superficie del vehículo y el segundo término del lado derecho de la ecuación indica las fuerzas debido a los esfuerzos viscosos, la cual es proporcional a la taza de deformación.

Las condiciones de frontera de entrada de velocidad tiene una magnitud de 0.6 y en dirección hacia el vehículo o negativa, como se muestra en la ecuación siguiente.

$$u = -0.6$$

Adicionalmente de las condiciones de frontera asignadas al resto de las simulaciones desarrolladas en esta trabajo, las simulaciones para la maniobra alrededor del eje z según el marco de referencia asignado, contempla la utilización de técnicas de múltiples marcos de referencia e interfaces de malla que dividen y trasfieren información entre los dominios computacionales rotacionales y estacionarios del dominio total del sistema. El planteamiento matemático desarrollado para el intercambio que se da en la interface entre diferentes dominios computacionales los cuales son condiciones de frontera virtuales se pueden encontrar en literatura especializada en múltiples marcos de referencia [9]

2.3. Combinaciones de los propulsores

El vehículo submarino para inspección de tuberías necesita realizar ciertas maniobras para poder desplazarse adecuadamente sin comprometer su estructura ni exceder los niveles de potencia suministrados a cada uno de los motores.

La disposición de los motores está contemplada de la siguiente forma. Sin embargo, en algunos casos es necesario utilizar otros propulsores para poder realizar un giro o una curva.

Tabla 1. Posibles combinaciones para la maniobra en las direcciones x, y, z, ψ, θ, φ.

Eje	PF1	PF2	PF4	PF4	PL1	PL2	PV1	PV2
x	X	X	X	X				
y					X	X		
z							X	X
ψ		X		X				
ϕ					X	X	X	X
θ	X		X					

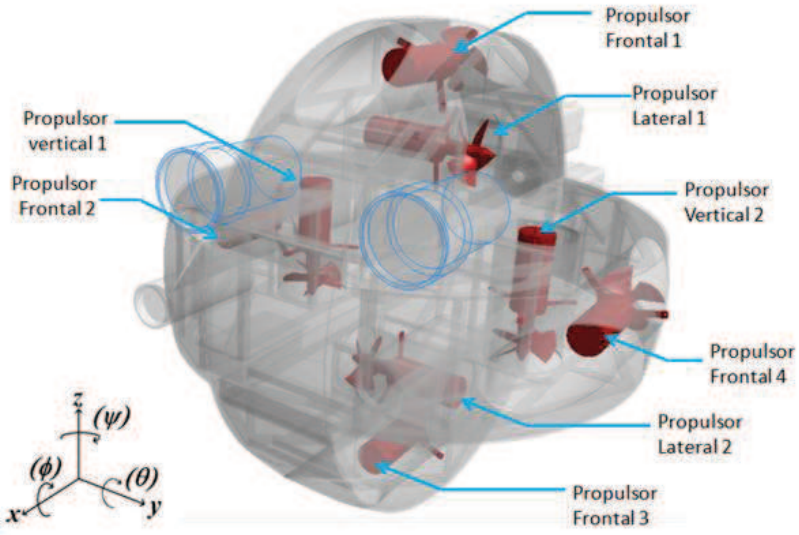


Figura 7. Distribución de los propulsores para el vehículo sumergible para inspección interna de tuberías

3. CASO DE ESTUDIO

El caso de estudio presentado es el de mayor relevancia en cuanto a las maniobras que se realizan para el desplazamiento del vehículo. Se selecciono ya que a la hora de realizar mantenimientos, es necesario girar el vehículo para poder iluminar y monitorear la superficie interna de la tubería

3.1. Simulaciones Computacionales

Las simulaciones computacionales buscan encontrar la potencia que deben desarrollar los motores para mantenerse girando y en movimiento en contra del flujo del fluido o estacionario respecto al fluido. De ambas maneras, se desea determinar la potencia necesaria para moverse en una dirección determinada.

En la Figura 8, se muestra la simulación del ROV al moverse alrededor del eje Z. Esta simulación tiene un dominio temporal de 30 segundos, pero solo se muestran 24 segundos, divididos en 2 segundos por cada cuadro que se presenta.

En La Figura 8 se puede observar el dominio rotacional en el cual está inmerso el ROV. Se puede ver la variación de la presión al variar el ángulo de ataque del vehículo contra el flujo del agua.

Se puede observar que en los dos primeros segundos no hay un patrón establecido aguas abajo del vehículo, esto se debe al muy corto periodo de simulación al trascurrir solo dos segundos. A diferencia del cuarto o sexto segundo de simulación, ya se muestran patrones o flujos separados que posteriormente darán lugar a vórtices de Von Kármán. [8]

Otro aspecto a destacar es el incremento de la presión tanto en baja presión como en alta presión. Esto se debe a que en algunas zonas de la superficie del vehículo, la velocidad aumenta indicando caídas de presión y en otras partes los niveles de presión aumentan debido a una mayor superficie trasversal a la dirección del flujo.

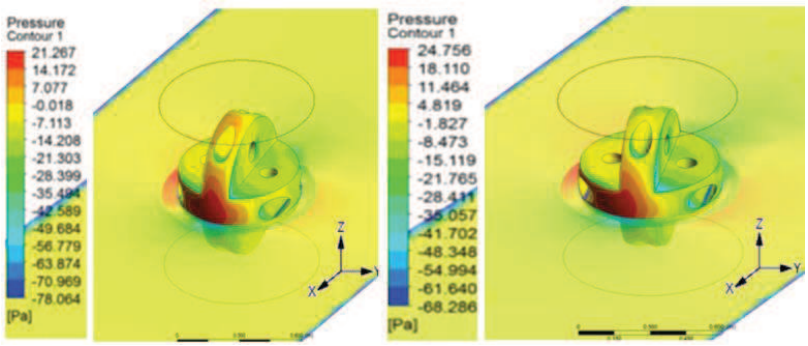


Figura 8-a Variación de la presión al variar el ángulo de ataque del vehículo a 2 y 4 segundos respectivamente.

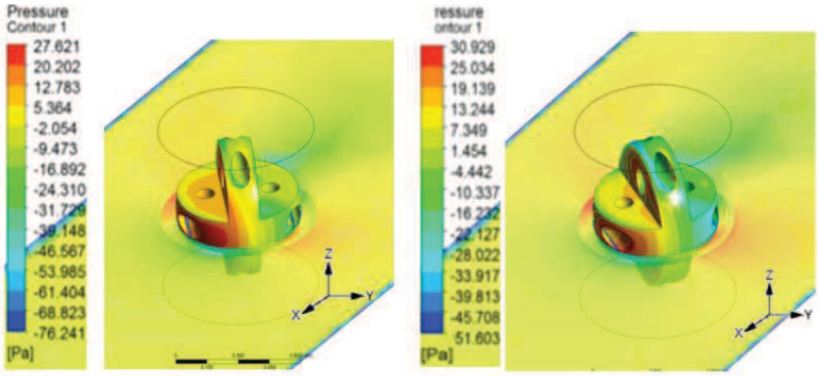


Figura 8-b Variación de la presión al variar el ángulo de ataque del vehículo a 6 y 8 segundos respectivamente.

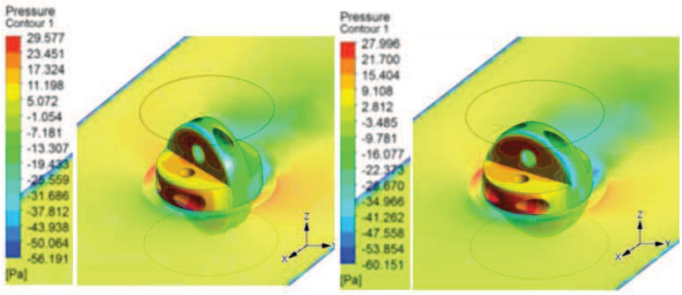


Figura 8-c Variación de la presión al variar el ángulo de ataque del vehículo a 10 y 12 segundos respectivamente.

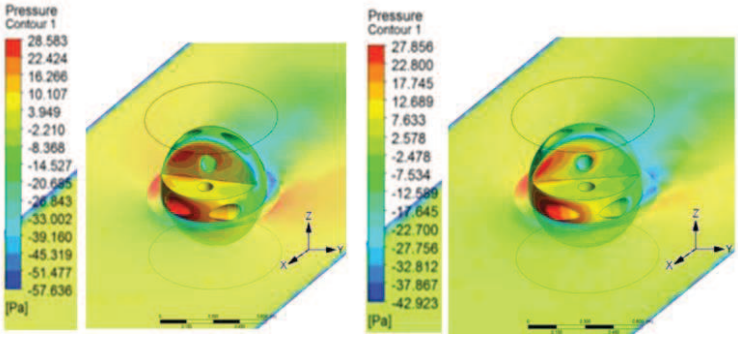


Figura 8-d Variación de la presión al variar el ángulo de ataque del vehículo a 14 y 16 segundos respectivamente.

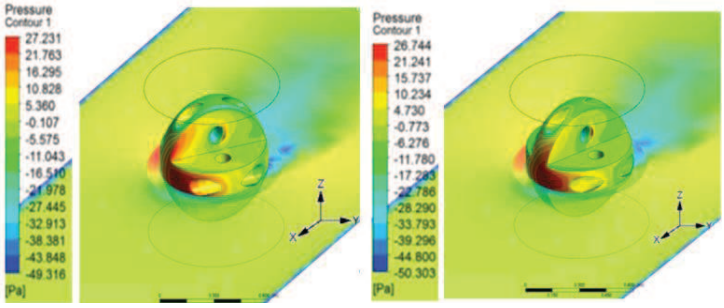


Figura 8-e Variación de la presión al variar el ángulo de ataque del vehículo a 18 y 20 segundos respectivamente.

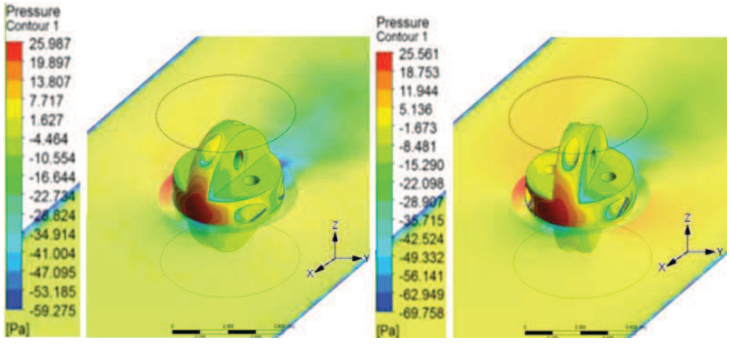


Figura 8-f Variación de la presión al variar el ángulo de ataque del vehículo a 22 y 24 segundos respectivamente.

En la figura 8-c se muestran los altos niveles de presión a los que está sometido. Estos niveles son altos respecto a los niveles que se encuentran cuando el vehículo está moviéndose en dirección longitudinal a la dirección del flujo del fluido.

En el segundo 14 se puede ver que los niveles de presión disminuyen ligeramente en concordancia al ángulo de ataque del fluido contra la cara lateral del vehículo. Estas caras laterales muestran desventajas bajo estas condiciones ya que el arrastre es mayor y el torque que debe desarrollar los propulsores es mayor. Sin embargo, cuando el vehículo está en su posición correcta de avance, las fuerzas de arrastre disminuyen.

En la siguiente sección se discutirá como varia la potencia a desarrollar respecto a la dirección x de la fuerza del fluido sobre la superficie del ROV, adicionalmente se tienen gráficas que muestra la variación de la fuerza de arrastre al transcurrir el tiempo.

4. RESULTADOS

En las siguientes gráficas se muestran los resultados obtenidos de las simulaciones para una velocidad relativa del vehículo y vehículo de 0.6 m/s.
En esta gráfica se puede notar que las fuerzas aumentan significativamente al variar el ángulo de ataque contra el vehículo.

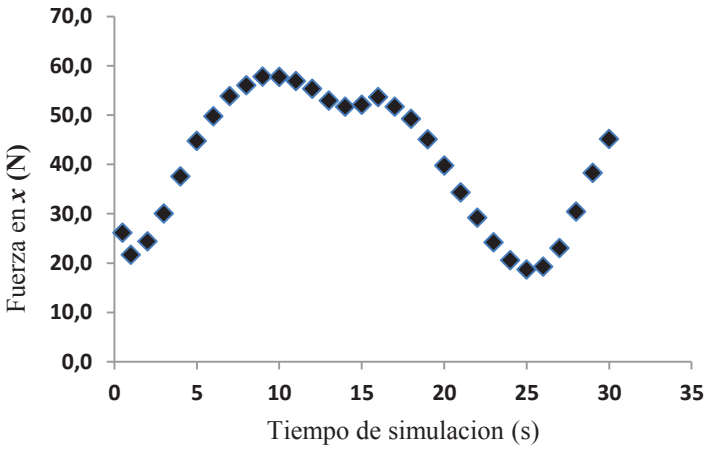


Figura 5. Gráfica de la Fuerza *x* vs tiempo

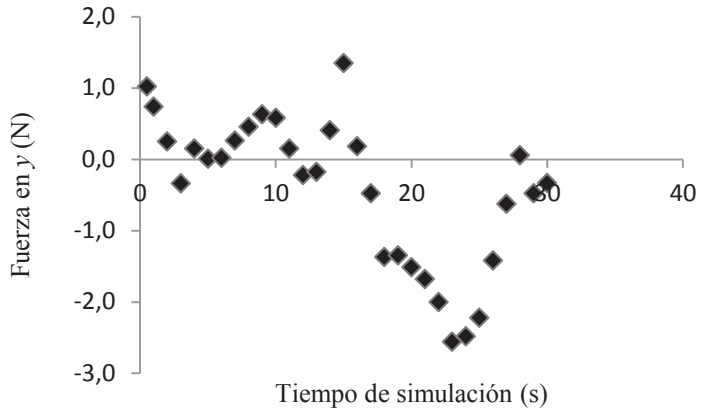


Figura 6. Gráfica de la Fuerza *y* vs tiempo

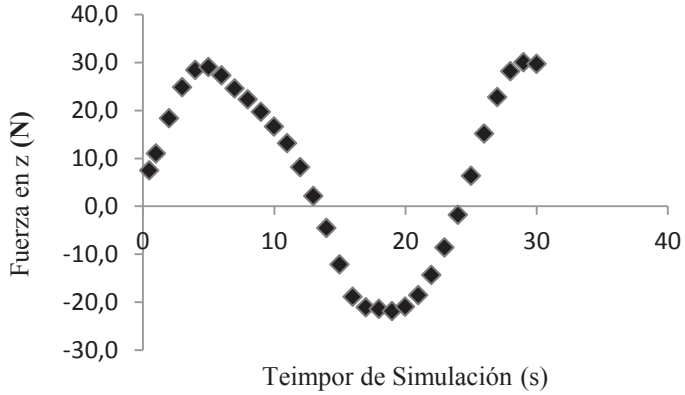


Figura 7. Gráfica de la Fuerza *z* vs tiempo de simulación

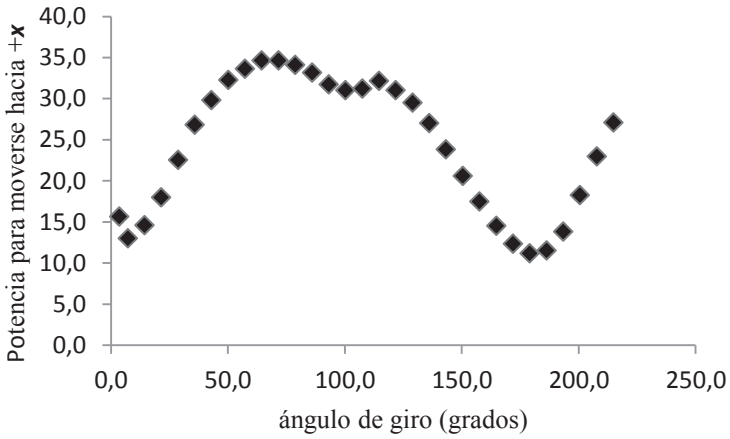


Figura 8. Potencia para mover el vehículo hacia +x mientras el vehículo se desplaza un ángulo de giro dado.

Estas graficas mostradas indican la influencia de las fuerzas sobre el vehículo en las direcciones z y x. cabe destacar que la fuerza ejercida por el flujo del fluido en la dirección x es siempre en contra del vehículo y en contraste con la fuerza en el eje z en donde la fuerza puede ser tanto positiva como negativa, en una u otra dirección. Esta fluctuación en el eje z es debido al cambio de fase del vehículo, cada vez que el vehículo gira 90 grados, la curva de la fuerza vs el tiempo de simulación cambia de sentido.

Finalmente, la última grafica indica la potencia necesaria para mantener al vehículo realizando solo el giro y resistiendo al flujo del agua. Lo cual implica que no solo los propulsores laterales frontales son necesarios para realizar un movimiento de giro como a primera impresión se podría asumir. Es necesario utilizar más de un propulsor para realizar giros, curvas o inspecciones a las paredes internas de las tuberías.

5. CONCLUSIONES

Se desarrollaron una serie de simulaciones numéricas por medio de la dinámica de fluidos computacional con el objetivo de determinar el comportamiento hidrodinámico del vehículo sumergible para inspección interna de tuberías.

Este comportamiento está determinado por las fuerzas de presión y viscosas debido al flujo del fluido. Estas fuerzas son conocidas como fuerzas de arrastre y son el objeto de principal estudio en esta tesis.

Se determinaron la fuerza ejercida por el fluido hacia el vehículo en una maniobra la cual consiste en girar alrededor del eje z al vehículo. Estos resultados se muestran en las gráficas 5 a 8.

Se determinó que las fuerzas en $\boldsymbol{z}$ son relativamente bajas y no afectan considerablemente la maniobra en $\boldsymbol{\psi}$. Las fuerzas en $\boldsymbol{y}$ son periódicas y significativas para el control de los motores en la maniobra en $\boldsymbol{\psi}$. Las fuerzas en $\boldsymbol{x}$ son de gran importancia debido a que es la dirección de movimiento del vehículo.

6. REFERENCIAS

[1] M. Zadravec*, S. Basic, M. Hribersek. (2007). The influence of rotating domain size in a rotating Frame of reference approach for simulation of Rotating impeller in a mixing vessel. University of Maribor, Faculty of Mechanical Engineering. Slovenia. Journal of Engineering Science and Technology. School of Engineering, Taylor's University College

[2] Hrvoje Jasak, Wikki. (2011). Turbo Tools and General Grid Interface Theoretical Basis and Implementation. United Kingdom and Germany. Sixth OpenFOAM Workshop, Penn State University

[3] E. Bayraktar, O. Mierka and S. Turek Benchmark Computations of 3D Laminar Flow Around a Cylinder with CFX, OpenFOAM and FeatFlow. Institute of Applied Mathematics. TU Dortmund. Dortmund, Germany

[4] SMS-491, lecture 5, High Reynolds Number flows. University of Maine. http://misclab.umeoce.maine.edu/boss/classes/SMS_491_2003/Week_5.htm

[5] Ian Beausoleil-Morrison. (2001). The adaptative coupling of computational fluid dynamics with whole building thermal simulation. CANMET Energy Technology Centre, Natural Resources Canada, Ottawa Canada. Seventh International IBPSA Conference. Rio de janeiro, Brazil.

[6] Jörg Franke, Antti Hellsten, Heinke Schlünzen, Bertrand Carissimo . (2007). Best practice guideline for the cfd simulation of flows in the urban environment. University of Hamburg. Meteorological Institute . Centre for Marine and Atmospheric Sciences. Bundesstraße - Hamburg, Germany.

[7] Variación de la velocidad bajo la condición de no-deslizamiento o no-slip condition http://claesjohnsonmathscience.wordpress.com/article/flow-separation-and-divorce-cost-yvfu3xg7d7wt-46/

[8] Van Dyke: An Album of Fluid Motion. (1988) Department of Mechanical Engineering. Stanford University. The Parabolic Press. Stanford, California

[9] ANSYS Fluent (2006). Modeling Flows with Rotating Reference Frames. http://hpce.iitm.ac.in/website/Manuals/Fluent_6.3/fluent6.3/help/pdf/ug/chp10.pdf

Uma visão geral do segmento da construção náutica, turismo e lazer no Brasil

Delmo Alves de Moura: Professor da Universidade Federal do ABC - UFABC. Curso de Engenharia de Gestão. Doutor e Mestre em Engenharia Naval pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Pesquisador na área da indústria marítima brasileira (produção/operação logística).
Rua Santa Adélia, 166 / CEP 09210-170 – Santo André – São Paulo – Brasil.
E-mail: delmo.moura@ufabc.edu.br

Rui Carlos Botter: Professor Titular do curso de Engenharia Naval e Oceânica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - USP. Doutor e mestre em Engenharia Naval e Oceânica pela USP, Livre-Docente em Transportes Marítimo e Fluvial, Planejamento Portuário e Logística.
Av. Prof. Mello Moraes, 2231 / CEP 05356-000 – São Paulo – SP – Brasil
E-mail: rcbotter@usp.br

RESUMO

Este artigo analisa o cenário atual da indústria náutica brasileira, a localização dos principais estaleiros, as particularidades do mercado doméstico e seus principais produtos. O trabalho também aborda os conceitos sobre os tópicos fatores críticos de sucesso e estratégia de manufatura.

O artigo fundamentou-se em pesquisas realizadas *in loco* junto aos principais estaleiros do segmento nacional brasileiro. O trabalho também aponta os principais desafios do setor para alavancar a produção e comercialização dos produtos deste segmento.

PALAVRAS-CHAVE: Indústria náutica brasileira, competitividade, fatores críticos de sucesso.

INTRODUÇÃO

Segundo relatório da Acobar (2005), o segmento náutico no Brasil iniciouse com a origem de pequenos estaleiros. Apenas entre as décadas de 70 e início da de 80, o setor começa a ganhar ares mais sólidos para consolidação desse mercado no cenário nacional. Nesse período, inicia-se a fabricação profissional das embarcações por estaleiros especializados, assim como empresas que abasteciam o mercado de insumo e acessórios. O crescimento vertiginoso desse segmento é evidenciado na década de 90. Oriundo da abertura do mercado nacional, no início, esse segmento insere-se na avaliação das melhores práticas de processos, produtos e tecnologias internacionais empregadas no setor náutico mundial e, com isso, várias adaptações foram implantadas nos fabricantes nacionais que contribuíram para a evolução do setor e aumento da competitividade dos produtos frente aos produtos importados. O fruto do trabalho realizado nesse segmento foi o nascimento de um padrão de qualidade de *design* e construção reconhecidos internacionalmente.

O segmento náutico possui uma cadeia de produção abrangente envolvendo a indústria, assim como o comércio relacionado com as embarcações de recreio e esporte, além do aspecto de manutenção.

Há evidências de que o setor náutico possui uma correlação importante com o segmento de turismo e, segundo o relatório ACOBAR (2005), o setor de turismo mundial movimenta cerca de seis trilhões de dólares anualmente e possui taxa de crescimento anual de mais de 5%. O Brasil apresenta 7.480 km de extensão de costa navegável, abrangendo aproximadamente 17 Estados da Federação, e condições de clima favorável para a prática do esporte, turismo e lazer, além de envolver quase 395 municípios e 40 milhões de habitantes nesse cenário de costa navegável.

Segundo o relatório ACOBAR (2005), a frota nacional de embarcações de esporte e lazer está estimada em cerca de 53.000 unidades, mas levando em consideração apenas embarcações acima de 14 pés, aproximadamente 4,30 metros, e neste total

estão inclusos embarcações movidas a vela e a motor, pequenos barcos de apoio, monotipos e barcos de competição *offshore*.

Aproximadamente 85% da frota nacional de esporte e lazer é composta por embarcações de até 32 pés, aproximadamente 9,75 metros. Esses números são oriundos de estudos realizados pela ACOBAR em marinas, iates-clubes, estruturas de apoio náutico, fábrica e revendedores.

CARACTERÍSTICAS DO SETOR NÁUTICO BRASILEIRO

No setor náutico, há necessidade de mão-de-obra especializada em marcenaria, mecânica, elétrica, laminação e acabamento em fibra de vidro, tapeçaria, pintura e hidráulica. Segundo a ACOBAR, o setor náutico nacional pode gerar 7.400 empregados diretos e indiretos por cada 1.000 embarcações construídas. A distribuição geográfica dos estaleiros e empresas relacionadas com o setor náutico no Brasil é o seguinte (ACOBAR, 2005):

- São Paulo – 34%;
- Rio de Janeiro – 32%;
- Santa Catarina – 9%;
- Paraná – 5%;
- Minas Gerais – 5%;
- Alagoas – 3%;
- Pernambuco – 3%;
- Rio Grande do Sul – 3%;
- Ceará – 3%
- Sergipe – 3%

Aproximadamente 75% de toda a produção nacional do setor náutico pertencem às empresas que estão associadas à ACOBAR e quase 100% de todos os produtos relacionados ao mercado de exportação também pertencem às empresas associados à ACOBAR. A indústria náutica produz, aproximadamente, 3.200 novas embarcações anualmente, e elas são de tamanho médio de até 23 pés. No mercado

brasileiro há uma ampla cadeia de revendedores de equipamentos, peças, componentes, acessórios e embarcações náuticas.

Segundo ACOBAR (2005), o faturamento bruto do setor representado por barcos abrigados em marinas, iates-clubes e garagens náuticas, que abrange aproximadamente 21.117 unidades, correspondia a R$ 98 milhões/ano oriundo de aluguel de vagas, serviços prestados, como abastecimento de combustível, arrendamento de lojas, bares e restaurantes, taxas extras de içar e/ou descer embarcações na água, resgate de barcos, manutenção, eventos etc.

LOCALIZAÇÃO DOS PRINCIPAIS ESTALEIROS NÁUTICOS NO BRASIL

Atualmente o estado de São Paulo se destaca na produção de iates de luxo, mas também possui estaleiro do segmento da construção naval, porém de pouca expressão quando comparado ao estado do Rio de Janeiro. No estado de Santa Catarina, há estaleiros nos segmentos da construção naval e náutica, sendo que há predominância para o náutico, o mesmo acontece com o estado do Rio Grande do Sul. No estado do Ceará há um estaleiro especializado no segmento da construção náutica, como também no setor da construção naval, conforme demonstrado na figura 1.

A cadeia de produção brasileira de navios para lazer e esportes é composta empresas que produzem uma variedade de modelos e muitas outras empresas e serviços relacionados com a sua manutenção, além da industria turismo.

A indústria de iates tem uma ligação estreita com turismo, um setor da economia que movimenta mais de 6 trilhões de dólares por ano e apresenta uma taxa de crescimento anual de 5%. O Brasil é um dos maiores mercados potenciais, explicou em sua maioria por seu clima e condições da natureza, mais de 7000 km de costa navegável ao longo de 17 estados (395 cidades e 40 milhões de habitantes).



Figura 1 – Localização dos principais estaleiros no Brasil.

CONCEITO DE FATORES CRÏTICOS DE SUCESSO

Na literatura, o pioneiro a discorrer sobre fatores de sucesso foi Daniel, em 1961. Ele disse que uma organização deveria definir quais são os fatores de sucessos para seu negócio e com isso determinar quais são as forças e fraquezas relacionadas com esses fatores para poder mensurar suas vantagens frente a seus concorrentes (DANIEL, 1961).

Uma equipe do Massachusetts Institute of Technology (MIT), coordenada por John F. Rockart, no final da década de 70, implantou uma metodologia referente aos Fatores Críticos de Sucesso para auxílio dos executivos na tomada de decisão. Essa metodologia possui como base definir as principais informações relevantes para cada organização, do ponto de vista de seus executivos e permear essas informações por toda empresa com o objetivo de todos atuarem na mesma direção e sentido, para alcançarem os resultados almejados. O foco é a busca de um desempenho de sucesso à organização.

Os Fatores Críticos de Sucessos foram definidos como áreas ou atividades empresariais que devem receber uma atenção especial da gestão da organização,

para que os resultados sejam alcançados, visando a uma vantagem competitiva frente aos concorrentes (ROCKART, 1979). O autor descreve que a análise dos Fatores Críticos de Sucesso de uma empresa envolve tanto o ambiente interno como o externo, envolve os Fatores Críticos de Sucesso da indústria ao qual a empresa está inserida (externo) e aos seus próprios Fatores Críticos de Sucesso (interno).

Os autores Bergeron e Bégin (1989) descrevem que um dos pontos-chave para determinar os fatores críticos de sucesso de uma empresa é a entrevista com o executivo da empresa, conforme definiu Rockart nos estudos realizados pelo MIT.

Segundo Magnani (2004), fatores críticos de sucesso diferem de competências e recursos. Ele descreve que competências e recursos são fatores essenciais para estar no mercado, mas que não necessariamente caracterizam as diferenças nos valores criados para as organizações.

Conforme Amberg et al. (2005), pela definição de Rockart (1979), fundamentado na idéia de Daniel (1961), o fator crítico de sucesso pode ser definido como: “um número limitado de áreas, cujos resultados, se eles são satisfatórios, assegurarão desempenho competitivo de sucesso para uma organização”.

Leidecker e Bruno (1984) definem Fatores Críticos de Sucesso como “aquelas características ou variáveis que, quando propriamente sustentadas, mantida, ou gerenciada, pode ter um impacto significativo para o sucesso de uma empresa que compete numa determinada indústria”.

ESTRATÉGIA DE MANUFATURA

Na literatura, atribui-se a Skinner (1969) o pioneiro a discorrer sobre a dificuldade das empresas em fazer a integração entre a estratégia corporativa e a estratégia de manufatura. O autor relata as dificuldades de fazer a integração frente aos ambientes de competições acirradas da época e das constantes mudanças

tecnológicas que as empresas passavam. São diversas as variáveis que interferem no processo que iniciou dar ênfases à estratégia de manufatura.

Dessa forma, buscou-se salientar que mercados diferentes exigem estratégias de manufatura diferentes, mesmo que sejam mercados-alvo para uma mesma empresa.

A estratégia de manufatura, segundo Fine e Hax (1985), não pode se isolada da estratégia corporativa da empresa e deve afetar e ser afetada pelas demais áreas da empresa, como Marketing, Finanças, Compras, Pesquisa e Desenvolvimento, Recursos Humanos etc. Os autores discorrem que os objetivos de manufatura são expressos em termos de algumas dimensões de desempenho utilizadas para mensurar a estratégia de manufatura, caracterizadas por: custo, qualidade flexibilidade e Entrega, como descreveu Wheelwright (1981).

Para Boyer e Lewis (2002), a estratégia de manufatura focada no custo, qualidade, flexibilidade e Entrega passa a ter mais variáveis na sua composição como inovatividade e serviços. Sendo assim, um modelo proposto pelos autores de estratégia de manufatura poderia ser ampliado para modelo de estratégia de operações, pois incluiria a parte de serviços e seria composto da seguinte forma: Prioridades Competitivas (custo, qualidade, flexibilidade e Entrega) – Estrutura (capacidade, localização da planta, tecnologia e integração vertical) – Infraestrutura (força de trabalho, qualidade, planejamento de produção e organização).

Segundo Skinner (1996), quando se discorre sobre estratégia de manufatura, há necessidade de uma análise de *tradeoffs* entre algumas variáveis importantes numa organização, que são: custo, qualidade, ciclo de entrega, investimento, flexibilidade para mudança de volume, flexibilidade para mudança de produtos e confiabilidade na data de entrega.

O estudo de *tradeoff* auxilia na necessidade de priorizar os objetivos estratégicos e dedicar esforços aos fatores que realmente agregam mais valor à estratégia de

manufatura ou operações da empresa e contribua para o aumento de sua competitividade no mercado em que atua (HAYES; WHELLWRIGHT, 1984).

Os autores focados nesse tipo de estudo, *tradeoff* ou objetivos conflitantes, enfatizaram a necessidade das empresas estarem atentas ao fato que melhorias de desempenho em alguns fatores considerados fundamentais para uma organização resultariam na perda de desempenho em outros também fundamentais.

Segundo Alves Filho et al. (1997), a estratégia de produção deve englobar os objetivos relacionados às dimensões competitivas, são elas: custo, qualidade, flexibilidade, entrega e serviço.

Para os autores, a estratégia de produção deve ser o resultado da análise minuciosa do ambiente externo (clientes, fornecedores, concorrentes, mercado etc.) e ambiente interno relacionado com os pontos fortes e fracos da própria empresa.

Conforme Stalk Jr. (1988), a dimensão tempo passa a ser uma variável que pode contribuir para promover um diferencial competitivo no momento de definição da estratégia de manufatura/operação para uma empresa.

Desta forma, as empresas muitas vezes estarão de frente com uma decisão de priorizar uma dimensão em detrimento de outra ou outras. Tentar equilibrar as prioridades para cada dimensão, para aumentar a competitividade frente aos concorrentes é o grande desafio dos negócios e com isto atender a necessidade do mercado e solidificando a imagem da empresa no cenário local ou global.

Para Slack (1993), a vantagem competitiva em manufatura demonstra um diferencial que a empresa possui frente aos seus concorrentes para atender às necessidades do mercado. Isso significa que fazer correto está relacionado com o Objetivo de desempenho qualidade, fazer rápido com o objetivo Velocidade, fazer pontualmente com o objetivo confiabilidade, customizar com o objetivo flexibilidade e fazer com o menor custo com o objetivo custo.

PARTICULARIDADES DO SEGMENTO NÁUTICO NO BRASIL

O quadro 1 apresenta o resultado de parte da pesquisa realizada em campo junto aos estaleiros para avaliar a relação de itens considerados relevantes para a competitividade do setor. Os itens foram analisados segundo uma escala sendo (MOURA, 2008):

- **Forte** (colaboram a competitividade da indústria),
- **Mediano** (deveria ser melhor para colaborar com a competitividade do setor) e
- **Fraco** (não colaboram atualmente para aumentar a competitividade do setor, mas é um item importante e deve ser melhorado para contribuir com um melhor desempenho da indústria náutica) e
- **Não há** (inexistente atualmente).

Alguns pontos importantes na análise dos dados coletados junto aos estaleiros são:

- Para aumentar a competitividade dos produtos brasileiros seria fundamental uma maior participação dos fornecedores na fase de desenvolvimento de projetos dos estaleiros. Esta integração poderia resultar em benefícios para eliminar ou reduzir problemas relacionados com a fase de produção, aumentar o grau de parceria entre as partes, fornecedores compreenderem melhor os negócios dos estaleiros. a integração entre as partes poderia desenvolver fornecedores para abastecer mercados internacionais também.

- O percentual de fornecedores que participa de parceira tecnológica na área de Pesquisa e Desenvolvimento é muito baixo. Também é muito pequena a integração entre empresas, universidades nacionais, centros de pesquisa, para melhorar a participação das organizações na fase de desenvolvimento de produtos (MOURA, 2008).

Item	Avaliação
Qualificação de Fornecedores.	**Mediano**
Fornecedores participando da Fase Desenvolvimento de Projetos.	**Fraco**
Parceria Tecnológica entre Estaleiro e Cadeia de Suprimentos.	**Fraco**
Mecanismos para Mensurar Prazo de Entrega dos Fornecedores.	**Fraco**
Integração das Informações de Planejamento Produção.	**Forte**
A Cadeia de Suprimentos fornece: Matéria-Prima (MP); Subconjuntos; Peças/Componentes ou Todos os Produtos.	**Forte**
Fornecimento Produtos Nacionais nos Prazos Acordados entre as partes.	**Forte**
Fornecimento Produtos Importados nos Prazos Acordados entre as partes.	**Forte**
Padronização Produtos Provenientes da Cadeia de Suprimentos (Nacionais e Importados).	**Forte**
Fornecedores Atuando Fisicamente nas instalações dos Estaleiros	**Fraco**
Projeto Embarcação Nacional.	**Fraco**
Projeto Importado Contempla Aquisição de Peças/Componentes.	**Fraco**
Participação dos Fornecedores (Nacional/Internacional) na Fase de Desenvolvimento Projeto.	**Fraco**
Existência de Grupos Fornecedores para Solucionar Problemas dos Estaleiros (Nacional e Internacional).	**Fraco**
Uso do Sistema *Turnkey* entre Estaleiros e Fornecedores (Nacional e Internacional).	**Não há**
Envio do Programa de Produção dos Estaleiros com Antecedência aos	**Mediano**

Fornecedores.	
Mão-de-Obra Qualificada para Suprir a Indústria Marítima Nacional.	**Fraco**
Assistência Técnica no Brasil.	**Fraco**
Parceria no Exterior para Serviços de Assistência Técnica.	**Mediano**
Integração entre Estaleiros e Universidades Nacionais.	**Fraco**
Importância da Integração entre Estaleiros e as Universidades.	**Forte**
Existência de Subsídios Governamentais.	**Não há**
Políticas Industriais.	**Incipiente**
Utilização do Fundo da Marinha Mercante.	**Não há**
Taxa de Juros no Brasil.	**Forte**
Financiamento do BNDES	**Não há**
Exportação.	**Mediano**
Barreiras no Exterior para Inserção dos Produtos.	**Não**
Possuir Certificados Internacionais para Inserir Produtos no Exterior.	**Forte**

Quadro 1: Itens relevantes para o setor náutico brasileiro.

Características dos Fornecedores	Setor Náutico
Oferecem Produtos de Catálogo	**51,9%**
Fornecedores Considerados Estratégicos	**39,5%**
Fornecedores com Relacionamento de Longo Prazo	**26,5%**

Tabela 1 – Características dos fornecedores do setor náutico brasileiro.

A tabela 1 relata a característica dos fornecedores do setor da industria náutica brasileira. Dessa forma, é possível ter uma ideia detalhada da porcentagem e fornecedores que são considerados estratégicos para os negocios dos estaleiros domésticos.

Para o segmento da construção náutica, os fornecedores considerados estratégicos, de forma geral, são os que abastecem os estaleiros com os seguintes componentes:

- Motor
- Fibra
- Manta
- Resina

Compósitos

- Equipamentos Eletrônicos
- Madeira
- Decoração e
- Tecidos

Itens, como motor, equipamentos eletrônicos, parte do fornecimento das madeiras e decoração, não podem ser componentes provenientes do mercado brasileiro por diversas razões, entre elas: para o item motor, não há demanda suficiente para instalar uma fábrica no Brasil. Exceções acontecem com a produção de motores de pequeno porte, que possuem fábricas na cidade de Manaus, mas, na sua maioria, os motores para esse tipo de embarcações são importados de empresas norte-americanas de origem, porém os motores podem ter sido fabricados, por exemplo, na China, México ou qualquer outro país do mundo.

Os itens fibra, manta e resina, os denominados compósitos, podem ser produzidos no Brasil, e hoje já se produz boa parte desses materiais.

Equipamentos eletrônicos são totalmente importados e não há nenhuma possibilidade de fabricação no mercado brasileiro, devido à baixa demanda interna para esse tipo de produto que não justifica a instalação de uma unidade fabril no Brasil. Madeira, decoração e tecidos, em alguns casos específicos, são importados por necessidade e critério dos clientes por embarcações consideradas de luxo, como na produção de iates de alto valor agregado. Para que os estaleiros possam realizar um serviço específico de acabamento num grande iate, não há atualmente no Brasil produtos semelhantes que substituam esses itens importados (MOURA, 2008).

FATORES CRÍTICOS IMPORTANTES PARA O SETOR NÁUTICO BRASILEIRO

No quadro 2 são apresentados os **pré-requisitos necessários** para o setor náutico brasileiro ser tornar competitivo. Existência de sistema de qualificação de fornecedores.

Existência de sistema de qualificação de fornecedores.	
Ponto Forte	**Ponto Fraco**
• Fornecedores que possuem certificação ISO 9000.	• Ainda não implantado na maioria dos estaleiros nacionais deste segmento.
Realização de estudos de nacionalização de produtos/componentes/peças.	
Ponto Forte	**Ponto Fraco**
• Prática mais realizada por estaleiros de porte grande e médio.	• Para os estaleiros de pequeno porte é inexistente este fator.
Equipamentos industriais e máquinas, tecnologicamente atualizados.	
Ponto Forte	**Ponto Fraco**
• Não há.	• A maioria não possui suas máquinas e equipamentos tecnologicamente atualizados e, quando possuem, geralmente são os estaleiros de grande porte.
Mensurar o comprometimento dos fornecedores com o prazo de entrega, por meio de mecanismos de controle.	
Ponto Forte	**Ponto Fraco**
• Não há.	• São poucos os estaleiros que possuem mecanismos de controle.
Padronização de abastecimento de peças/componentes provenientes dos fornecedores nacionais.	
Ponto Forte	**Ponto Fraco**
• Na maioria dos fornecedores deste segmento, há a padronização de peças e componentes. Sabe-se que boa parte da cadeia de suprimentos deste setor é de fornecedores de itens de catálogo.	• Para dois estaleiros de grande porte deste segmento, não há padronização referente aos fornecedores nacionais.
Padronização de abastecimento de peças/componentes provenientes dos fornecedores internacionais.	

Ponto Forte	Ponto Fraco
• As peças e os componentes são padronizados.	• Não há.
O estaleiro faz uso do CAD para realizar desenvolvimento de projetos.	
Ponto Forte	**Ponto Fraco**
• São poucos os estaleiros no Brasil que não utilizam deste tipo de ferramenta, mas os maiores possuem e utilizam.	• Inserir este tipo de ferramenta na totalidade dos estaleiros, que poderia ocorrer pela parceria com Universidades.
Envio de programa de produção com antecedência aos fornecedores.	
Ponto Forte	**Ponto Fraco**
• Para os fornecedores considerados estratégicos, estas informações são enviadas com antecedência, porém a maior parte da cadeia de suprimentos refere-se a produtos de catálogo.	• Há espaço para aumentar esta integração das informações na cadeia de suprimentos.
Serviço de assistência técnica no Brasil.	
Ponto Forte	**Ponto Fraco**
• Os estaleiros de grande porte desse segmento possuem.	• Para os médios e pequenos estaleiros, esse tipo de serviço não é oferecido ao mercado nacional.
O estaleiro é uma empresa exportadora	
Ponto Forte	**Ponto Fraco**
• Em termos de número absoluto, pequena parcela dos estaleiros considerados de grande porte desse segmento exporta. Estaleiros de médio e pequeno porte exportam. O Brasil é competitivo em termos de produtos e preços no mercado internacional.	• Incentivar mais a exportação desse tipo de produtos e estruturar os estaleiros para atender à necessidade da demanda internacional.
Possuir certificados internacionais para inserir produtos no mercado internacional.	
Ponto Forte	**Ponto Fraco**
• A maioria dos estaleiros possui.	• Alguns estaleiros nacionais ainda não possuem certificados internacionais.

Quadro 2 – Fatores críticos de sucesso: Pré-Requisito Necessário para a competitividade.

No quadro 3 são apresentados os itens relacionados com o tópico **necessidade de melhoria** para o setor náutico brasileiro ser tornar competitivo (MOURA, 2008).

Terceirização de serviços que eram realizados pelos estaleiros.	
Ponto Forte	**Ponto Fraco**
• Não há.	• Os estaleiros, de forma geral, ainda fabricam produtos e possuem serviços internos que poderiam ser terceirizados, se houvesse empresas especializadas no setor.
Parceria Tecnológica na área de pesquisa e desenvolvimento entre os fornecedores e estaleiro.	
Ponto Forte	**Ponto Fraco**
• Ainda é incipiente, mas já existe, principalmente com os fornecedores de produtos importados.	• Há necessidade de estreitar esse relacionamento.
Investimento do estaleiro em Universidades ou escolas técnicas.	
Ponto Forte	**Ponto Fraco**
• Alguns estaleiros tomaram medidas paliativas e firmaram acordos, por exemplo, com o SENAI, para desenvolvimento de mão-de-obra e suprimento de suas necessidades exclusivamente.	• Há necessidade de uma política de educação para se ter mão-de-obra qualificada para o setor. No segmento da construção náutica, não há no país uma Universidade com uma cadeia especializada; só acadêmicos com trabalhos isolados, com a finalidade de colaborar com o desenvolvimento do segmento.
Subsídios ou incentivos governamentais.	
Ponto Forte	**Ponto Fraco**
• Alguns estaleiros julgam não ser necessário ter subsídios do governo para alavancar o crescimento do setor	• Neste segmento específico, os impostos são elevadíssimos, pois o governo considera os produtos supérfluos, e a taxa de tributação é elevada, até mesmo para produtos que são exportados. Há necessidade de aproximação entre governo e entidades de classe para desenvolverem uma política adequada para esses produtos, tanto para vendas no mercado doméstico e, principalmente, incentivo à exportação.
Falta de políticas industriais focadas para o segmento.	
Ponto Forte	**Ponto Fraco**
• Não há.	• Não há políticas industriais para o segmento da construção náutica no país.

Quadro 3 – Fatores críticos de sucesso: Necessidade de Melhoria para a competitividade

CONCLUSÃO

O Brasil possui um potencial enorme para expandir a demanda de productos náuticos tanto no mercado interno como no externo. Algumas medidas pontuais seriam relevantes para isto como:

- Abertura de marinas públicas, com infra-estrutura adequada para o proprietário de uma embarcação poder utilizá-la, já seria uma medida que contribuiría bastante para o aumento das vendas de produtos no mercado nacional;
- Redução da tributação existente para este setor que é considerado supérfluo pelo governo brasileiro, na visão do governo este tipo de produto é para uma camada da população considerada muito rica e por isto a tributação é elevada.

Uma redução da taxa contribuiria também para o aumento da demanda. A Redução de tributação para as embarcações que fossem exportadas para aumentar o comércio exterior;

- Ter incentivos governamentais, tributos e encargos reduzidos para aumentar a produção dos estaleiros para abastecer exclusivamente o mercado externo, exclusivamente o mercado norte-americano e
- Maior integração entre estaleiros, cadeia de suprimentos e universidades, institutos de pesquisa, escolas técnicas, entidade de classe e governo para promover o desenvolvimento sustentado do segmento da construção náutica nacional.

O estado do Rio de Janeiro reduziu um tributo, o ICMS (Imposto sobre Circulação de Mercadoria e Serviço) para incentivar a instalação de empresas do segmento náutico para aquela região do país e com isto incentivar o aumento da produção deste tipo de produto, tanto para abastecimento da demanda interna como para a exportação.

O Brasil pode expandir em muito a produção deste segmento e também promover a instalação de fábricas que abastecem a cadeia de suprimentos deste setor. Para

isto, é necessário ter políticas industriais e públicas que corroboram de mão de obra qualificada, que promovam a parceria entre estaleiros, cadeia de suprimentos, universidades, centros de pesquisas, escolas técnicas e órgãos municipais, estaduais e federais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACOBAR - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS CONSTRUTORES DE BARCOS E SEUS IMPLEMENTOS. Indústria náutica brasileira: fatos e números 2005. Relatório anual de 2005.

ALVES FILHO, A. G.; VANALLE, R. M.; PEREIRA, G. G. Estratégia de produção e competitividade: o caso de uma empresa do setor de máquina e ferramenta. Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 1997.

AMBERG, M.; FISCHL, F.; WIENER, M. Background of critical success factor research. Working Papper, n. 2, 2005.

BERGERON, F.; BÉGIN, C. The use of critical success factors in evaluation of information systems: a case study. Journal of Management Information Systems, v. 5, n. 4, Spring, 1989.

BOYER, K. K.; LEWIS, M. W. Competitive priorities: investigating the need for trade-offs in operations strategy. Production and Operations Management. v. 11, n. 1, Spring, 2002.

DANIEL, B. R. Management information crisis. Harvard Business Review, sep. / oct., p. 111-121, 1961.

FINE, C.H.; HAX, A. C. Manufacturing strategy: a methodology and a illustration. Interfaces, v. 15, nov./dec., p. 26-48, 1985.

HAYES, R. H.; WHELLWRIGHT, S. C. Restoring our competitive edge: competitive through manufacturing. John Wiley and Sons. New York, 1984.

LEIDECKER, J. K..; BRUNO, A. V. Identifying and using critical success factors. Long Range Planning, London, v. 17, p. 23, feb. 1984.

MAGNANI, M. Identificação de fatores críticos de sucesso para formulação de estratégias que minimizem a perda de competência organizacional de um centro de P&D agropecuário. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2004.

MOURA, D. A. de. Análise dos principais segmentos da indústria marítima brasileira: estudo das dimensões e dos fatores críticos de sucesso inerentes à sua competitividade. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, São Paulo, Brasil, 2008.

ROCKART, J. F. Chief executives define their own data needs. Harvard Business Review, mar./apr. 81-93, 1979.

SKINNER, W. Manufacturing strategy on the “s” curve. Production and Operation Management, v. 5, n. 1, Spring, 1996.

Manufacturing – missing link in corporate strategy. Harvard Business Review, may./jun., p. 136-145, 1969.

SLACK, N. Vantagem competitiva em manufatura: atingindo competitividade nas operações industriais. São Paulo: Atlas, 1993.

STALK JR., G. Time next source of competitive advantage. Harvard Business Review. v. 16, n. 4, jul./aug., p. 41-51, 1988.

WHEELWRIGHT, S. C. Japan, where operations really are strategic. Harvard Business Review. v. 59, n. 4, jul./aug., p. 67-74, 1981

Mejora de la confiabilidad y disponibilidad operacional de una plataforma de combate, mediante un esfuerzo logístico centrado en las performances

Carlos BLAMEY Ponce
Capitán de Navío Armada de Chile

En un escenario mundial de restricción presupuestaria en el marco de la defensa, producto de un cambio en los paradigmas que condujeron al mundo durante la guerra fría, es necesario reorientar la gestión logística para un aprovechamiento costo efectivo de los recursos del estado.

Los buques de guerra, son sistemas complejos y difíciles de medir en cuanto a la efectividad en el cumplimiento de sus roles y la efectividad en el empleo del presupuesto asignado. Se espera de ellos confiabilidad y una alta disponibilidad operacional en el ciclo de vida, sin embargo el esfuerzo logístico se convierte en un esfuerzo reactivo en búsqueda de la solución de fallas.

Si se analiza la naturaleza de las fallas y la causa del tiempo de indisponibilidad de los equipos, comparándolas con el impacto en el cumplimiento de la misión, se puede observar que una importante cantidad de fallas son consecuencia de situaciones que representan una distorsión respecto del análisis ARM efectuado por los diferentes fabricantes de equipos. Sus cálculos no se ajustan al mundo real, el que genera fallas a través de diferentes “gateways” o pasadizos vinculados con la forma real en que se operan estos activos. El "código genético" de nuestros equipos se ve afectada por fallas generadas por el mismo mantenimiento, el efecto del medio ambiente, los problemas de la política de logística y los criterios de operación definidos por el operador, por mencionar algunas de las causas.

Centrándose en las mejoras y, buscando eficiencia en la solución de los defectos, el esfuerzo logístico debe ser enfrentado con una visión pragmática, mejorando la confiabilidad y la disponibilidad operacional, centrándose en las performances y

estableciendo como parámetro de medida el impacto operacional, las propias restricciones financieras y la confiabilidad de las soluciones.

Este trabajo hace recomendaciones para ser más eficaces en la administración de los productos logísticos, contribuyendo efectivamente a la operación costo-efectiva de las Unidades.

1.- INTRODUCCION

El objeto de la Economía es estudiar la correcta distribución de los recursos, siempre escasos, para satisfacer las necesidades del ser humano. La distribución de estos recursos, por ende, es función de las prioridades o jerarquización de las necesidades definidas por el usuario.

Durante los años de la Guerra Fría, la contingencia política que vivió el mundo, lo dividió en dos grandes ejes, dando preponderancia a las inversiones de defensa, sin embargo, en la década de los 90, el fin del periodo, la caída del Muro de Berlín, trajo importantes cambios sociales con significativas repercusiones en la defensa



Fig.1: Cambios Socialesal fin de la Guerra Fría

Tras esto, las Fuerzas Armadas de prácticamente todo el mundo vieron drásticamente reducidos sus presupuestos, disminuyendo su tamaño. Fue notoria la reducción sufrida por el Presupuesto de Defensa de los Estados Unidos de América durante los gobiernos de los presidentes Reagan, Bush y Clinton, el que experimentó una disminución sostenida del 35% entre los años 1985 y el 2000.

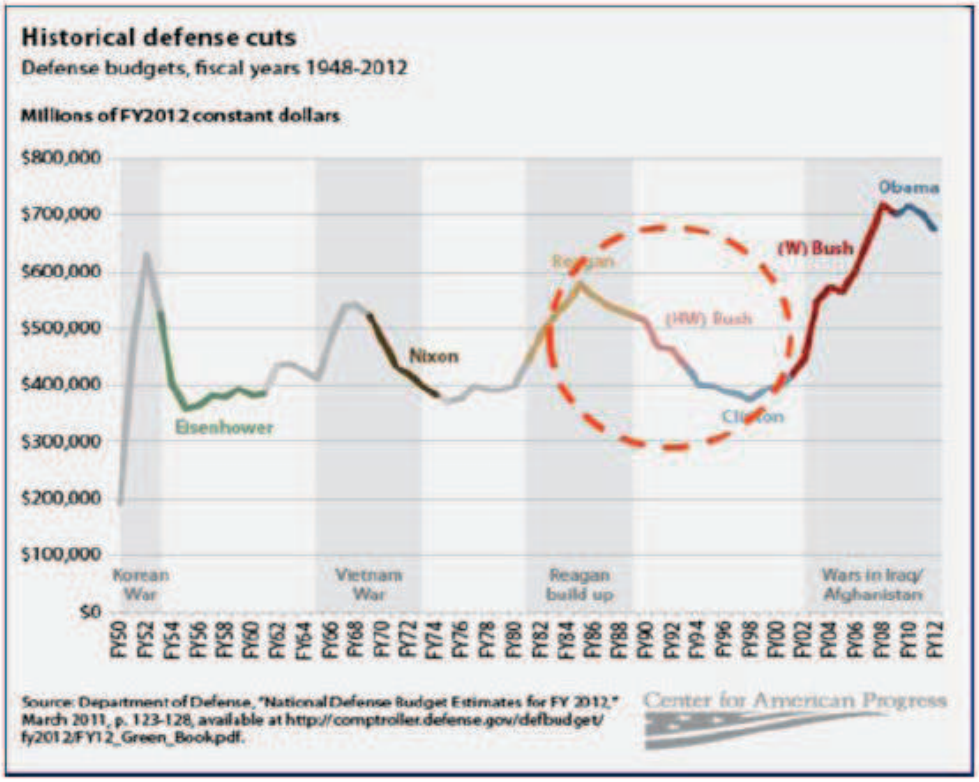


Fig. 2: Reducción del Presupuesto de Defensa Norteamericano

Chile no ha sido una excepción en este sentido. Si se hace una referencia al PIB, el presupuesto de defensa del Estado de Chile sufrió una drástica reducción en el mismo periodo, estando sujeto a una suerte de continuidad durante la última década, mientras el PIB, producto de los beneficios provenientes de la explotación del cobre, han aumentado de manera notable.

Esta situación macroeconómica favorable ha conllevado al Estado de Chile mayores exigencias en todo el ámbito de sus responsabilidades; en el plano nacional, centrado en el desarrollo social y, con una mayor presencia en el plano

internacional, lo que en lo relativo a Defensa, se ha visto reflejada por una activa participación en actividades de apoyo humanitario.

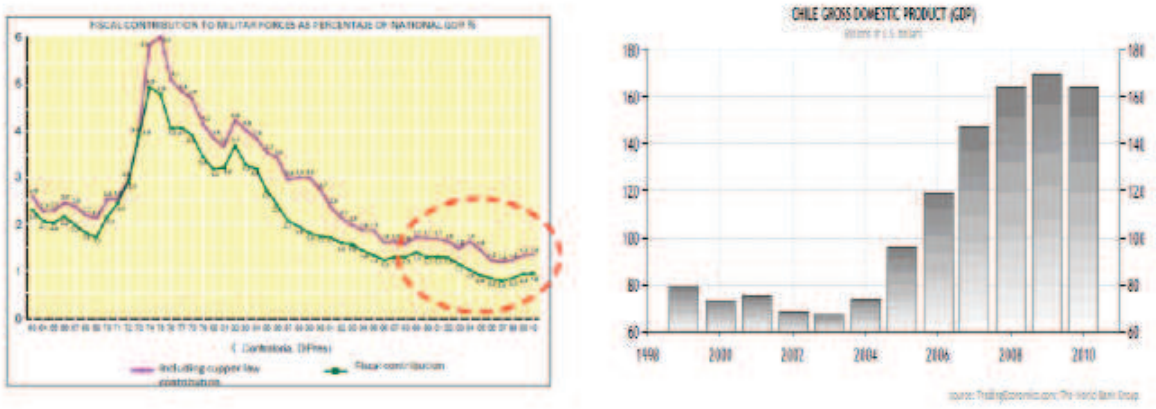


Fig. 3: Evolución del Presupuesto y del PIB

Paradojalmente, esta situación macroeconómica favorable ha conllevado al Estado de Chile mayores exigencias en todo el ámbito de sus responsabilidades; en el plano nacional, centrado en el desarrollo social y, con una mayor presencia en el plano internacional, lo que en lo relativo a Defensa, se ha visto reflejada por una activa participación en actividades de apoyo humanitario, aumentando las exigencias y los estándares. De manera casi contradictoria, mientras las exigencias y los estándares han aumentado, las restricciones también.

2.- EMPLEO COSTO-EFECTIVO DE LOS ACTIVOS

Frente al escenario descrito, es fundamental contar con criterios de priorización que permitan el empleo costo-efectivo de nuestros recursos de defensa, sin afectar la disponibilidad operacional y la confiabilidad de los sistemas. En el plano de los activos de defensa, el concepto de Costo-Efectividad se refiere al costo en el ciclo de vida de estos activos frente al grado de cumplimiento de exigencias técnicas asociadas a las capacidades, confiabilidad y disponibilidad operacional del material puesto a nuestra disposición.

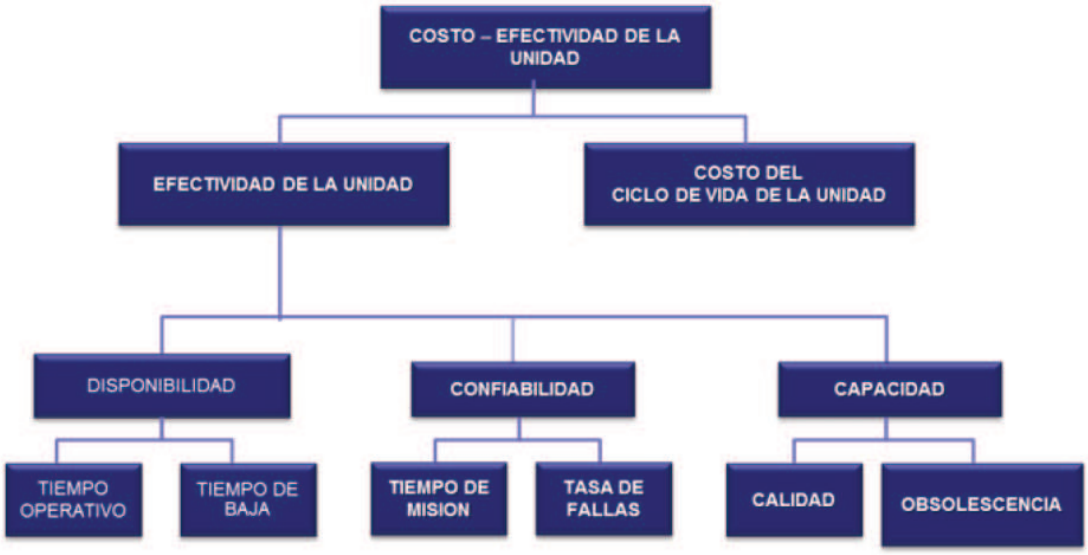


Fig. 4: Factores de Costo-Efectividad

Las Unidades adquiridas por las marinas, cualquiera esta sea, están construidos con un nivel de disponibilidad y confiabilidad que vienen dadas por las especificaciones técnicas de diseño. Éstas, están estrechamente vinculadas a un determinado stock de repuestos definido, el apoyo logístico diseñado y la cadena de suministro esperada; sin embargo, la realidad nos muestra que estas consideraciones raramente se cumplen debido a aspectos de carácter presupuestario, privilegiando el acopio y postergando el soporte a asignaciones oportunidad.

En un escenario como el indicado, las expectativas de aumentar el nivel de entrenamiento, un tiempo en la mar más efectivo y la capacidad de respuesta rápida, dependen cada vez más de la disponibilidad y confiabilidad de sus plataformas.

3.- LA RELEVANCIA DEL ILS Y DE LOS “GATEWAYS” LOGÍSTICOS

La Unidades Navales se construyen e incorporan a las marinas siguiendo los Requerimientos de Alto Nivel derivados de las necesidades identificadas por el Mando Operativo; sin embargo, los fabricantes, a partir de los requerimientos técnicos y operacionales realizan el Análisis del Soporte Logístico para los equipos principales, el que se vuelca en la norma MIL-STD 1388-2B que define el esfuerzo

de mantenimiento, así como el apoyo logístico asociado para asegurar la efectividad de los activos.

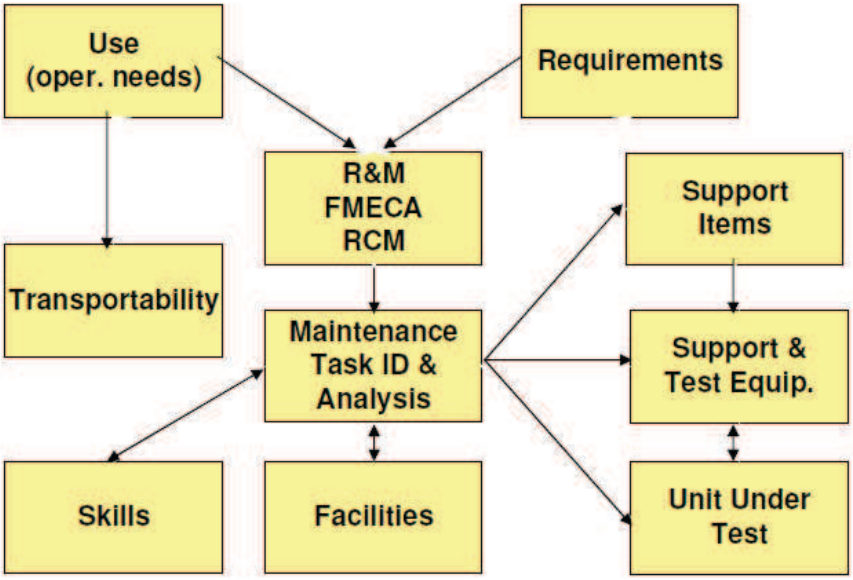


Fig. 5: Logistics Support Analysis Flow (MIL-STD 1388-2B)

Cuando se privilegia la adquisición, postergando la incorporación del ILS a la eventual disponibilidad presupuestaria futura, se generan nuevas variables no consideradas en el diseño original del ILS, a las que podremos denominar “Gateways” logísticos, conforme con ciertas aproximaciones existentes en la bibliografía (Nikolowski, 2006); es el caso de la obsolescencia técnica y logística, la pérdida de competencias y la falta de instalaciones y herramientas para reparar.

Un equipo, pensemos en una bomba, que trabaja en un ambiente ideal, normalmente va a fallar de acuerdo con el análisis ARM (Disponibilidad, Confiabilidad y Mantenibilidad) realizado por el fabricante original, sin embargo, ningún equipo trabaja en condiciones ideales y todos se ven afectados influencias externas (Gateways), homologables con "errores no forzados".

La razón detrás de esta idea sugiere que la mayoría de los modos de falla de los equipos exhibe un patrón de ocurrencia aleatorio, existe una cantidad importante de éstas cuya causa fundamental radica en un factor humano o de naturaleza “no técnica”.

Siguiendo esta idea, todo equipo o componente tiene un "código genético", definido a partir de las especificaciones de diseño y el ciclo de vida esperado. Cuando se opera bajo condiciones de su diseño, la mayor parte de los equipos debe alcanzar una proporción razonable de la vida esperada, lo que se asocia al desgaste y la degradación natural a lo largo del ciclo de vida, más que la componente aleatoria.



Fig. 6: Gateways para los defectos

Conceptualmente, y siguiendo la idea del "código genético" debidamente identificado por el análisis de ARM, los equipos no deben fallar durante la fase de explotación, pero "influencias externas" facilitan la aparición de fallas no previstas las que, provenientes de la operación corriente de nuestro activo, de errores inducidos en el mantenimiento, de la influencia del medio y de la propia logística, van poco a poco socavando el estado de nuestro activo.

El “Gateway de Mantenimiento” La "puerta de Mantenimiento" es la ruta a través del cual los defectos relacionados con el mantenimiento de entrar en el sistema. Correcta definición del alcance y control de calidad en la estrategia de la reparación es uno de los mecanismos que se pueden aplicar para reducir al mínimo el número

de defectos que ingresan al sistema a través de esta "entrada". De hecho, trabajando desde una base de modos de fallo y análisis detallados efectos (AMFE) que hemos encontrado más de un 60% de las causas fundamentales del fracaso de un sistema de equipo en particular pueden ser abordados durante la intervención de reparación.

En última instancia, cada "entrada" debe tener un plan de manejo para "cerrar la puerta" y prevenir las causas del fracaso anterior re maduración de entrar en el sistema. Esto se logra a través de actividades de evitación de fallos que están relacionados tanto con las conductas, ya que son a las operaciones y prácticas de mantenimiento. Cada equipo puede hacer una contribución significativa al mantenimiento de los portales cerrados.

Mantener las puertas cerradas, muchos de los problemas desaparecen, lo que reduce aún más las posibilidades de inducir un fallo prematuro a través de la intervención humana.

Otras fallas, menos investigados son los derivados de la operación del activo, mediante el uso más intensivo, ya que se ha definido en su perfil operativo, de los fallos introducidos a través de la dotación durante el mantenimiento, debido a un ambiente anormal y también por influencias externas, por ejemplo, por hacer las cosas para las que el activo no ha sido diseñado.

Cada vez que usamos el equipo fuera de su ambiente ideal, o cruzamos la puerta de entrada, estamos introduciendo defectos. Por lo tanto, hemos de cerrar las puertas de enlace que permiten la creación de un defecto.

A fin de recuperar la disponibilidad operacional de los equipos, a menudo se desarrollan acciones paliativas, pero que rara vez orientar sobre las causas de raíz. En la mayoría de los casos, a pesar de haber dar solución a un fallo en particular, tienen dificultades para atacar la causa raíz de la falla, manteniendo abierto el Gateway que causó la falla.

Vamos a explorar las causas de los fracasos y las causas de su retraso a fin de comprender el esfuerzo logístico, centrado en el objetivo de mejorar el rendimiento.

3.1. Disponibilidad Operacional

Disponibilidad Operacional (A*i*): es la medida en que un sistema se encuentra en condición operacional cuando es requerido (Blanchard, 1992). Tomada esta definición de la MIL-STD-721, es la porción de tiempo en que un sistema se encuentra en condición funcional.
Se expresa como:

$$A_i = \frac{MTBM}{MTBM + MDT}$$

donde MTBM es el tiempo entre mantenimiento y MDT es el tiempo de falla, siendo ambos valores una function de las acciones y plazos de mantenimiento corrective (no planificado) y preventive (planificado) (Blanchard, 1992).

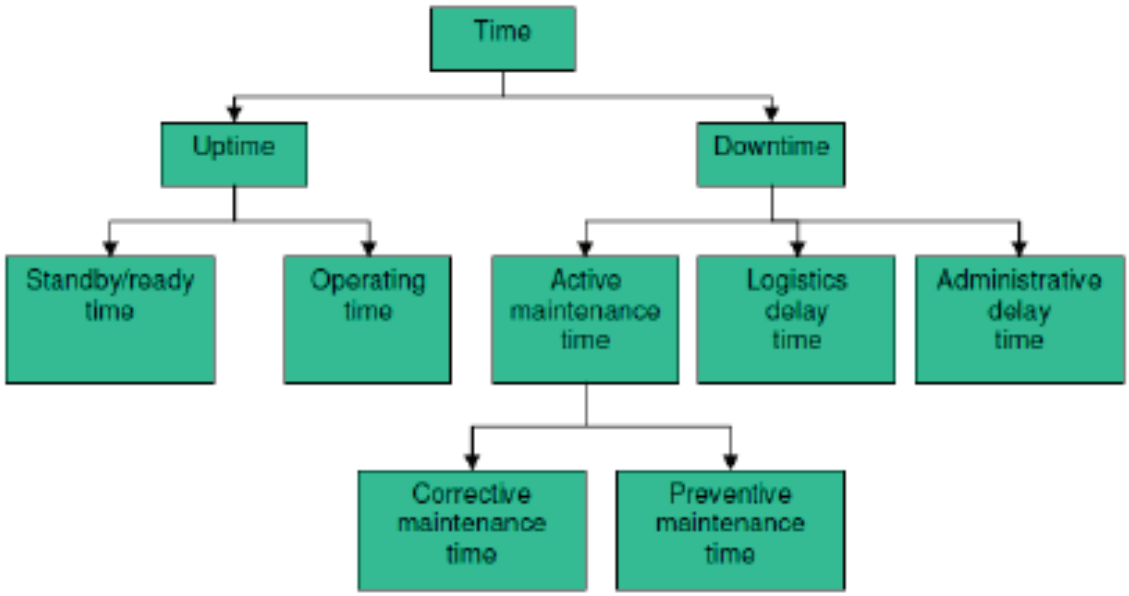


Fig. 7: Quiebre del Factor Tiempo (Blanchard)

3.2. Confiabilidad

Confiabilidad (R): De manera simple, puede ser definida como la probabilidad que un sistema se comporte de manera correcta mientras se encuentra en condición funcional durante un período de tiempo dado (Blanchard, 1992).
La confiabilidad puede ser definida como:

$$R(t) = e^{-t/M} = e^{-\lambda t}$$

donde λ es la razón de falla instantánea y M es el tiempo entre fallas o MTBF

$$\lambda = \frac{\text{number of failures}}{\text{total uptime hours}}$$

3.3. Disponibilidad General:

La disponibilidad general de un activo es, sin embargo, definida ya en la fase incipiente del diseño y las variables que influyen sobre ésta, están fuertemente vinculadas con el rendimiento del mismo.

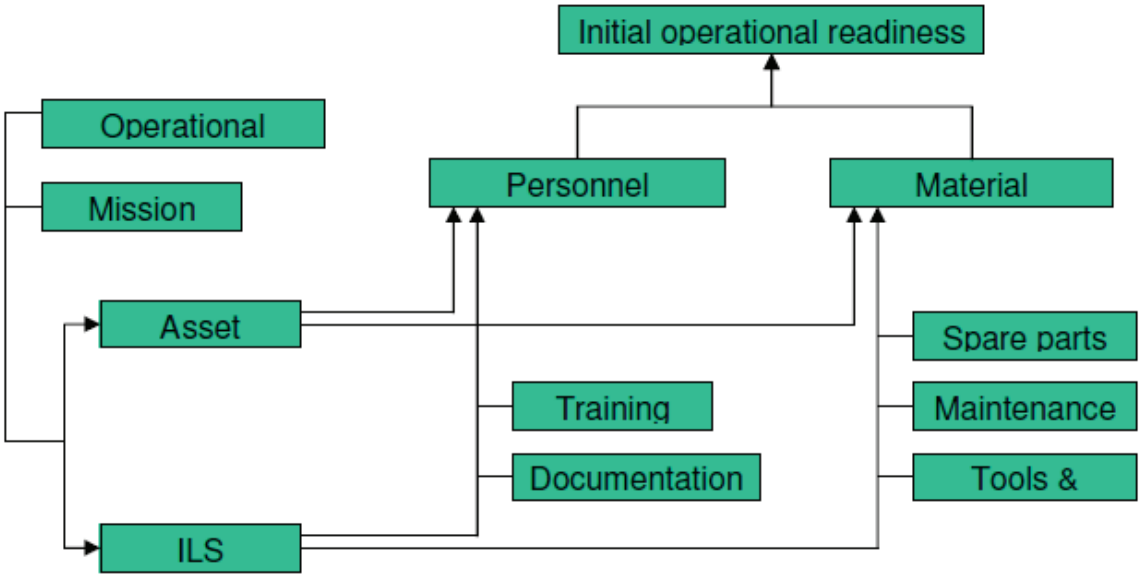


Fig. 8: Elementos del diseño que influyen en la disponibilidad general (Kuijer

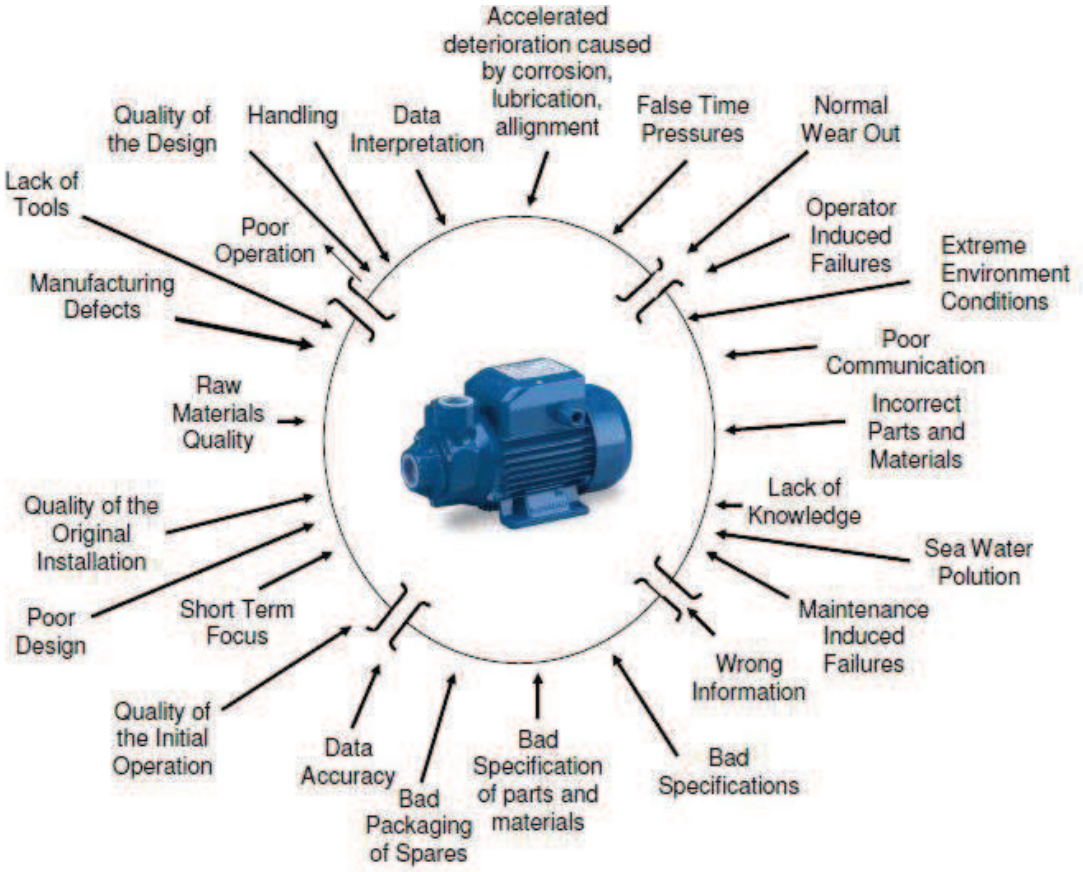


Fig. 9: Origen de las fallas (Blanchard, 1992; Nikolovski, 2006)

Se puede ver que la disponibilidad operacional, como parte del código genético del activo durante su diseño, es afectado por diversos factores asociados a la logìstica, fallas inducidas en el mantenimiento, condiciones medioambientales y la propia operación del equipo, denominados previamente “gateways”.

Estas fallas son introducidas por los “gateways” en el desarrollo de nuestras actividades cotidianas, incluyendo las actividades de ingeniería, compras, gestión de inventarios, como también acciones de mantenimiento y operacionales.

4.- ANALISIS DEL MODO DE FALLA, EFECTOS RIESGO Y CRITICIDAD.

El procedimiento de modo de falla, efectos y análisis de criticidad (FMEA / FMECA) es una herramienta que ha sido adaptado de muchas maneras diferentes para diferentes propósitos (MIL-STD-1629A). Puede contribuir a la mejora de los diseños de productos y procesos, lo que resulta en una mayor fiabilidad, mejor calidad, mayor seguridad, una mayor satisfacción del cliente y reducir los costos. La herramienta también se puede utilizar para establecer y optimizar los planes de mantenimiento de los sistemas reparables y / o contribuir a controlar los planes y otros procedimientos de control de calidad.

La mayoría de los análisis de este tipo también incluyen un método para evaluar el riesgo asociado a las cuestiones identificadas durante el análisis y priorizar las acciones correctivas (MIL-STD-1629A).

Para evaluar el riesgo implícito de la falla de un equipo o sistema, éste debe ser sujeto a un análisis que conduzca a un valor de prioridad de riesgo (RPN):

- Severidad de la falla, medida en cómo impacta en el cumplimiento de los roles.
- La tasa de probabilidad de ocurrencia de la falla.
- La probabilidad de detección previa de la falla (es decir, la probabilidad de detectar el problema antes de que se produzca la falla).

RPN = Severidad xDetectabilidad x Ocurrencia

Siendo consistente con la MIL-STD-882D, la severidad se define en las siguientes categorías:

Severity Classification		Description	Severity Figure
Category I	Catastrophic	A failure which may cause death or weapon system loss.	10
			9
Category II	Critical	A failure which may cause severe injury, major property damage, or major system damage which will result in mission loss.	8
			7
Category III	Marginal	A failure which may cause minor injury, minor property damage, or minor system damage which will result in delay or loss of availability or mission degradation.	6
			5
			4
			3
Category IV	Minor	A failure not serious enough to cause injury, property damage, or system damage, but which will result in unscheduled maintenance or repair.	2
			1

Table 1: Severity Classification (MIL-STD-882D)

Por otro lado, la ocurrencia se tabula en virtud de la MTBF (MIL-STD-882D):

Occurrence Classification		MTBF	Figure
Very High	Failure is almost inevitable	t < 200 hours	10
		200 < t < 500 hours	9
High	Repeated failures	500 < t < 1000 hours	8
		1000 < t < 2000	7
Moderate	Occasional failures	2000 < t < 30000 hours	6
		3000 < t < 4000 hours	5
		4000 < t < 5000 hours	4
Low	Relatively few failures	5000 < t < 8000 hours	3
		8000 <t < 10000 hours	2
Remote	Failure is unlikely	> 10000 hours	1

Nota: el valor de MTBF corresponde a un ejemplo
Table 2: Occurence Classification (MIL-STD-882D)

De igual forma, la detectabilidad está caracterizada por:

Detection Possibility	Means to detect	Figure
None	No possibility to predict	10
	A model might be built	9
Low	Vibration analysis	8
	Condition Monitoring (vibration, special visual inspections, Focault currents, etc.)	7
Moderate	Shipyard inspections	6
	Supplier recommendation (maintenance)	5
	Mechanical behavior of the installation (noises, temperature)	4
High	Sensors (temperature, flowrate, pressure, etc. which need interpretation of the operator)	3
	Mechanical indicators (needs interpretation of the operator)	2
Very High	All the means, alarms	1

Table 3: Detection Possibility (MIL-STD-882)

5. CRITICIDAD DE LAS FALLAS:

Si hacemos un análisis cruzado entre las fallas, su duración y la criticidad de las mismas, es decir el riesgo asociado a la falla, medido en cuánto impacta en el cumplimiento de los roles de nuestra Unidad, podemos ver que existen fallas que pueden tener una alta tasa de repetición, incluso largos períodos de vida, pero que sin embargo, tiene muy poco impacto en el cumplimiento efectivo de los roles.

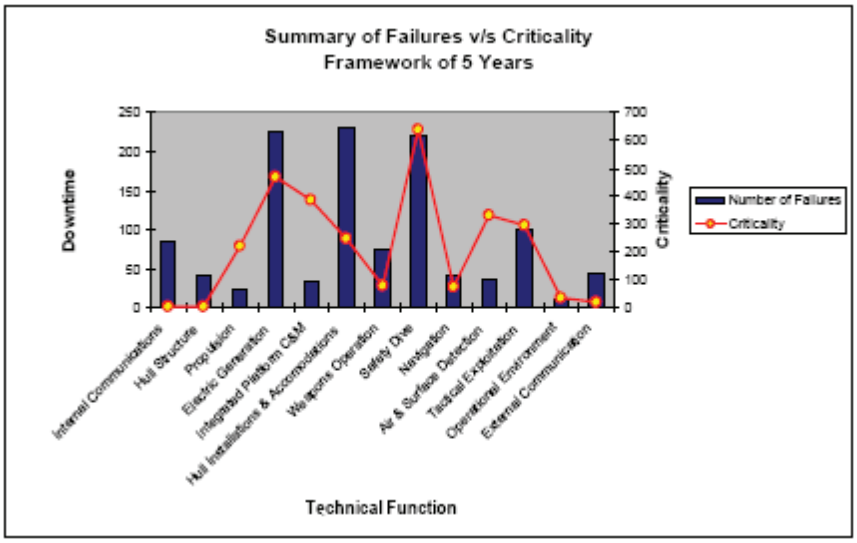


Fig. 10: Summary of Failures v/s Criticality – Framework of 5 Years

Tal vez una de las primeras cosas que se deja notar es que hay tres funciones técnicas que concentran el 60% de las fallas, con una proporción muy similar entre ellas. Dos de ellas son al mismo tiempo las funciones más críticas.

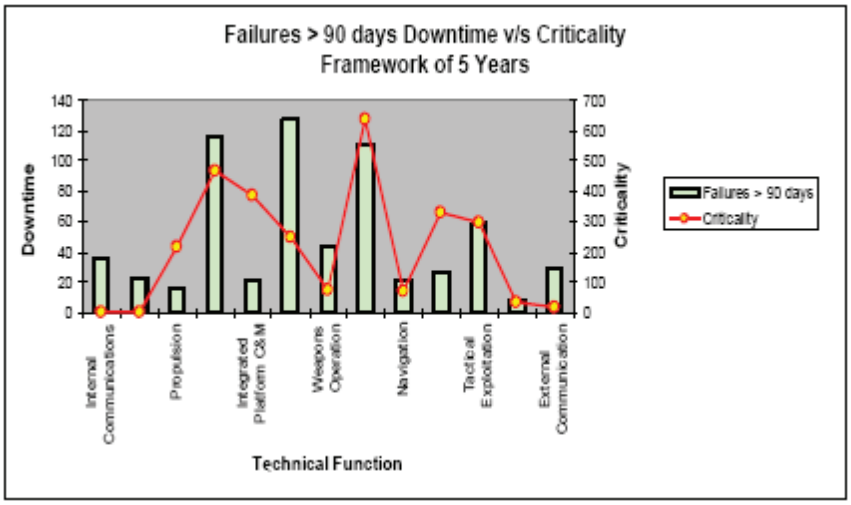


Fig. 11: Failures > 90 days – Downtime v/s Criticality

Ahora, si analizamos la situación de las fallas, podemos ver que el 45% de ellas se han resuelto antes de 90 días, lo que puesto en el contexto operacional, fueron resueltas en la mar por parte de la dotación o en períodos cortos en puerto durante períodos de entrenamiento o automantenimiento.

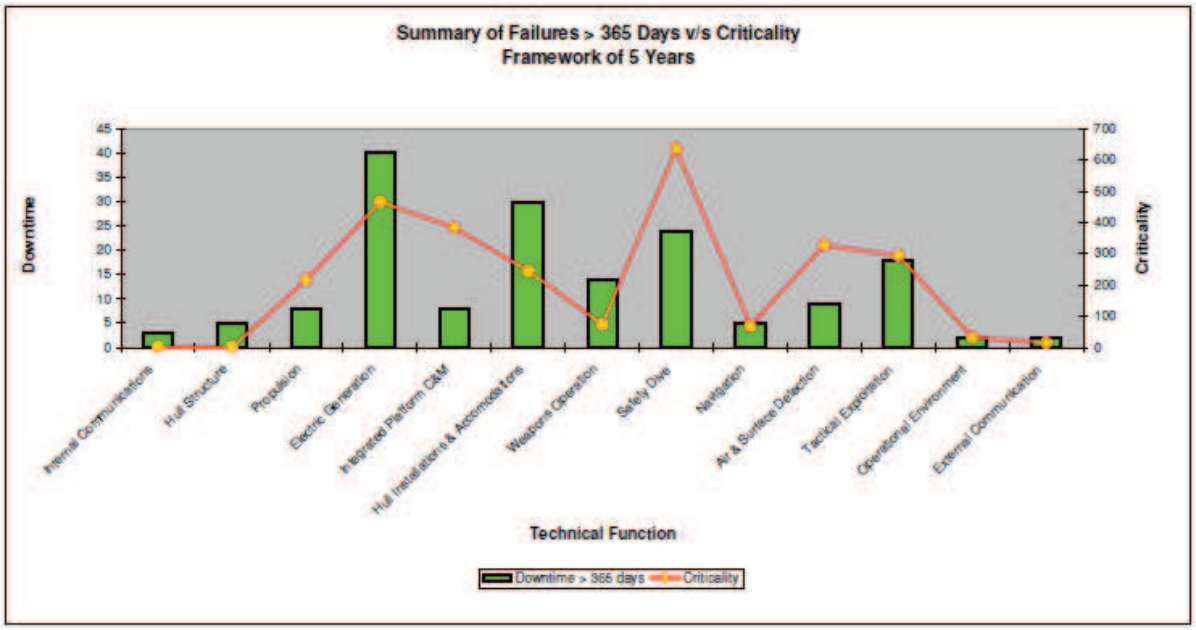


Fig. 12: Summary of Failures > 365 Days v/s Criticality

Todas esas fallas que excedían los 90 días se compararon con los que tenían más de un año de duración. Tal como se concluyó anteriormente, así como el 45% del número total de fallos se resolvieron dentro de los primeros 90 días, el 85% de ellos se resolvieron dentro de un año, pero con un impacto importante en la disponibilidad de las instalaciones y por lo tanto la una de la función técnica.

El mismo enfoque se hizo para esos fracasos que pasaron más allá de un año. Si pensamos en fallas que no han sido resueltas antes de un año, debemos tener tendencia a pensar que estos se han retrasado debido a la necesidad de apoyo o la necesidad de desarrollar un trabajo mayor o a problemas logísticos.

Si comparamos el resto de fallas con la criticidad de las funciones técnicas, podemos ver que se hizo un gran esfuerzo para reducir las fallas relacionadas con las funciones críticas. Pero después de un año, el 15% del total de fallas todavía sin solución provoca un impacto importante en la fiabilidad y la disponibilidad del buque en su conjunto.

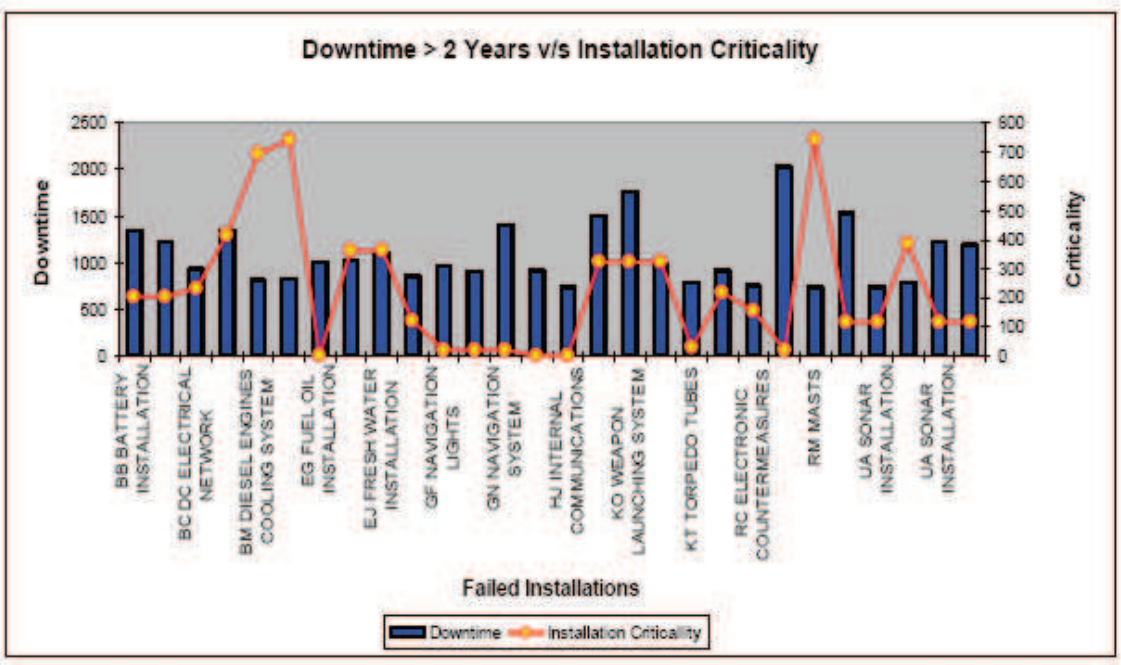


Fig. 13: Downtime > 2 Years v/s Installation Criticality

6. CLASIFICACIÓN DE LAS FALLAS

Después de haber realizado el análisis de los datos recogidos del sistema, seleccionamos las fallas que excedieron un año de duración.

Siguiendo con la idea de los gateways, las causas de las fallas se pueden clasificar en siete categorías (Blanchard, 1992):

Causes of the Failure:	Degradation
	Bad operation
	Maintenance Induced
	Environment
	Bad specification or quality of materials
	Manufacturing defects
	Quality of the design

Table 4: Causes of the Failure

De igual forma, el tiempo de duración de la falla puede asociarse a:

Causes of the Delay:	Long Lead Items
	Obsolescence
	Lack of Budget
	Lack of Tools and Facilities
	Needs Manufacturer support
	Needs Design Evolution
	Problems of Access

Table 5: Causes of the Delay

Clasificando las fallas que excedieron un año sin haber sido resueltas se desarrolló una matriz de que vinculaba Causas con duración de las fallas:

		(1) Causes of the Failure								
		Degradation	Bad Operation	Maintenance Induced	Environment	Bad Spec. of Materials	Manufacturing Defect	Quality of Design	Total	%
(2) Cause of the delay	Long Lead Items	9	1	0	**17**	6	0	4	37	**22,02**
	Obsolescence	3	0	0	1	0	0	0	4	**2,38**
	Lack of Budget	5	0	0	5	0	0	3	13	**7,74**
	Lack of Tools & Facilities	1	1	2	1	0	0	1	6	**3,57**
	Needs Manufacturer Support	9	0	0	6	1	**20**	**32**	68	**40,48**
	Needs Design Evolution	0	0	6	8	3	3	8	28	**16,67**
	Problem of Access	2	0	0	10	0	0	0	12	**7,14**
	Total	29	2	8	48	10	23	48	168	**100**
	%	17,26	1,19	4,76	28,57	5,95	13,69	28,57	100	

Table 6: Causes v/s Downtime

Analizado desde el punto de vista de la causa de la falla y del tiempo de duración de la misma, se destacó las fallas con mayor preponderancia.

Las causad de la falla (1), puede ser fácilment asociado con la pregunta: **¿Por qué falló?**, lo que es esencialmente materia de **Confiabilidad**.

Las causas del tiempo de duración de la falla (2), pueden ser asociadas a: ¡Por qué demoró tanto tiempo la reparación? Esto es materia de **Disponibilidad**.

Para hacerlo más tangible:

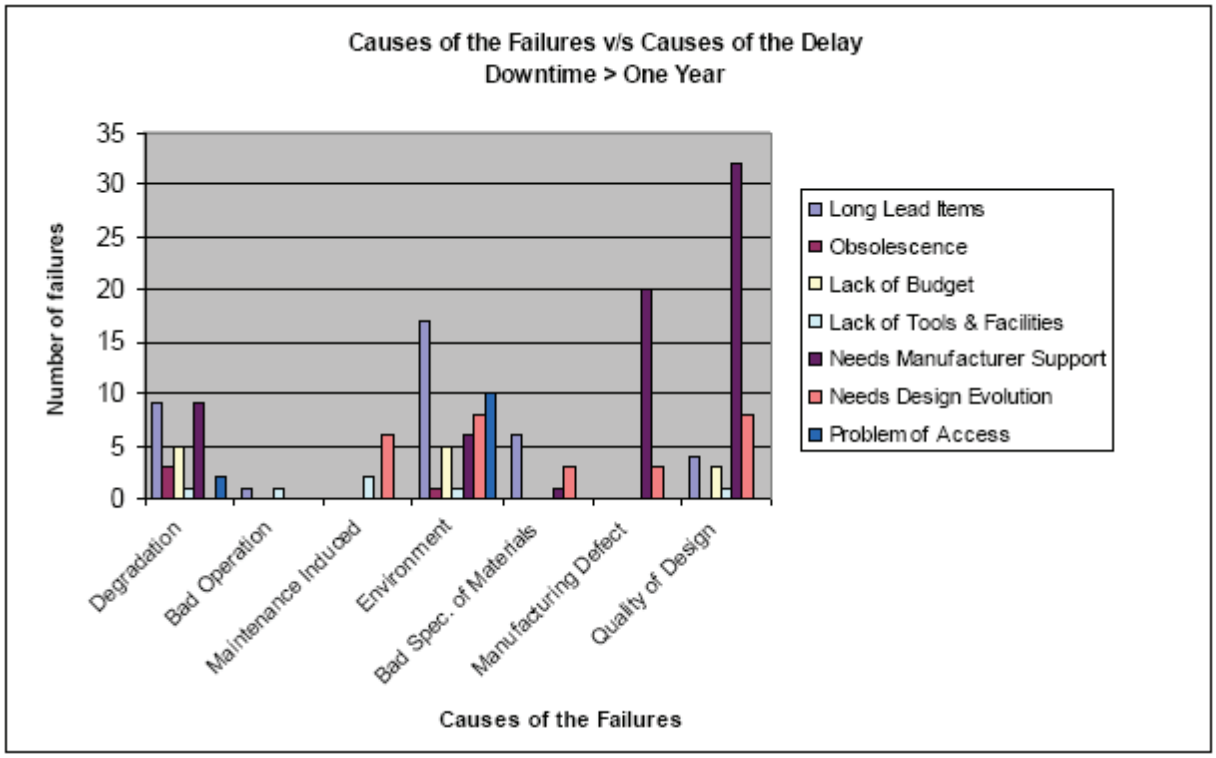


Fig. 14: Causes of the Failure v/s Causes of the Delay – Downtime > One Year

7. EL PRINCIPIO 80/20 PARA HACER FOCO EN LA MEJORA EFECTIVA.

Para hacer foco en la mejora efectiva, se aplicará el principio de Pareto, quien postulaba que existe un desequilibrio inherente entre las causas y los resultados. Por lo general, las causas o esfuerzos se dividen en dos categorías:

- la mayoría, que tienen poco impacto
- una pequeña minoría, que tienen un impacto dominante mayor (Koch, 1997)

El principio de Pareto se traduce en que alrededor del 80% de los problemas se generan habitualmente en torno al 20% de las causas. Por lo tanto, el análisis de Pareto proporciona atención a las cuestiones clave para el problema que se genera.

Para avanzar con el análisis de Pareto, identificamos el número de averías por cada instalación, todas las que permanecieron más de un año sin solución, el tiempo de inactividad media por instalación y el impacto operacional como una forma de medir la criticidad.

El impacto operacional que se ha mencionado anteriormente, lo denominamos Factor de Pareto, que nos dará una forma sencilla y útil para identificar aquellas instalaciones que son más impactan la disponibilidad, teniendo en cuenta los datos previamente estudiados (número de averías por instalación, tiempo de inactividad y el impacto en cumplimiento de los roles, previamente vinculados con un número de prioridad de riesgo (RPN).

Pareto Factor = Number of Breakdowns * Mean Downtime * Criticality RPN

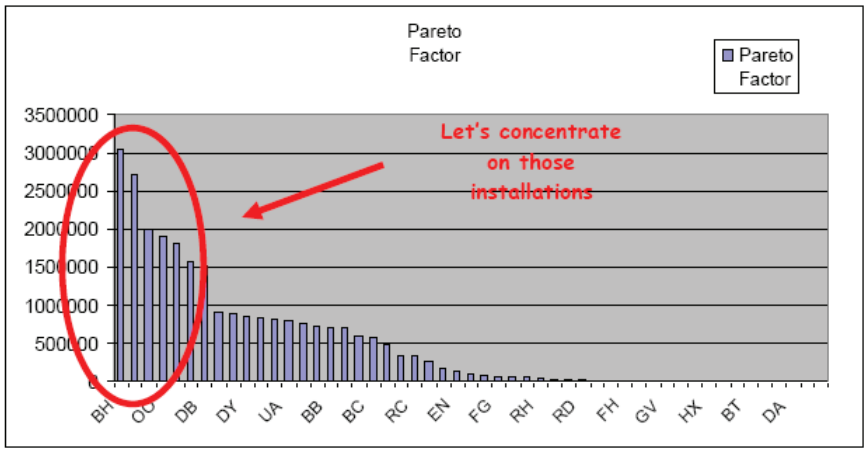


Fig. 15: Plotting the Availability Impact by Rank

8. PRIORIZAR LAS OPORTUNIDADES DE MEJORA

Hemos conectado la estructura funcional con la misión y las fallas y luego de un análisis estadístico hemos definido dónde hacer foco para aportar mejoras, que tendrán un impacto efectivo en la disponibilidad operacional y la confiabilidad de los

sistemas, sin embargo, el principio de eficiencia implica que los recursos técnicos, materiales, personales y financieros tienen que ser dosificado con el fin de racionalizarlos, asegurando que las soluciones existen, son factibles, aceptables y seguras.

La pauta general para priorizar las oportunidades de mejora es asegurar resultados tangibles (Watkins, 2003). Los mejores candidatos son los problemas que podemos enfrentar razonablemente rápido con un gasto modesto y que producirá ganancias operativas visibles.

Una de las principales responsabilidades en el liderazgo de un grupo es ayudarlo a clarificar el problema antes de empezar a trabajar (Weaver, Farrel). Este proceso debe ser simple, ayudando, por medio de preguntas aclaratorias, la mejor manera de centrarse en la mejora de nuestro problema :

a) ¿Cuál es el **impacto de la disponibilidad**? Esto es medido como impacto en la disponibilidad operacional mediante el Factor Pareto.
b) ¿Qué nivel de **esfuerzo** se requiere para solucionar el problema? Se refiere al esfuerzo financiero asociado a la solución del problema.
c) ¿Cuánta **confianza** tenemos en que existe una solución sostenible? Se trata de competencias, como una forma de representar lo confiable de la solución.

IMPACTO: ¿cuál es el impacto en la disponibilidad?

Alta disponibilidad ≈ 3 = muy importante en instalaciones críticas.
Medio ≈ 2 = medio
Bajo ≈ 1 = Insignificante

ESFUERZO: ¿Qué nivel de esfuerzo que se requiere para solucionar el problema?

Bajo = 3 = Bajo esfuerzo / bajo costo = sólo tiene los recursos
Medio = 2 = medio
Alto nivel de esfuerzo = Alta = 1 - alto costo potencial

CONFIANZA: existe una solución sostenible?

Alto = 3 = muy seguros - simplemente habilidades de ingeniería

Medio = 2 = medio

Bajo= 1 = No existen seguridad - demasiadas incógnitas, etc

Para anotar y consecuentemente priorizar el esfuerzo de mejora, en función de la mejora de la disponibilidad, el esfuerzo y la confianza en las soluciones, se hizo una encuesta entre el órgano de mantenimiento y el ámbito operacional.

Installation	Cause/Downtime	Availability Impact Number	Effort	Confidence	Focus
KO	Quality/Manufacturer	2	3	2	12
BM	Quality/LLI	1,8	2	3	11
BD	Degradation/Manufacturer	1,6	3	2	9,4
DP	Quality/Manufacturer	0,9	3	3	8,3
ME	Degradation/LLI	0,8	3	3	7,4
GS	Degradation/Manufacturer	0,7	3	3	6,2
BH	Environment/Evolution	3	2	1	6,1
OO	Quality/Manufacturer	1,9	3	1	5,7
DT	Environment/Access	0,9	2	3	5,5
RM	Environment/ Budget	2,7	2	1	5,4
DY	Environment/LLI	0,9	2	3	5,2
EJ	Quality/Manufacturer	0,8	3	2	4,6
DB	Environment/LLI	1,5	1	3	4,6
KD	Degradation/Manufacturer	0,7	2	3	4,4
BQ	Environment/Access	0,6	2	3	3,6
BC	Degradation/Manufacturer	0,6	3	2	3,5
UA	Quality/Manufacturer	0,8	2	2	3,2
DS	Degradation/Manufacturer	0,8	1	2	1,7
BB	Quality/Manufacturer	0,7	2	1	1,4

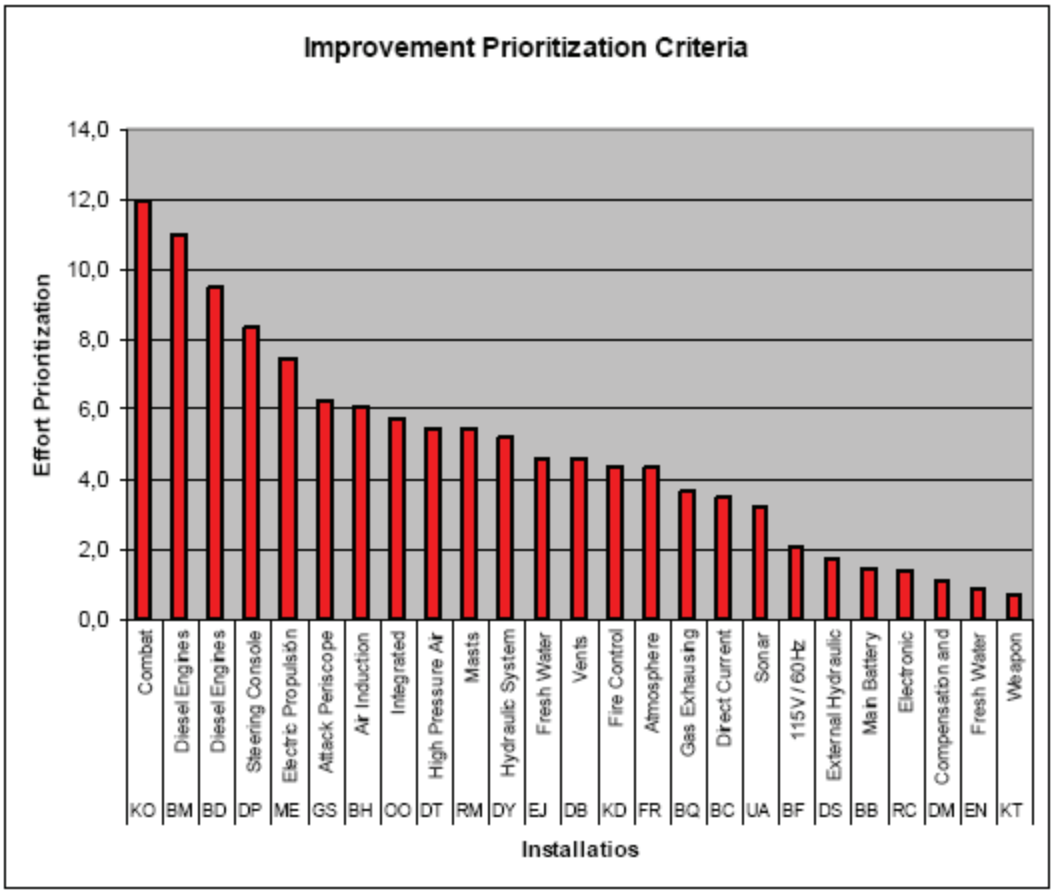


Fig. 17: Where to priories the final improvement effort

9.- IMPLEMENTACIÓN DE MEJORAS

Habiendo identificado cómo y dónde hacer foco para racionalizar y dosificar el esfuerzo, aportando soluciones efectivas en las instalaciones críticas, con énfasis en las causas raíz de las fallas y del tiempo de vida de las fallas, se identificaron accjones concretas para aportar soluciones costo-efectivas.

a) Mejoras en la política de inventarios, como un mecanismo para reducir el tiempo de espera de repuestos, generando criterios de adquisición de elementos y stocks mínimos críticos.

b) Desarrollo de un lenguaje común que permita a todos los actores, operativos y logísticos, hablar de capacidades, disponibilidad y criticidad, en lugar de concentrarse en recursos, normalmente de un gran monto, permitirndo que todos compartan la misma visión de cómo hacer sinergia logística.

c) Práctica de Benchmarking con marinas amigas, como una forma de aprender de la experiencia obtenida previamente, sin arriesgar innecesariamente.

d) Compras conjuntas con marinas amigas, como un mecanismo para reducir costos por volumen de adquisición.

e) Desarrollo de stocks comunes con marinas que comparten el mismo tipo de Unidades, como un mecanismo para la obtención rápida de repuestos de alta criticidad.

f) Revisión conjunta de los Planes de Mantenimiento con marinas que comparten el mismo tipo de Unidades, como una forma de racionalizar el esfuerzo técnico.

g) Transferencia tecnológica por parte de los fabricantes, de modo de obtener competencias que permitan reducir los tiempos de espera.

h) Desarrollo de una política de Manejo de Obsolescencias y Material COTS, generando evoluciones progresivas de los sistemas y de esta forma evitar la baja por razones logísticas.

i) Stocks de repuestos en concesión: desarrollo de bodegas físicas o virtuales con disponibilidad de repuestos sin que se haya hecho traspaso de la propiedad.

j) Acuerdos de Sostenimiento: desarrollo de acuerdos que permitan el sostenimiento in-site por parte del fabricante.

10. CONCLUSIONES.

a) Es cada vez más común que unidades recientemente adquiridas sean afectados por un gran número de fallas, causando un impacto importante en la confiabilidad y

la disponibilidad operacional. Los problemas son asumidos con una visión de corto plazo.

b) La mayoría de las fallas son consecuencia de las malas gestiones, algo que representa una distorsión del análisis ARM hecha para cualquier equipo por el proveedor. El "código genético" de nuestro equipo se ve afectado por el mantenimiento de las fallas inducidas por el efecto del medio ambiente, los problemas logísticos y los criterios de funcionamiento definidos por el operador.

e) Los inventarios deben redefinirse, pasando a una política más conservadora mediante la definición de niveles de inventario y la reconstrucción de COSAL y COSMAL, así como una lista de repuestos críticos para reducir el aprovisionamiento logístico demora.

f) La definición de centrar el esfuerzo logístico, sin pánico frente a fallos que pueden tener menos importancia en relación con el cumplimiento de la misión, hay que aprender a comunicarse. La gente tiene que tener un pensamiento sistémico, concentrándose en las fallas importantes, más que en todas las fallas.

h) En general, las Fuerzas Armadas no se ven beneficiados por grandes presupuestos complementarios. No hay indicios para suponer que la situación será diferente al de años anteriores. Se debe buscar por todos los medios soluciones nuevas, convencionales o no convencionales, que permitan asegurar buenos resultados y ser capaces de ser más costo-efectivos, obteniendo mejores resultados con la misma cantidad de dinero.

Modelación isotrópica de los esfuerzos del espejo de un bote de fibra impulsado por motor fuera de borda

Ingeniero Naval Patrick Townsend Valencia
IPIN Capítulo ECUADOR

1. RESUMEN

Se realiza un estudio teórico para definir la mejor forma de modelar en elementos finitos el sándwich del espejo de un bote de fibra menor a 15 metros de eslora, empleando un modelo matemático lineal isotrópico que se ajuste a las condiciones anisotrópicas del material. Esto se hace definiendo las propiedades del material compuesto del espejo de la nave, las fuerzas actuantes durante el planeo de la nave sobre la geometría de toda la embarcación y calculando su módulo final mediante ensayos de tracción uniaxial. Se presenta la formulación del Método de Elementos Finitos sobre la cual trabaja el modelo matemático para definir las limitaciones de los resultados obtenidos. El ajuste isotrópico del material se calcula empleando las leyes de Tsai – Halping, desarrollando su formulación matemática para conocer las restricciones del módulo de elasticidad que se ingresa como dato al programa de Elementos Finitos.

Palabras claves: resina, elemento finito, espejo isotrópico, módulo.

This develops the theoretical study to define the finite element model that represents the pope of a boat under 15 feet long, built of composite material, using an isotropic linear mathematical model that fits the material anisotropic conditions. This is done by defining the properties of the glass fiber resin mirror of the ship, which is representative of the influence of the forces acting during the hydrodynamic planing on the geometry of the entire vessel. The formulation is presented to the Finite Element Method which works on the mathematical model to define the limitations of the results obtained. Isotropic material adjustment is calculated using Tsai Halping -

laws, developing their mathematical formulation for restrictions of modulus of elasticity, which is entered as input to finite element program.
Keywords: resin, finite element, mirror isotropic module.

Isto desenvolve o estudo teórico para definir o modelo de elemento finito que representa o espelho de um barco com menos de 15 metros de comprimento, construído de material compósito, utilizando um modelo linear isotrópico matemático que se ajuste às condições anisotrópicas materiais. Isto é feito através da definição das propriedades da resina de fibra de vidro de espelho do navio, a qual é representativa da influência das forças que atuam durante o deslizamento sobre a geometria do navio inteiro. A formulação apresenta-se com o Método de Elementos Finitos que funciona segundo o modelo matemático para definir os limites dos resultados obtidos. Ajuste material isotrópico é calculado usando as leis de Tsai - halping, desenvolvendo sua formulação matemática para restrições de módulo de elasticidade, que é inscrito como entrada para o programa de elementos finitos.
Palavras-chave: resina, elemento finito, módulo espelho isotrópico.

2. INTRODUCCIÓN.

Los materiales compuestos aplicados a estructuras de buques han experimentado un notable desarrollo tecnológico en años recientes. Es común su aplicación en embarcaciones deportivas, recreativas y de uso militar.

La favorable relación peso/resistencia-estructural hace de los materiales compuestos una alternativa cada vez más atractiva cuando se requiere un casco de bajo peso y capaz de soportar cargas rigurosas del medio marino.

En numeraciones reparaciones a naves deportivas menores a 15 metros de eslora, he notado que se presentan fisuras en la zona del acople del motor fuera de borda. Esta zona se conoce como el espejo, es la que soporta el empuje o los HP de fuerza del motor para hacer planear la nave a la velocidad de diseño, y corresponde a la parte transversal o mamparo de popa o final de la nave en la cual se instalan los motores fuera de borde de las embarcaciones pequeñas planeadoras..

Los motores son colocados con placas dobles de acero de lado y lado sobre el espejo, para que su presión se distribuya esfuerzos uniformes sobre el material compuesto.



Figura No. 1 Vista del espejo de la embarcación[1]

Existen configuraciones de armado del espejo combinando la tela de fibra con resina y plywood marino, con los que se arma el panel compuesto o sándwich, y se da la rigidez necesaria para el trabajo esperado.

La suma de todas las cargas hidrodinámicas, la acción del viento sobre la proa, el empuje efectivo de la nave por acción del motor fuera de borda y otras fuerzas sobre la placa, son las que permiten que la nave planee a altas velocidades.

En cuanto al material, la resina más empleada para la construcción de los yates de este tipo es la de poliéster insaturada. Cuando a la resina se le agrega un catalizador, esta combinación crea una serie de radicales libres que provocan que los elementos químicos de la resina se enlacen, formando una red cada vez mas tupida que, en una primera fase, hace que se gelifique, y, finalmente, se endurezca llegando al estado vítreo. Con esto, el material compuesto viene a ser un polímero entrecruzado, termoestable, sin rotación o movimiento de las cadenas que cuando solidifica, adquiere una rigidez muy firme lo cual le da características estructurales.

[1] La imagen fue fotografiada por Patrick Townsend el 7 de abril de 2012.

Una de las propiedades mecánicas más interesantes de la resina de poliéster insaturada, es la de trabajar bajo tensión o compresión solo en la zona plástica o lineal, pasando directamente a la rotura o falla, sin pasar por la zona plástica.

Este material es anisotrópico, y el modelo presentado ajustará de forma matemática sus propiedades a isotrópicas para tener valores del módulo de elasticidad equivalentes a los compuestos.

El Método de Elementos Finitos, es una herramienta potente para el análisis de estructuras, y en el presente trabajo se desarrollará el modelo que más se ajuste para estudiar la aparición de fisuras en los espejos por acción del motor.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

Para calcular las cargas que actúan sobre el bote en el momento de planeo cuando desarrolla su máxima potencia, es necesario definir las fuerzas actuantes, que corresponden a la Presión del aire sobre la embarcación, la cual es debida a la velocidad, la Resistencia del buque al avance, la cual es una causa de la velocidad del buque V y la presión hidrodinámica. Durante el planeo, y el Empuje, que es la fuerza ejercida por la hélice, transmitida al casco del buque a través del sistema de propulsión De tal forma que la fuerza actuante sobre el espejo de la nave es la suma de todas las fuerzas, debido a la condición de acción reacción de las mismas,

En cuanto al material, la resina más empleada para la construcción de los yates de este tipo es la de poliéster insaturada. Cuando a la resina se le agrega un catalizador, esta combinación crea una serie de radicales libres que provocan que los elementos químicos de la resina se enlacen, formando una red cada vez mas tupida que, en una primera fase, hace que se gelifique, y, finalmente, se endurezca llegando al estado vítreo. Con esto, el material compuesto viene a ser un polímero entrecruzado, termoestable, sin rotación o movimiento de las cadenas que cuando solidifica, adquiere una rigidez muy firme lo cual le da características estructurales.

Cuando se emplean núcleos que no son de fibra, tales como material contrachapado, plywood marino, madera, cartón y otros susceptibles de dar un aporte estructural pasa a denominarse este laminado como sándwich.

Su anisotropía, depende del conformado al momento de la confección. Esto quiere decir, que en un panel sándwich empleado para yates, sus propiedades pueden depender de la orientación de las fibras y de los núcleos empleados con orientaciones solo a 0° y 90° dependiendo del orden del montaje asignando propiedades ortotrópicas al material.

Para conocer cómo trabaja el espejo de la nave frente a las cargas actuantes, se empleará el Método de Elementos Finitos, MEF, para estimar el nivel de concentración de esfuerzos sobre el espejo bajo las cargas actuantes. El uso del software SAP2000 por lo general tiene limitaciones matemáticas y estructurales, que deben ser considerados para tener una buena aproximación de los resultados ya que los efectos de membrana y de placa no interactúan en segundo orden

Este programa en sus cálculos considera para una superficie $\underline{S}$ discretizada, de que la energía de deformación generada por unidad de volumen $\underline{U}^*$, se rige por la expresión en términos de la deformación unitaria $\underline{\varepsilon}$ y el esfuerzo $\underline{\sigma}$.

$$U^* = \frac{\sigma\varepsilon}{2} + \sigma_0\varepsilon \quad ; \quad (ecuación\ 2.4)$$

Como el programa va a considerar que el material del sándwich es isotrópico, es decir, macizo en todo su espesor, la relación de la matriz de elementos del esfuerzo $\{\sigma\}$ y de la deformación unitaria $\{\varepsilon\}$ se regiría por la ecuación 2.5.

$$\begin{Bmatrix} \varepsilon_x \\ \varepsilon_y \\ \varepsilon_z \\ \varepsilon_{xy} \\ \varepsilon_{xz} \\ \varepsilon_{yz} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} C_{11} & C_{12} & C_{13} & 0 & 0 & 0 \\ C_{21} & C_{22} & C_{23} & 0 & 0 & 0 \\ C_{31} & C_{32} & C_{33} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & C_{44} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & C_{55} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & C_{66} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \sigma_x \\ \sigma_y \\ \sigma_z \\ \tau_{xy} \\ \tau_{xz} \\ \tau_{yz} \end{Bmatrix} \quad ; \quad (ecuación\ 2.5)$$

Por definición, los módulos elásticos van a ser los siguientes en términos de los coeficientes C_{ik} indicados en las expresiones 2.6 y que corresponden a las direcciones principales del módulo de elasticidad

$$C_{11} = \frac{1}{E_x}\,,\quad C_{12} = -\frac{\nu_{xy}}{E_x}\,,\quad C_{22} = \frac{1}{E_y} \quad ; \quad (ecuación\ 2.6)$$

Reemplazando la ecuación 2.5 en la 2.4, la energía de deformación en el dominio del volumen $\underline{V}$ de los elementos finitos se obtiene la ecuación 2.7.

$$\int_V \left(\{du\}^T\{\bar{p}\} + \frac{1}{2}\{du\}^T\{d\bar{p}\}\right) dV + \int_S \left(\{du\}^T\{\bar{q}\} + \frac{1}{2}\{du\}^T\{d\bar{q}\}\right) dS =$$

$$= \int_V \left(\{d\varepsilon\}^T(\{\sigma\} + \{\sigma_0\}) + \frac{1}{2}\{d\varepsilon\}^T\{d\sigma\}\right) dV \quad ; \quad (ecuación\ 2.9)$$

Al resolver, por ser el análisis de primer orden, se desprecian los productos de doble diferencial como $du\,d\bar{p},\ du\,d\bar{q},\ d\varepsilon\,d\sigma,$ De tal forma que la ecuación 2.9 queda como sigue.

$$\int_V \{du\}^T\{\bar{p}\}dV + \int_S \{du\}^T\{\bar{q}\}\,dS = \int_V \{d\varepsilon\}^T(\{\sigma\} + \{\sigma_0\})\,dV \quad ; \quad (ecuación\ 2.10)$$

Esta ecuación es el principio de las deformaciones virtuales y supone que las fuerzas permanecen constantes durante la deformación. Aplica la solución del método de Rayleigh-Ritz a este modelo de deformación, usando la condición del mínimo de energía potencial total [2].

Basado en esto, se considera para las $\underline{n}$ capas del laminado, la expresión general 2.11 que relaciona los esfuerzos de membrana (tensiones), de flexión (debido a los momentos) y cortante $\hat{\sigma}_{mem}, \hat{\sigma}_{mto}, \hat{\tau}$ respectivamente, se obtienen por integración $\underline{z}$ sobre el espesor $\underline{t}$ a una distancia $\underline{k}$ de la superficie media de cada capa.

[2] Teoría básica del Método de Elementos Finitos, presentada en C. Zienkiewics en el libro "The finite element method", McGraw Hill company, Third Edition, Berkhsire, England, 2007. Y por H. Lima en "Método de Elementos Finitos Em Análise de estruturas", Universidad de Sao Paulo, USP, Sao Paulo, Brasil. 2002.

$$\begin{Bmatrix} \hat{\sigma}_{mem} \\ \hat{\sigma}_{mto} \\ \hat{\tau} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} E_{mem} & E_{mem-mto} & 0 \\ E_{nem-mto} & E_{mto} & 0 \\ 0 & 0 & G \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \hat{\varepsilon}_{mem} \\ \hat{\varepsilon}_{mto} \\ \hat{\gamma} \end{Bmatrix} \; ; \quad ecuación\ 2.11$$

Resolviendo se obtienen las relaciones para los diferentes esfuerzos, las cuales se expresan en las ecuaciones 2.12, 2.13 y 2.14.[3]:

$$\hat{\sigma}_{mem} = \sum_{k=1}^{n} \int_{t_{k-1}}^{t_{k+1}} [\sigma_x \quad \sigma_y \quad \tau_{xy}]_k^T dz \; ; \quad (ecuación\ 2.12)$$

$$\hat{\sigma}_{mem} = \sum_{k=1}^{n} \int_{t_{k-1}}^{t_{k+1}} z[\sigma_x \quad \sigma_y \quad \tau_{xy}]_k^T dz \; ; \quad (ecuación\ 2.13)$$

$$\hat{\tau} = \sum_{k=1}^{n} \int_{t_{k-1}}^{t_{k+1}} [\tau_{xz} \quad \tau_{yz}]_k^T dz \; ; \quad (ecuación\ 2.14)$$

Relacionando las expresiones anteriores con la ecuación de Halpin-Tsai[45] que agrupa los módulos en términos de ξ para que dependa de las características de forma, regularidad de empaquetamiento, condiciones de carga y aspecto de las fibras tal como se observa en la ecuación 2.15 el comportamiento del módulo de elasticidad de un material compuesto. El valor de η depende de la constate de Poisson y predice el módulo de acuerdo con la orientación de las fibras *f* y del volumen de resina *r* definido por ϕ_f .

$$E_{compuesto} = \frac{E_r(1 + \xi\eta\phi_f)}{1 - \eta\phi_f} \; ; \quad (ecuación\ 2.15)$$

Donde:

$$\eta = \frac{\left(\frac{E_f}{E_r} - 1\right)}{\left(\frac{E_f}{E_r} + \xi\right)} \; ; \quad (ecuación\ 2.16)$$

Tal que si:

$$\frac{E_f}{E_r} = 1 \; , \; implica\ que\ \eta = 0\ es\ un\ medio\ homogéneo.$$

[3] Teoría presentada por E. Car, S. Oller, E. Oñate en la página 47 de "Tratamiento numérico de los materiales compuestos",

$$\frac{E_f}{E_r} \to \infty \quad , \quad implica\ que\ \eta = 1\ tiene\ inclusiones\ rígidas.$$

$$\frac{E_f}{E_r} \to 0 \quad , \quad implica\ que\ \eta = -{}^{1}/_{\xi}\ que\ tiene\ huecos.$$

La rigidez, se calcula en ambas direcciones con la expresión generalizada correspondiente a la relación entre el módulo de elasticidad y el coeficiente de Poisson, de la cual se deduce la ecuación 2.17 que se ajusta a la desarrollada con Tsai- Halpin para la rigidez.

$$G_{compuesto} = \frac{G_r\left(\frac{G_f}{G_r} + \xi + \phi_f\left(\frac{G_f}{G_r} - 1\right)\right)}{\frac{G_f}{G_r} + \xi - \phi_f\left(\frac{G_f}{G_r} - 1\right)} \quad ; \quad (ecuación\ 2.17)$$

Este desarrollo permite ajustar la anisotropía del material del sándwich a un material de placa isotrópica.

Como la fuerza de membrana según las ecuaciones a utilizar en el Método de Elementos Finitos con lineales, es decir la fuerza de membrana E_{mem} de los elementos no producen flexión E_{mto} y viceversa, de tal forma que el valor de $E_{nem-mto} = 0$, quedando la ecuación 2.18.

$$\begin{Bmatrix} \hat{\sigma}_{mem} \\ \hat{\sigma}_{mto} \\ \hat{\tau} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} E_{mem} & 0 & 0 \\ 0 & E_{mto} & 0 \\ 0 & 0 & G \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \hat{\varepsilon}_{mem} \\ \hat{\varepsilon}_{mto} \\ \hat{\gamma} \end{Bmatrix} \quad ; \quad (ecuación\ 2.18)$$

Donde:

$$E_{mem} = \sum_{k=1}^{n} \int_{h_{k-1}}^{h_{k+1}} E_k^T dz \quad ; \quad (ecuación\ 2.19)$$

Para el tipo de análisis se puede concluir que $E_{mem} = E_{mto} = E_T$, donde E_T es el módulo de elasticidad total del sándwich. Una solución aproximada con series de la ecuación 2.20 es la presentada en la ecuación 2.20.[4]

$$E_T = \sum_{i=1}^{n} E_i t_i \Big/ \sum_{i=1}^{n} t_i \quad ; \quad (ecuación\ 2.20)$$

Esto permite calcular el módulo de elasticidad lineal mediante la suma de todos los módulos del sándwich, y aplicarlo al modelo de elementos finitos consistente, ya que se ajustaron las propiedades anisotrópicas del material a propiedades isotrópicas.

El valor del módulo de elasticidad se obtiene de tal forma con el ensayo de laboratorio de tracción uniaxial, regido por la norma ASTM para estandarizar las dimensiones de las probetas y condiciones de la prueba tales como temperatura ambiente y la velocidad de deformación que aplica el equipo. Las probetas se llevaron hasta la rotura tal como se observa en la figura No. 2. El módulo no va a tener un valor constante, ya que las cadenas de la macromolécula se reordenan por efecto de la fuerza por ser polímeros entrecruzados.

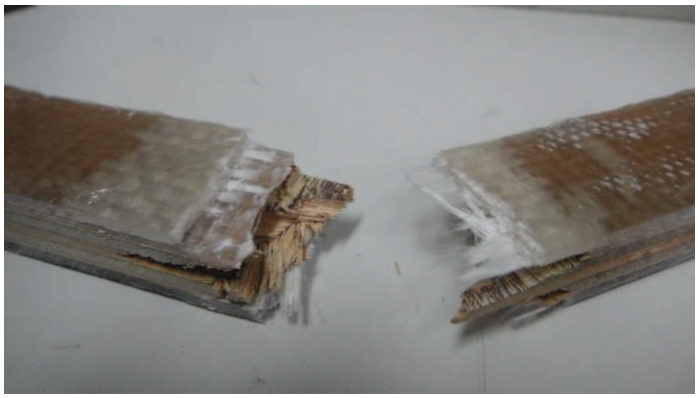


Figura No. 2 Material del sándwich luego de la tracción

[4] J Tegedor, en su libro "construcción de buques de pesca en poliéster reforzado con fibra de vidrio" de la Librería Naútica, Madrid, 2001 presenta esta solución como una buena aproximación matemática empleando "la superposición de varias capas". Página 66.

4. RESULTADOS.

El módulo de elasticidad aumenta con la tracción, debido a que las cadenas de la macromolécula aumentan su resistencia a la misma. Esta mayor rigidez es propiciada por la presencia creciente de fibras en la capa de plástico, que restringe la reorganización de las macromoléculas.

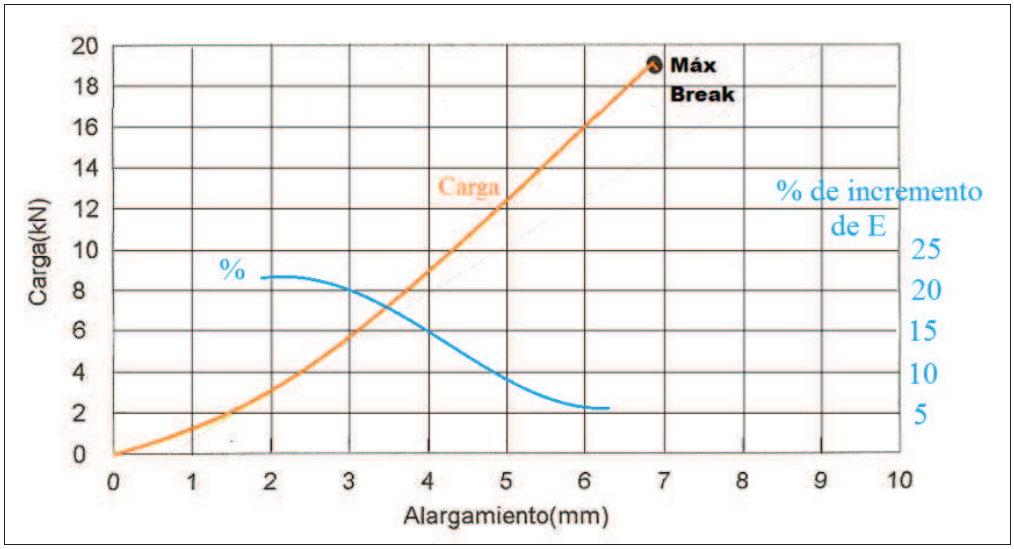


Figura No. 3 Variación de E con la tensión

En la figura No. 3, se representa el modelo de elementos finitos ya discretizado del espejo de la popa de un bote de velocidad de 15 metros de eslora hecho de los materiales anteriormente descritos. Se han aplicado las condiciones de simetría y las restricciones necesarias para un modelo en elementos finitos, más los valores de las cargas del motor calculadas anteriormente sobre el espejo. También se observa el perfil de deformación del modelo.

Los extremos de la placa producen los picos en el esfuerzo, siendo el mayor el esfuerzo de flexión mínimo en la punta inferior de la placa. Si la instalación de la placa, excede el límite de esfuerzo del sándwich, la rotura deberá iniciarse en este punto inferior.

En la figura No. 4 se analiza el esfuerzo de flexión máximo en el modelo, teniendo su nivel

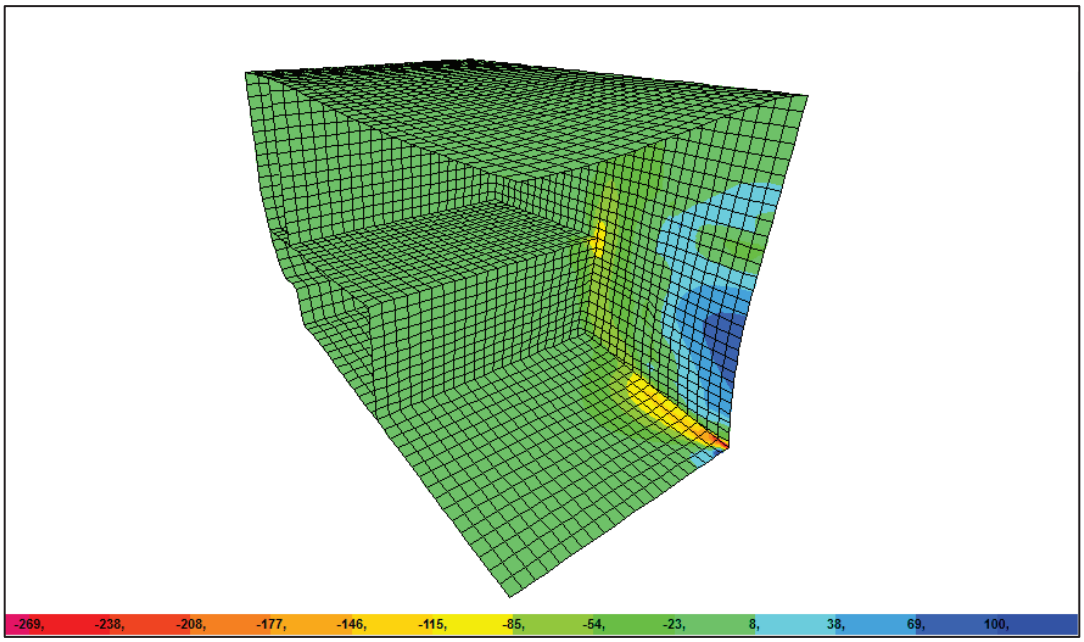


Figura No. 4 Resultados de esfuerzos en kg/cm^2 del modelo

Esto se puede explicar por la configuración del modelo, ya que la superficie transversal del fondo con su curvatura, unión con la quilla y refuerzo del costado, tiende a ser más rígida y flexionarse menos. Por ello se observa en la figura, que las otras superficies soportan menos esfuerzos en los elementos Shell por acción de la carga del espejo sobre ellas. Este es el caso de la cubierta, que tiene una flexibilidad tal por su espesor y configuración, que no aporta a la rigidez del modelo en forma significativa, como lo hace la unión espejo fondo.

Cabe destacar que existe un pico de esfuerzo hacia el centro del modelo en la unión simétrica de la quilla.

3. CONCLUSIONES

a) Los resultados son confiables, porque el análisis previo al ingreso de datos al programa, relacionó todas las consideraciones de aproximaciones matemáticas de anisotrópico a material isotrópico, permitiendo que la solución sea consistente.

b) Definitivamente por los resultados numéricos, la falla que se produce en botes construidos, debe estar relacionado con el fenómeno de la fatiga del material. Como el sándwich por acción de la resina se reconstituye completamente en su longitud según se observó en los ensayos, esto si da lugar a fisuras únicamente ya que el material el material vuelve a su posición inicial sin continuar resquebrajándose.

c) El efecto indicado en g), es entonces una gran ventaja del uso de la fibra sobre otros materiales en la construcción naval para este tipo de naves.

d) Como el nivel de esfuerzos se mantiene en el rango lineal experimental o zona elástica, el análisis con el modelo SAP da un buena representación de la realidad de lo que ocurre en la embarcación, ya que luego de aplicada la carga se recupera la estructura a su posición original.

5. Referencias Bibliográficas.

1. A Miravete, “Materiales Compuestos I”. Editorial Reverté, Barcelona España, 2007
2. A. Horta, “Macromoléculas”. Librería UNED, Tercera Edición. 2002.
3. Alejandro Besednjak, “Materiales Compuestos: procesos de fabricación de embarcaciones”. Books. Google.com. 1995.
4. ASTM, “Standard Test Method for Tensile properties of polymer Matrix Composite Materials”. American Society for Testing and Material. Estados Unidos, 2002.
5. B. Mac Donald, “Practical Stress Analysis with Finite Elements”. Página 215. Dublín, Ireland. 2007.
6. C Mariscal, “Formulación y Evaluación de Proyectos”. Escuela Superior Politécnica del Litoral, ESPOL, 109 páginas. Guayaquil, Ecuador. 2001.
7. C. Kassapoglou , “Desing and Analysis of Composite Structures”. First Edition, The Atrium & Southern Gate. London, UK. 2010.
8. D. Chung, “University Notes: Science and Applications: Composite Material”. Second Edition, British Library Cataloguing in Publicaction Data. State University of New York, Buffalo, USA. 2010.

9. D. Feldman, A. Barbalat,a “Synthetic polymers: technology, properties, applications”. Londres, United Kingdom.1996.
10. E. Car, S. Oller, E. Oñate, “Tratamiento numérico de los materiales compuestos”. Centro Internacional de Métodos Numérico de Ingeniería. Madrid, España. 2000.
11. F. Billmayer , “Ciencia de los Polímeros”. New York, USA 1975.
12. F. Singer, A. Pytel, “Resistencia de Materiales”. Impreso en México Tercera edición, 560 páginas. D.F. México. 1982.
13. G. Gili , “Arquitectura Naval: Teoría del buque y sus aplicaciones”. 574 páginas. España 1956.

Listado de figuras.

Figura No. 1 Vista del espejo de la embarcación
Figura No. 2 Material del sándwich luego de la tracción
Figura No. 3 Variación de E con la tensión
Figura No. 4 Resultados de esfuerzos en kg/cm2 del modelo

Estimativa de ruído através de fórmulas empíricas: aplicação em navios e plataformas offshore

Víctor M. Palma[1], Luiz Antônio Vaz Pinto[1], Antonio Carlos Ramos Troyman[1], Juan M. Bueno[1]

[1] Universidade Federal de Rio de Janeiro, Instituto Alberto Luiz Coimbra de pós-graduação e Pesquisa UFRJ/COPPE

RESUMO:

O objetivo do trabalho é avaliar o ruído produzido pelas diversas maquinárias e sua propagação em estruturas complexas, neste caso, navios e plataformas *offshore*. A metodologia está baseada em procedimentos semiempíricos de cálculo de ruído.

O cálculo é realizado por um programa desenvolvido no Laboratório de Ensaios Dinâmicos e Análise de Vibração (LEDAV) da COPPE/UFRJ para determinar o ruído em navios e plataformas, denominado AR³ e codificado em plataforma Visual Basic 6.0.

A vantagem da metodologia proposta é a redução de tempo na geração do modelo e a capacidade de memória do computador em comparação com outros métodos de previsão de ruído, tais como o Método dos Elementos Finitos (MEF), o Método dos Elementos de Contorno (MEC) e a Análise Estatística de Energia (Statistical Energy Analysis - SEA). Esta metodologia apresenta vantagens, uma vez que torna possível estimar o nível de ruído antes do navio ou plataforma entrar em operação, permitindo a realização de correções necessárias na etapa de projeto, proporcionando economia para o estaleiro e conforto para as tripulações a bordo [1], assim como uma menor emissão de poluição sonora no meio ambiente.

No trabalho são analisados dois modelos, um navio tipo AHTS (*Anchor Hangling Tug Supply*) e uma plataforma FPSO (*Floating Production Storage and Offloading*

vessel), sendo cada um destes analisados em diferentes condições de operação. No caso do AHTS, este é analisado em trânsito e em manobra. No caso da unidade FPSO, esta é considerada com a maior parte dos equipamentos em operação, exceto equipamentos de emergência e de reserva. Os resultados de ruído global obtidos são comparados com medições a bordo e com o método SEA.

1. INTRODUÇÃO

O método utilizado na determinação do ruído em navios foi o recomendado em [2] e [3]. Trata-se de um método hibrido baseado em formulações empíricas obtidas de navios já existentes, somado com uma formulação que simplifica o método SEA diminuindo a quantidade de elementos estruturais presentes no navio.

O meio mais usado no controle do ruído é a aplicação de materiais especiais nas descontinuidades estruturais a fim de se obter a perda de transmissão mais apropriada no nível de ruído de um compartimento. A referência [5] fornece dados estatísticos para descrever algumas características necessárias para a determinação do fator de perda nos materiais que serão adicionadas na programação.

A informação das fontes de ruído pode ser obtida com os fabricantes, e, quando isso não é possível, podem ser obtidos por extrapolação dos níveis de ruído de equipamentos semelhantes em bancos de dados existentes. As propriedades acústicas dos materiais que compõem os arranjos estruturais dos compartimentos podem ser obtidas de ensaios em laboratório ou de medições em campo além das descritas pelas referências [2],[3] e [5]. Pode-se observar na seguinte figura como é organizada a lógica de cálculo através da metodologia semiempírica.

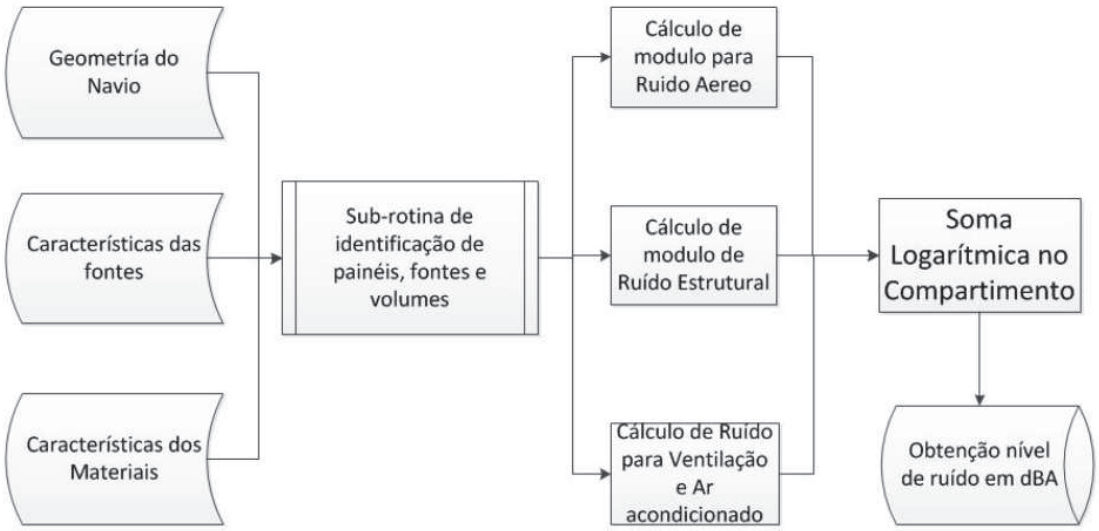


Figura 1. Método de analise de ruído no navio ou plataforma.

1.1 Descrição do Ruído Aéreo

A parcela de ruído aéreo do modelo computacional utilizado no programa AR³ tem como objetivo estimar o nível de ruído de um compartimento devido à influência de fontes de ruído externas e internas. A metodologia para se estimar a contribuição de ruído de uma fonte externa para um compartimento receptor é baseada na distância, frequências de banda de oitava e nos obstáculos encontrados. As fórmulas a seguir mostram a atenuação do ruído aéreo devido ao fator distância e aos obstáculos:

$$L_p = L_w - logV - 3logf - 10logr + 25 \qquad (2.1)$$

Onde *Lp* é a pressão sonora do volume do receptor, L_W é a potência sonora da fonte em dB ref 10^{-12} Watt , V é o volume do compartimento, *f* é a frequência central da faixa de oitava, e, finalmente, *r* é a distancia entre a fonte e o centro do volume receptor. A equação é aplicável a uma fonte sonora pontual. Quando se trata de mais de uma fonte, leva-se em conta a adição logarítmica de cada parcela.

Para o cálculo do ruído aéreo no programa AR^3, o valor de L_W é fornecido pelo fabricante, mas, para o caso dos valores de potência sonora não estarem disponíveis, este valor é determinado pelas fórmulas da referência [3], onde são

fornecidas as potências sonoras para diferentes tipos de máquinas presentes no navio ou plataforma. Para um cálculo mais amigável, foi criado um complemento no programa AR^3 que ajuda na obtenção mais rápida dos valores.

1.2 Ruído HVAC

Podem se identificar duas componentes importantes no ruído HVAC, as fontes emissoras, e os meios de propagação.

1.2.1 Fontes Emissoras

As fontes emissoras de ruído nos sistemas de HVAC são predominantemente representadas por ventiladores e/ou compressores das unidades de refrigeração. Dentre esses ventiladores e compressores, existem modelos de diferentes princípios de funcionamento, e assim, para se estimar o nível de emissão de ruído, recomenda-se utilizar as informações do fabricante sobre esse nível de acordo com o ponto de operação do equipamento.

1.2.2 Meios de propagação

Os meios de propagação de ruído na parcela HVAC são os dutos de ventilação que chegam aos volumes receptores. Diversas tabelas de cálculo de ruído de HVAC são apresentadas nos livros [2] e [3]. Estas tabelas descontam o ruído gerado nas fontes de acordo com a quantidade de curvas e o comprimento do caminho percorrido pelo ar.

1.3 Ruído Estrutural

Consiste em um método hibrido de previsão de ruído que por um lado utiliza formulas semiempíricas para a obtenção de nível de ruído estrutural na fundação de máquinas a partir de características como a potencia de trabalho, revoluções por minuto, comprimento e largura da fundação e posição dentro do arranjo geral do modelo, para a determinação da perda de transmissão de ruído estrutural desde a

fonte até o receptor utiliza uma simplificação do método estatístico da energia tomando em conta uma menor quantidade de elementos ou sub-sistemas.

Esta metodologia prioriza a dissipação da energia pelas descontinuidades estruturais encontradas entre a fonte e o receptor, mormente quando as fontes estão bem afastadas. Os três seguintes fatores devem ser considerados na análise do ruído estrutural:

- Interação entre os equipamentos e a estrutura;
- Transmissão da energia vibracional através da estrutura metálica;
- A interação entre as estruturas vibrantes (chapas, painéis reforçados, costado, entre outros) e o meio ambiente (radiação de ruído nos compartimentos e no meio marinho).

Dentre esses três aspectos, o terceiro é o que apresenta os maiores problemas, pois a estrutura é a ligação entre a fonte de ruído e o meio receptor. O fluxo de energia que caminha pela estrutura é o objetivo do estudo. A energia vibracional transmitida pelos elementos estruturais é dissipada pelo amortecimento, transformada em calor e irradiada como energia sonora, causando, na maioria das vezes, altos níveis de vibração e ruído. A energia vibracional é transmitida pela estrutura através de ondas do torcionais, longitudinais e flexionais.

O ruído irradiado é majoritariamente causado por ondas flexionais, mas isso não quer dizer que a estrutura está com predominância de ondas desse tipo.

Consiste, resumidamente, em transformar a energia de entrada, da fonte de ruído ou vibração, em ondas vibracionais que serão amortecidas pela estrutura, através das descontinuidades estruturais, e, posteriormente transformadas novamente em ruído aéreo, por meio da vibração de elementos estruturais do compartimento receptor. Pode se observar um esquema na figura 3.

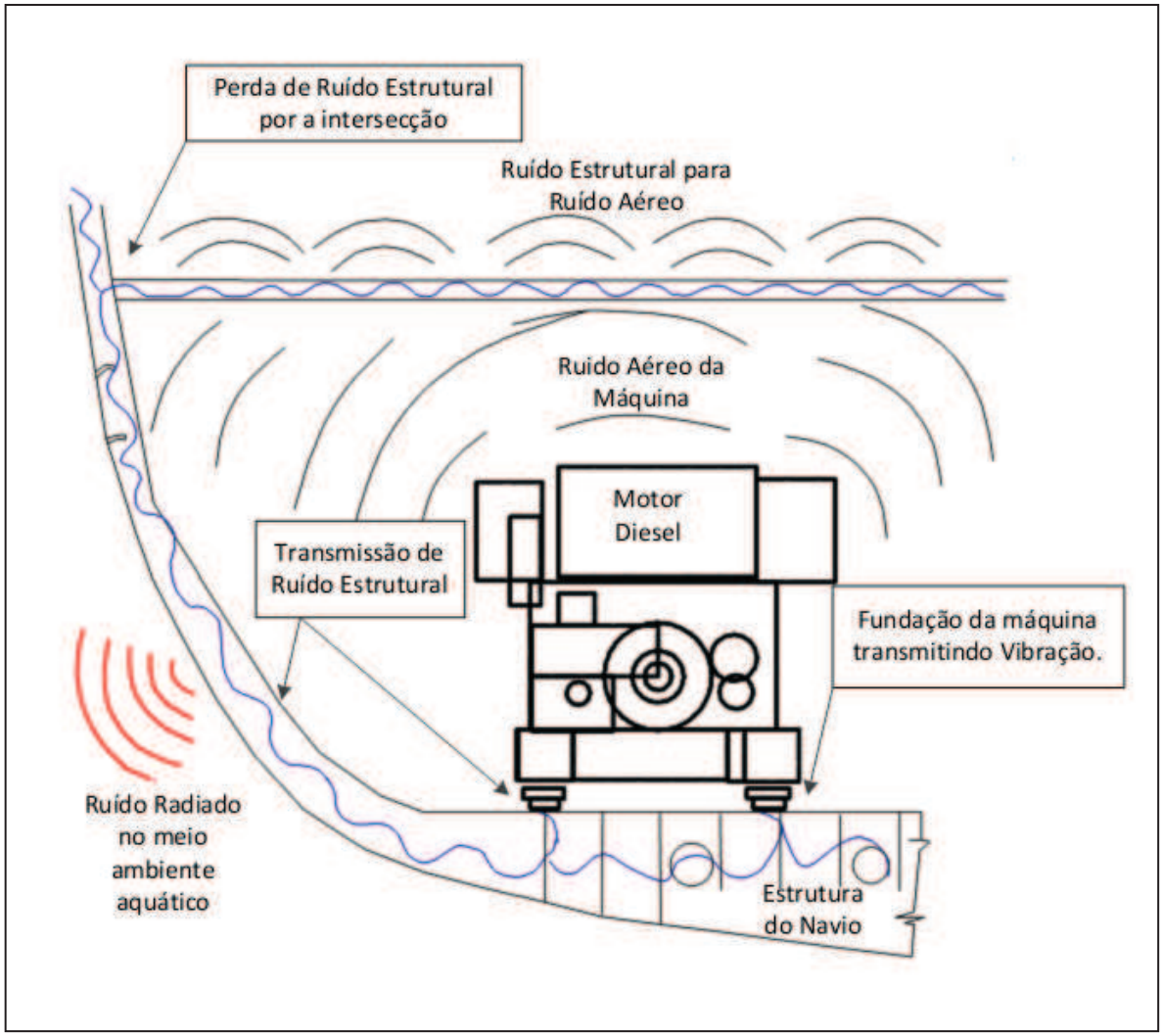


Figura 2. Esquema de propagação de ruído em um navio

Os fatores de perda de energia na transmissão estrutural podem ser descritos pelos seguintes exemplos reais:

- Acoplamentos (equipamentos-fundações as que vão gerar amortecimento e por consequência perda de energia vibracional).
- Fundações (estruturais ou tubulares) que também vão absorver energia vibracional da fonte.
- Área efetiva ocupada na instalação da fundação o que vai fazer variar a perda de ruído estrutural dependendo do tamanho da fundação da máquina que suporta a mesma.
- Interseções estruturais a través da estrutura o que vai dissipar a energia vibracional.

1.4 Ruído Global

O nível de ruído resultante das saídas de ruídos estrutural, aéreo e de HVAC vai se adicionar de forma logarítmica em cada banda de oitava e nas mesmas unidades da potência sonora (dB ref 10^{-12} Watt), e logo, para determinar-se o nível de pressão sonora no compartimento, o ambiente acústico deve ser levado em consideração, como mostra a equação a seguir:

$$Lp = Lw - 10logR + 16dB\ re\ 2x10^{-5}\ N/m^2 \quad \textbf{(¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento.}..2\textbf{)}$$

Onde: Lp = nível de pressão sonora em dB referido a $2x10^{-5}$ N/m^2
Lw = nível de potencia sonora total em dB referido a 10^{-12}Watt
R = constante do compartimento (pés$^{2)}$

A constante "*R"* é que diferencia o ambiente acústico de um compartimento, representando o somatório de todas as superfícies que limitam o compartimento multiplicado pelo coeficiente de absorção de Sabine (α). Esta constante é conhecida como *constante do quarto* ou *Room Constant*, por suas iniciais em inglês, e é dada por:

$$R = S_i\ a_i \quad \textbf{(¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento.}..3\textbf{)}$$

Onde: S = área de cada superfície i
α = Coeficiente de Sabine de cada superfície i em banda de oitava.

Diversos coeficientes de absorção sonora podem ser encontrados na literatura (ref. [2], ref. [3]). Estes valores são associados a cada um dos materiais inseridos no programa AR³, onde, finalmente, pode-se determinar o nível de pressão sonora no volume de interesse.

2. ANÁLISE DOS MODELOS

Para testar a validade da metodologia de predição de ruído, duas unidades foram modeladas e analisadas pelo programa AR^3 e os resultados calculados foram comparados, na medida do possível, com medições de ruído real e/ou outros métodos de predição realizados nessas unidades.

As figuras a seguir mostram algumas características dos modelos analisados e é claramente visível a dificuldade de se efetuar um estudo do ruído para os mesmos. É possível observar-se a complexidade estrutural que torna necessário levar-se em conta o número de volumes, material isolante de cada um, o número de maquinas em funcionamento, entre outras tantas variáveis.

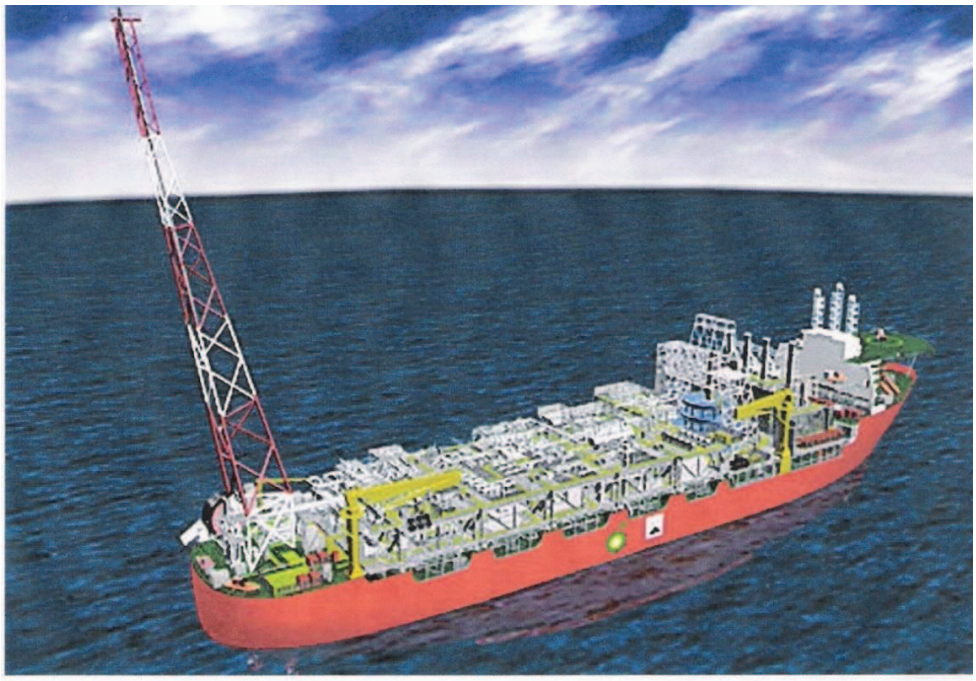


Figura 3 Plataforma FPSO



Figura 4 Navío AHTS (Anchor Handling Tug Supply)

2.1 Modelo Computacional

A primeira providência na utilização do programa AR^3 para cálculo de predição de ruído é a preparação do modelo com a compartimentação do navio ou plataforma. Isto é levado a cabo através da definição dos nós de geração dos painéis e da definição de cada volume através da seleção dos painéis de formação de cada volume. Cada volume é composto de 6 painéis, quatro paredes, um piso e um teto.

Na guia apresentada na figura 6 está apresentada a entrada de dados para os painéis que incorporam os diferentes materiais de construção e que encerram as características de isolamento termoacústico de cada um dos compartimentos do navio, inclusos os chapeamentos e seus revestimentos.

Pode-se observar na figura 6 que cada painel pode ser composto de até três materiais diferentes, um correspondente ao material da estrutura de construção (geralmente intermediário) e os outros dois correspondentes aos materiais isolantes (revestimentos). Existe também a possibilidade de inserção automática do tipo de material para agilizar o tempo de modelação. As características acústicas e físicas dos materiais são inseridas em outro formulário do programa, e são normalmente provenientes de testes de laboratório ou de tabelas disponíveis na literatura especializada. Esses fatores, definidos para cada banda de oitava do espectro de ruído, são importantes porque os resultados finais dos ruídos aéreo e estrutural

dependem dos valores de absorção sonora (coeficiente de absorção sonora de Sabine), perda de transmissão e fator de amortecimento presentes nesses materiais.

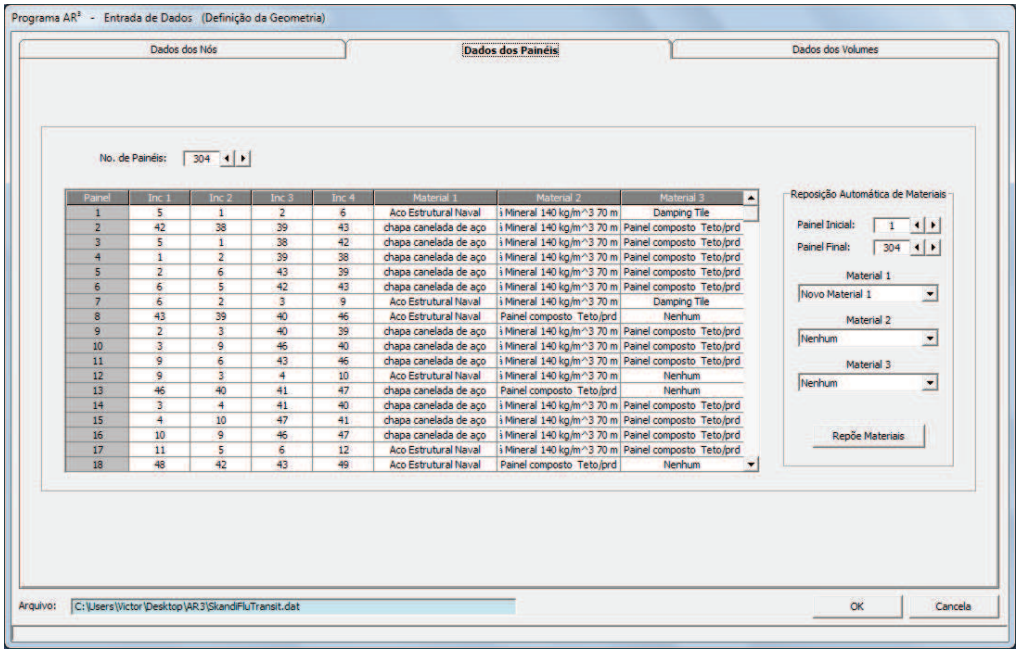


Figura 5 Entrada dos dados dos painéis e suas características no AR^3

Descrição	31.5 Hz	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 KHz	2 KHz	4 KHz	8 KHz	16 KHz
Aco Naval	.01	.01	.02	.03	.03	.03	.02	.02	.02	.02
Brick, unglazed	.03	.03	.03	.03	.03	.04	.05	.07	.05	.05
Brick, unglazed and painted	.01	.01	.01	.01	.02	.02	.02	.03	.03	.03
2x4Wood studs	.09	.09	.09	.32	.68	.83	.39	.76	.55	.55
Mineral Wool	.06	.06	.06	.05	.07	.15	.13	.17	.1	.1
Rock Wool A60	.5	.1	.15	.55	.85	.9	.95	.9	.9	.9
rock Wool A15	.5	.1	.15	.45	.75	.8	.85	.85	.85	.85
Thermal Insulation Rockwool 105	.5	.1	.15	.5	.85	.9	.9	.9	.9	.9
Acoustic Insulation Rockwool 105	.01	.01	.55	.75	.85	.9	.9	.9	.9	.9
Concrete or Terrazo 2 inch	.01	.01	.02	.02	.02	.02	.02	.02	.02	.02
STC-45	.07	.07	.07	.44	.76	.79	.85	.88	.88	.88
STC-52	.07	.07	.07	.44	.76	.79	.85	.88	.88	.88

Figura 6 Entrada de dados dos materiais no AR^3

A partir da geometria do modelo, já é possível obter-se uma imagem 3D do mesmo, pois o programa disponibiliza saídas gráficas tridimensionais com excelentes recursos de visualização através do uso do mouse.

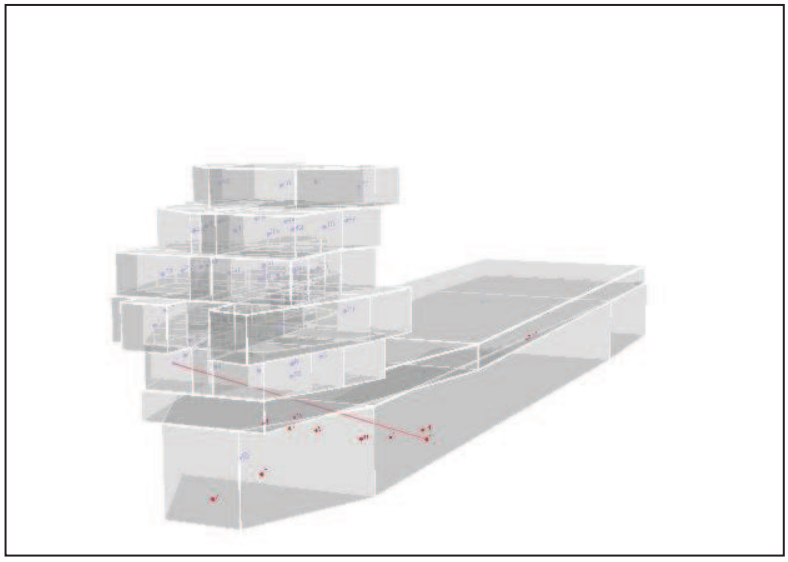


Figura 7 Modelo AHTS representado no programa AR³

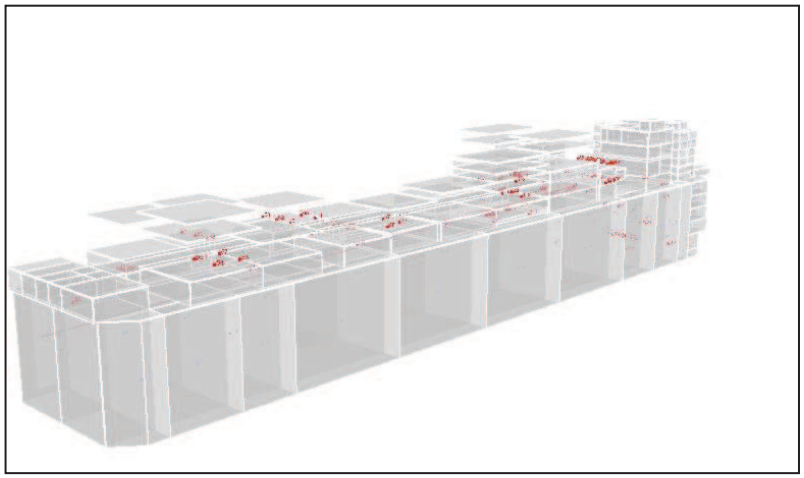


Figura 8 Modelo FPSO representado no programa AR³

A próxima etapa da modelação é a inserção das fontes sonoras, com suas respectivas coordenadas no navio, e dos níveis de potência sonora para ruído aéreo. Para o ruído estrutural é possível introduzir dados tais como o tipo de máquina, o tipo de fixação, o tipo de fundação, a potência, o peso, as rotações de serviço (RPM), além das dimensões do volume que envolve a máquina e o espaçamento de cavernas da embarcação no local. O quadro das figuras 10 e 11 mostram a interface AR^3 para definição das fontes sonoras.

					Níveis de Potência Sonora									
Fonte	Descrição	X	Y	Z	31.5 Hz	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 KHz	2 KHz	4 KHz	8 KHz	16 KHz
1	Thruster Re Bb	4.2	8.1	9.5	111.6	111.6	111	112.5	111.8	106.5	107	104.5	104.5	104.5
2	Thruster Re Eb	4.2	-8.1	9.5	111.6	111.6	111	112.5	111.8	106.5	107	104.5	104.5	104.5
3	Thruster Re Center	44	0	2.5	111.6	111.6	111	112.5	111.8	106.5	107	104.5	104.5	104.5
4	Thruster Vt. Bb	156	8.4	2.5	111.6	111.6	111	112.5	111.8	106.5	107	104.5	104.5	104.5
5	Thruster Vt.Eb	156	-8.4	2.5	111.6	111.6	111	112.5	111.8	106.5	107	104.5	104.5	104.5
6	Thuster Vt. Center	190	0	2.5	111.6	111.6	111	112.5	111.8	106.5	107	104.5	104.5	104.5
7	DG N°1	24.3	12.8	9.5	108	92	93	95	95	98	95	91	85	76
8	DG N°2	24.3	8	9.5	108	92	93	95	95	98	95	91	85	76
9	DG N°3	24.3	2.27	9.5	108	92	93	95	95	98	95	91	85	76
10	DG N°4	24.3	-2.27	9.5	108	92	93	95	95	98	95	91	85	76
11	DG N°5	24.3	-8	9.5	108	92	93	95	95	98	95	91	85	76
12	DG N°6	24.3	-12.8	9.5	108	92	93	95	95	98	95	91	85	76
13	ER Module 1	14.6	13.4	9.5	102	92	93	95	95	98	95	91	85	76
14	ER Module 2	14.6	9.9	9.5	102	92	93	95	95	98	95	91	85	76
15	ER Module 3	14.6	2	9.5	102	92	93	95	95	98	95	91	85	76
16	ER Module 4	14.6	-2	9.5	102	92	93	95	95	98	95	91	85	76
17	ER Module 5	14.6	-9.9	9.5	102	92	93	95	95	98	95	91	85	76
18	ER Module 6	14.6	-13.4	9.5	102	92	93	95	95	98	95	91	85	76

Figura 9 Dados das potencias sonoras em banda de oitava

Fonte	Descrição	Tipo de Máquina	Tipo de Fixação	Tipo de Fund.	Potência	Peso	Rotação	Rot. Min.	Lx	Ly	Lcav
1	Thruster Re Bb	Thruster	Dois Estágios	Placa	5100	20000	160	160	3.8	3.8	.7
2	Thruster Re Eb	Thruster	Dois Estágios	Placa	5100	20000	160	160	3.8	3.8	.7
3	Thruster Re Center	Thruster	Dois Estágios	Placa	5100	20000	160	160	3.8	3.8	.7
4	Thruster Vt. Bb	Thruster	Dois Estágios	Placa	5100	20000	160	160	3.8	3.8	.7
5	Thruster Vt.Eb	Thruster	Dois Estágios	Placa	5100	20000	160	160	3.8	3.8	.7
6	Thuster Vt. Center	Thruster	Dois Estágios	Placa	5100	20000	160	160	3.8	3.8	.7
7	DG N°1	Ger. Diesel na P. M.	Dois Estágios	Placa	8750	152000	720	700	8.06	3.02	.7
8	DG N°2	Ger. Diesel na P. M.	Dois Estágios	Placa	8750	152000	720	700	8.06	3.02	.7
9	DG N°3	Ger. Diesel na P. M.	Dois Estágios	Placa	8750	152000	720	700	8.06	3.02	.7
10	DG N°4	Ger. Diesel na P. M.	Dois Estágios	Placa	8750	152000	720	700	8.06	3.02	.7
11	DG N°5	Ger. Diesel na P. M.	Dois Estágios	Placa	8750	152000	720	700	8.06	3.02	.7
12	DG N°6	Ger. Diesel na P. M.	Dois Estágios	Placa	8750	152000	720	700	8.06	3.02	.7
13	ER Module 1	Motor/Ger. Elétrico	Dois Estágios	Placa	8750	98000	720	720	3.7	2.2	.7
14	ER Module 2	Motor/Ger. Elétrico	Dois Estágios	Placa	8750	98000	720	720	3.7	2.2	.7
15	ER Module 3	Motor/Ger. Elétrico	Dois Estágios	Placa	8750	98000	720	720	3.7	2.2	.7
16	ER Module 4	Motor/Ger. Elétrico	Dois Estágios	Placa	8750	98000	720	720	3.7	2.2	.7
17	ER Module 5	Motor/Ger. Elétrico	Dois Estágios	Placa	8750	98000	720	720	3.7	2.2	.7
18	ER Module 6	Motor/Ger. Elétrico	Dois Estágios	Placa	8750	98000	720	720	3.7	2.2	.7

Figura 10 A figura representa os dados para o cálculo de ruído estrutural

Uma vez inseridas a geometria e as fontes de ruído, é possível executar os cálculos dos ruídos aéreo e estrutural. Os resultados podem ser apresentados e visualizados de três formas distintas: tabelas, gráficos de barra e espectros de ruído.Outra forma de exibição de resultados é a saída gráfica 3D do ruído através de uma escala de cores associada com as intensidades do som.

2.2 Considerações para análise

As seguintes considerações foram levadas em conta na análise dos modelos:

- As pessoas e móveis (camas, quadros, eletrodomésticos, etc.) instalados nos compartimentos da superestrutura não são consideradas, ainda que estes possam influenciar o ruído, já que tudo sempre tem alguma porcentagem de absorção sonora.
- As janelas e portas não serão consideradas na estrutura. Cada painel que compõe um volume será tomado como um conjunto homogêneo de material ou composto por dois ou mais materiais diferentes, dependendo do grau de isolamento.
- A presença de equipamentos de salvatagem, caixas elétricas, tubulações, bandejas elétricas e aparelhos eletrônicos de baixa potência não serão considerados na análise de ruído.
- O ruído externo, como ondas do mar e vento, não é levado em consideração.
- As características ambientais em cada compartimento são de 25°C e 70% de umidade.
- A estrutura do navio e/ou plataforma é, mormente, considerada como sendo de aço, com 12 mm de espessura em média.
- O ruído de HVAC não é considerado neste trabalho por ainda estar em fase de inserção no AR^3
- Os níveis de ruído aéreo em NWL no programa AR^3 são baseados em fórmulas apresentadas na referência [3]. Este recurso é utilizado nos casos em que esta parcela do ruído não é fornecida pelo fabricante da máquina.
- As máquinas foram consideradas operando sem problemas mecânicos, com os rolamentos em boas condições e perfeitamente alinhadas.

2.3 Considerações Particulares

A análise de cada navio e/ou plataforma em particular depende dos requerimentos do armador e, em especial, do tipo de regra da sociedade classificadora que supervisiona a construção da mesma, para as condições de conforto mínimas são estabelecidas regras básicas de conforto a bordo baseadas em [6]. Também têm muita influência as condições de operação durante a vida útil do navio e/ou plataforma.

2.3.1 Considerações para o Navio AHTS

No caso do navio AHTS, as considerações principais dizem respeito às máquinas que influenciam o ruído nas seguintes condições de operação:

- Condição de trânsito;
- Condição de manobras.

Em condição de trânsito foram consideradas 6 fontes de ruído: os motores principais (4) e as caixas redutoras (2), estando os motores funcionando a 85% de sua capacidade.

Em condição de manobras os motores trabalharam com baixa potência, sobrepondo-se a um grupo diesel-elétrico que fornece energia para os equipamentos de posicionamento dinâmico, um propulsor lateral à vante, um sistema azimutal e dois propulsores laterais de ré, todos operando com 40% da capacidade. Os seguintes materiais foram considerados: aço naval, usado na construção dos conveses, aço corrugado nas anteparas, lã mineral no isolamento das áreas habitadas, concreto em alguns compartimentos, tais como escritórios e oficinas, painéis *sandwich* a base de lá de rocha no isolamento acústico (A60 e A15), material visco-elástico na atenuação da propagação de vibrações nos pisos e poliuretano em alguns locais do navio.

2.3.1 Considerações para plataforma FPSO

No caso da Unidade FPSO, considerou-se apenas uma condição de operação, com todos os equipamentos de extração e os turbogeradores em operação. A plataforma conta com 121 fontes sonoras, 1360 subsistemas e mais de duzentos volumes, o que torna o cálculo bem mais complexo e lento do que no caso da Unidade A.

É importante ressaltar que o ruído aéreo,em sua maior parte, foi calculado com base nas formulações da referência [3] , o que não corresponde a valores reais, mas a

valores aproximados por fórmulas empíricas. A exceção é o caso dos turbogeradores cuja potência sonora foi fornecida pelo fabricante, além de outras máquinas de potências menores. Os materiais de isolamento foram obtidos de referências fornecidas pelo estaleiro construtor estes materiais são lá de rocha de 280 kg/m^{3}de massa específica e material visco-elástico com um η=0.28.

3. RESULTADOS E COMPARAÇÕES

Os resultados obtidos pelo programa AR^3 para o nível de ruído global no navio AHTS foram comparados com medições a bordo em as duas condições, tanto de transito como de manobras, achando se os seguinte valores expressados nos gráficos a seguir.

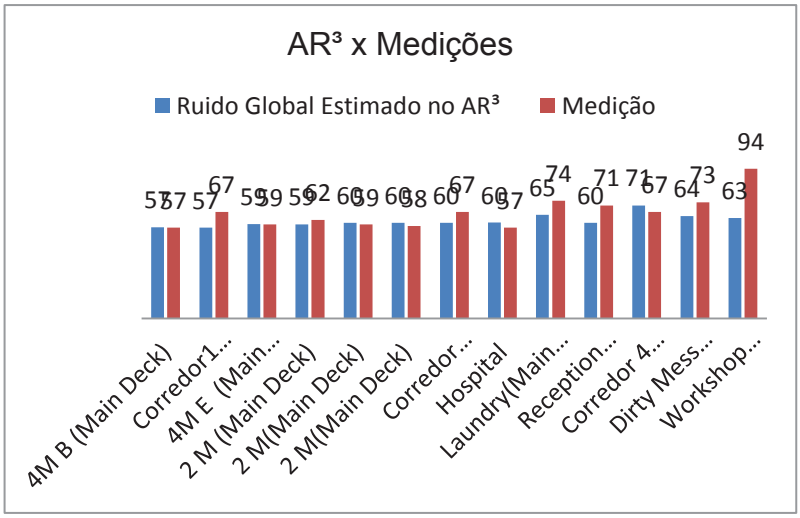


Figura 11 AR^3 x Medições - Navio em Viagem - Convés Principal

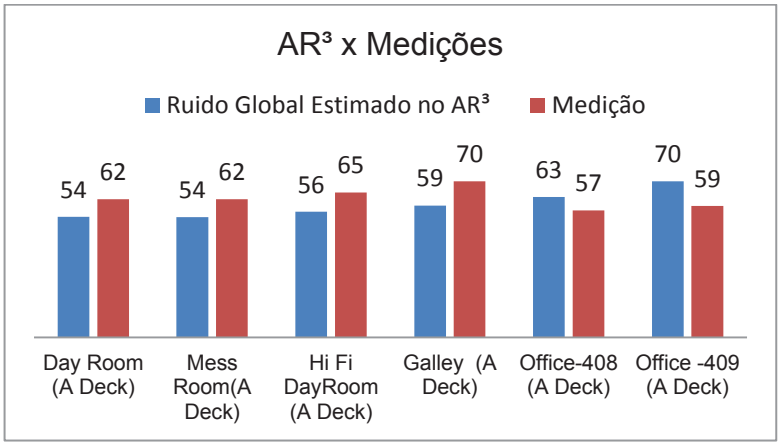


Figura 12 AR^3 x Medições - Navio em Viagem - Convés A

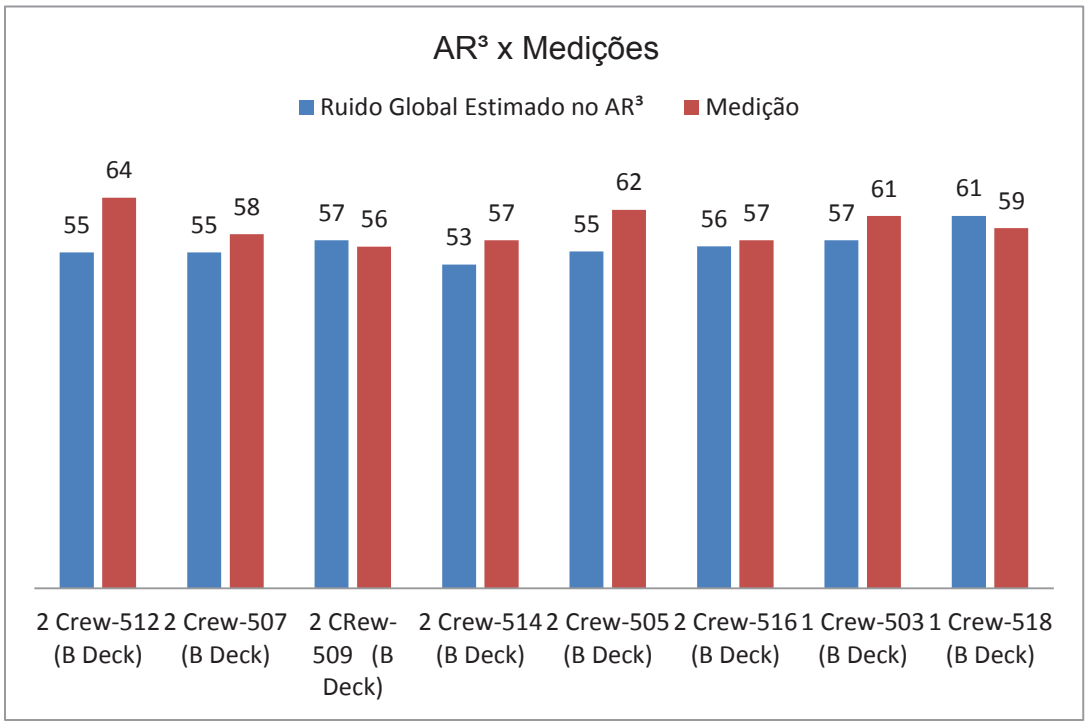


Figura 13 AR^3 x Medições - Navio em Viagem - Convés B

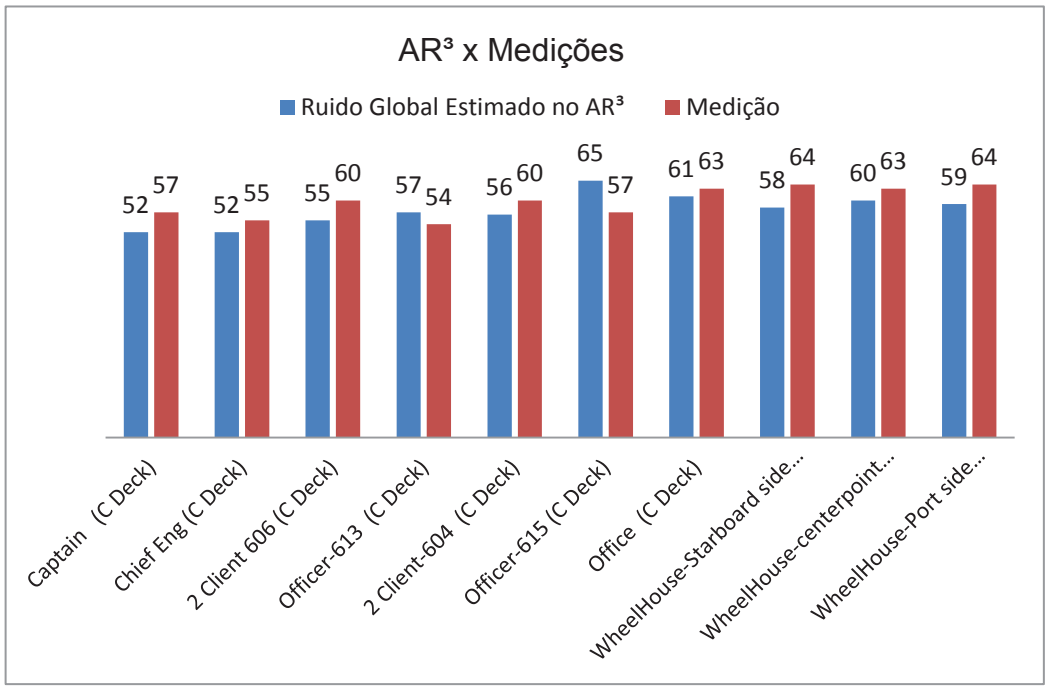


Figura 14 AR^3 x Medições - Navio em Viagem - Convés C

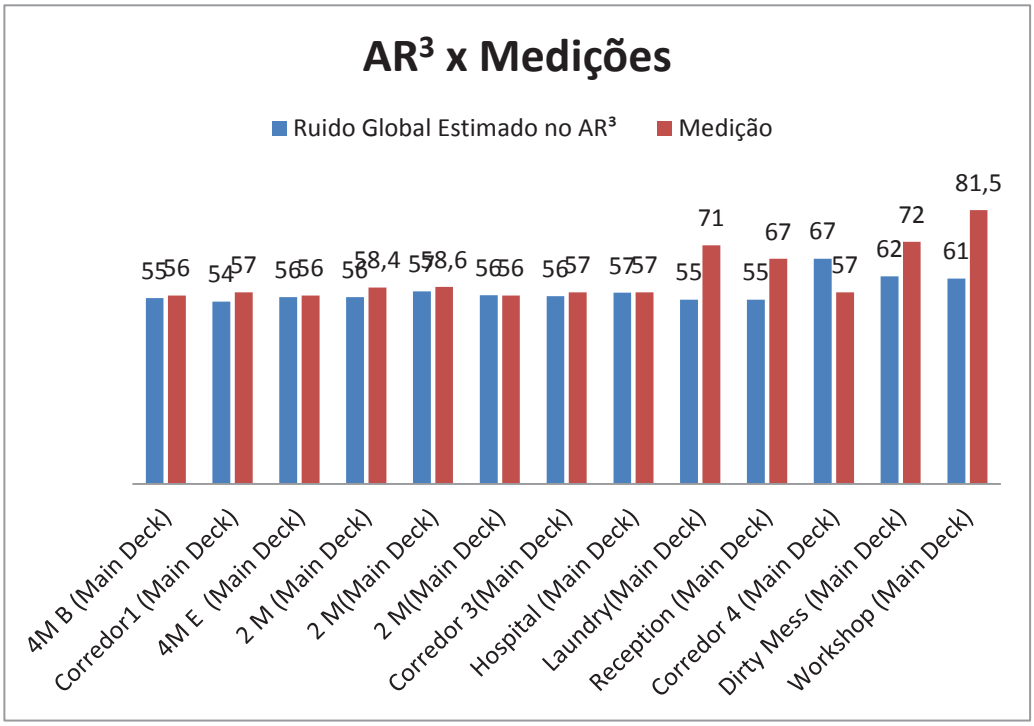


Figura 15 AR^3 x Medições - Navio em Manobras - Convés Principal

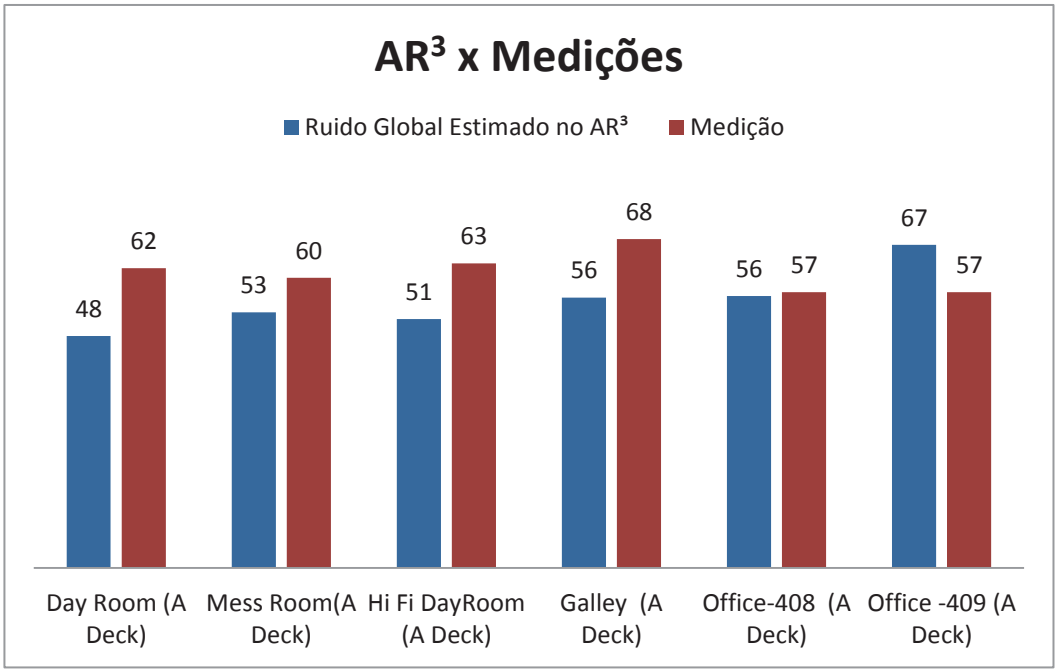


Figura 16 AR^3 x Medições - Navio em Manobras - Convés A

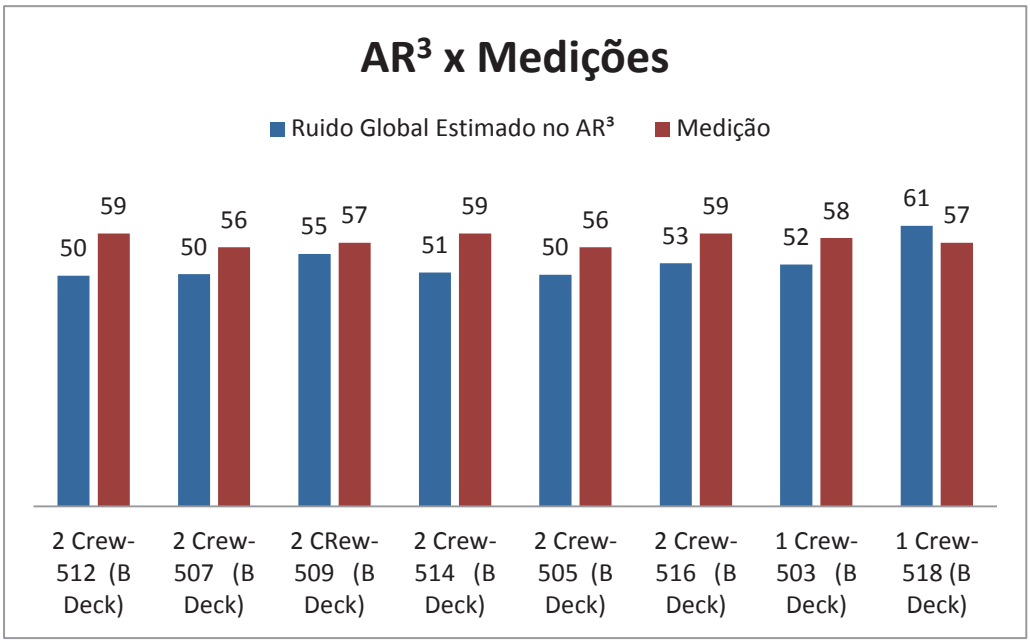


Figura 17 AR^3 x Medições - Navio em Manobras - Convés B

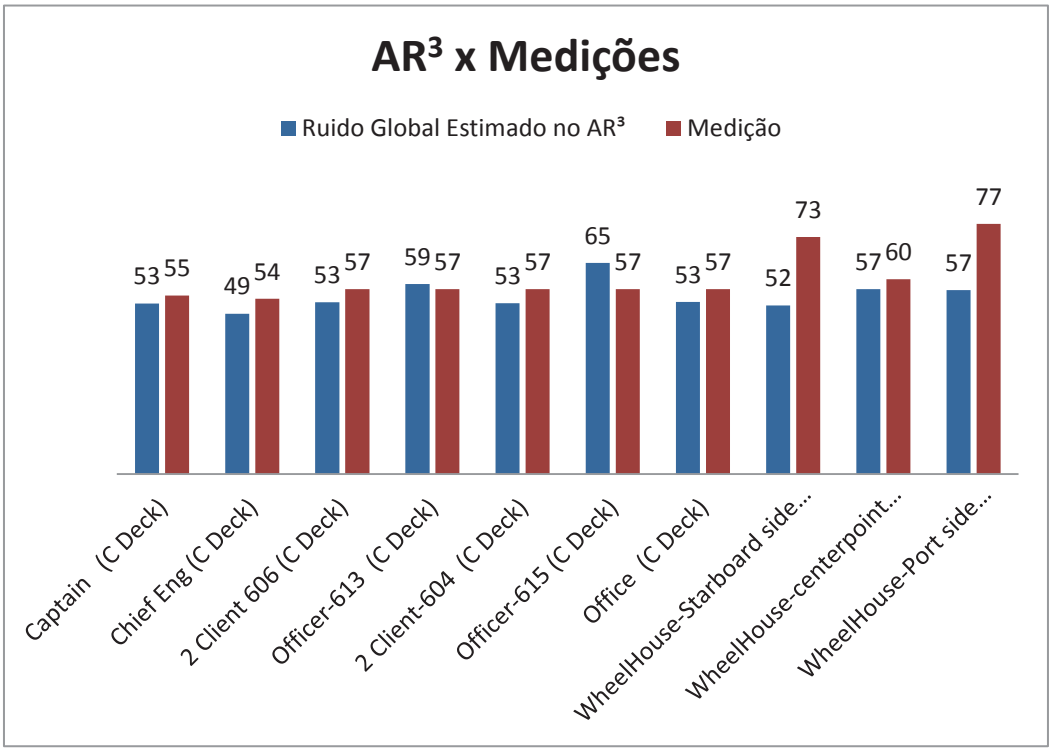


Figura 18 AR^3 x Medições - Navio em Manobras - Convés C

No analise dos gráficos acima pode se observar uma aproximação das predições bastante satisfatórias, com exceção ao compartimento utilizado pelo workshop

(figuras 12 e 16) devido á que este volume encontrasse influenciado, maiormente pela parcela de HVAC que ainda esta em etapas de desarrolho no programa.

No analise do FPSO, pelo fato da plataforma ainda estar em fase de projeto, não existem dados medidos, no entanto, existem resultados de ruído, baseados em o método SEA para avaliar ruído estrutural e outro modelo alternativo, também baseado em fórmulas empíricas, que foram utilizados na comparação com o AR^3, cujos resultados estão apresentados no gráfico a seguir(Figura 20). Esses resultados combinados estão identificados como “Modelo Híbrido”.

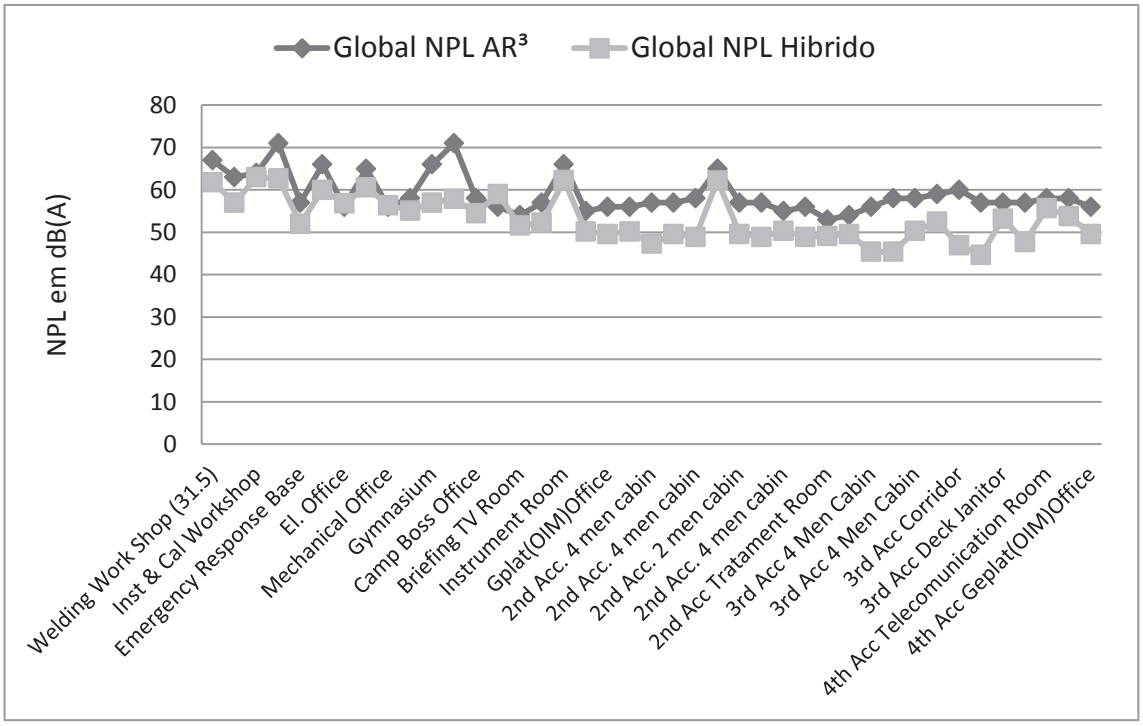


Figura 19 Comparação gráfica do ruído Global entre AR³ e o programa hibrido.

O analise comparativo de ruído na figura superior permite estabelecer um patrão bastante similar entre o modelo apresentado em este trabalho e o modelo Híbrido, Desde que aqui é uma comparação entre resultados de 2 diferentes métodos, em princípio, não se pode afirmar qual é o mais confiável. Assim, os métodos só poderão ser validados mediante comparação com valores medidos.

4. CONCLUSÕES

Este estudo permitiu estabelecer análises comparativas com o intuito de avaliar a confiabilidade da metodologia empírica utilizada no cálculo do ruído global e a influência do ruído estrutural na análise de ruído em navios, levando às seguintes conclusões:

- Na análise comparativa entre o ruído medido e os resultados do programa AR³, observa-se a tendência dos valores calculados se aproximarem dos valores medidos, o que garante certa confiabilidade ao programa quando usado em navios. A análise dos espectros de ruído indica que existe maior influência do ruído aéreo do que estrutural, este ultimo começa a influir a medida que vá se aproximando nas frequências mais altas, a partir de 1KHz.
- Na análise de estruturas complexas, como navios e plataformas, métodos numéricos (MEC e MEF) não são aplicáveis. Primeiro, devido ao requisito de 6 elementos por comprimento de onda, o que aumenta muito o número de elementos do modelo necessários para a boa discretização, sobretudo em alta frequência. Segundo, devido à alta densidade modal, típica do ruído estrutural. Desta forma, até o momento, os modelos são os únicos aplicáveis a estruturas complexas, com grande número de fontes e receptores. Outra vantagem dos modelos empíricos é seu tempo de execução. A título de exemplo, no modelo FPSO foram necessárias apenas 2 horas para realizar uma previsão de ruído com 121 fontes em 230 volumes.

Métodos de previsão de ruído que sejam rápidos e eficazes permitem tratamentos corretivos em etapas iniciais de projeto, resultando em otimização de custo, peso, espaço, operação e rendimento do navio, resultando em navios com maior nível de conforto e que causem menores impactos ambientais. O programa AR³ é um programa em processo de aperfeiçoamento, com grande potencial de aplicação em projetos de construção de navios e plataformas de grande porte, através de uma análise acústica detalhada e executável em tempo razoavelmente reduzido.

5. RECOMENDAÇÕES PARA FUTUROS ESTUDOS

- Previsão do nível de ruído gerado pelo casco ao meio ambiente aquático, em especial aquele relacionado com navios de pesquisa. Já existem normas ambientais de impacto de ruído ambiental causado por navios (*Underwater Noise Requirement , International Council for the Exploration of the Seas* - ICES [7]) com o objetivo de diminuir o impacto deste tipo de ruído em mamíferos marinhos e peixes, assim como também evitar interferências em estudos de acústica e aquisição de sinais submarinhos.

- Realização de outras análises comparativas entre modelos gerados pelo AR³ e métodos como o MEC, MEF e o SEA, além de medições a bordo de navios e plataformas nas mais diversas condições de operação.

- Aplicação da técnica de Problemas Inversos na predição de ruído de estruturas complexas. Conhecido o campo de pressões, a partir de medições de navios e plataformas, torna-se possível obter as propriedades acústicas do meio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Goujard B.,"**Acoustic Comfort On Board Ships: An Evaluation Based on a Questionnaire**", Applied Acoustics 66 (2005), 1063–1073.

[2] Fischer, R. W., Burroughs, C. B., Nelson, D. L., 1983, "**Technical & Research Bulletin 3-37: Design Guide for Shipboard Noise Control**", Ship´s Machinery Committee, SNAME, New York, USA.

[3] T&R Bulletin "**Supplement to the Design Guide for Shipboard Airborne Noise Control**" (2001).

[4] Worley Parsons Document No. 05876-EN-RP-001" **ACOUSTIC STUDY**", Copyright BHP Billiton LNG International Inc. August 2006.

[5] I.Grushetsky,"**Internal loss factors of ship structures and its application for computing vibration and noise**", Electronic Journal «Technical Acoustics» <http://www.ejta.org> 2007, 4

[6] Code on Noise Report on board ships, Resolution A.468(XII), adopted on 19 November 1981.

[7] DI-010-10 Regional Class Research Vessel Radiated Noise Report,October 2008.

Análise Preliminar de Perigos das etapas para a descarga de Granéis Líquidos de um Navio-Tanque em um Terminal Portuário Especializado

Francisco de Assis Basilio de Moraes – franciscobasilio@usp.br
Marcelo Ramos Martins – mrmartins@usp.br
LabRisco – Laboratório de Análise, Avaliação e Gerenciamento de Riscos
Departamento de Engenharia Naval e Oceânica – Universidade de São Paulo – USP
Avenida Prof. Mello Moraes, 2231 – CEP: 05508-030 – Cidade Universitária – São Paulo – SP Tel/Fax: (0xx11) 3091-5348

RESUMO

Este artigo trata da identificação dos perigos das etapas relacionadas à descarga de granéis líquidos inflamáveis, de um navio-tanque para um terminal portuário desta especialidade – TGL. Esta análise emprega a técnica de Análise Preliminar de Perigos – em inglês, *Preliminary Hazard Analysis* – PHA. O uso PHA tem como intuito listar potenciais perigos na descarga dos granéis líquidos inflamáveis no TGL, detectando-os, e identificando as causas e as consequências, a fim de propor ações de mitigação das causas, bem como a classificação dos riscos associados aos eventos de perigo para o processo estudado, que é uma contribuição inteiramente nova do artigo.

Palavras chave: Perigo. Descarga. Navio-tanque. Terminal de Granéis Líquidos (TGL). Análise Preliminar de Perigos.

ABSTRACT

In this paper, we propose an hazard identification of the operation of unloading of a Tanker into a specialized port terminal – the Bulk Liquid Terminal – BLT, focusing on the interface between the two systems: ship and port. This analysis applies the

methodology called Preliminary Hazard Analysis, PHA. The use of modeling by PHA has the intention to list potential hazards in the discharge of tanker (transporting flammable liquids) in BLT, detecting them, and identify with the specific purpose to mitigate the causes as well as the classification of risks associated with hazardous events for the process studied. The application of PHA, in this process, constitutes a new contribution.

Keywords: Hazard. Unloading. Tanker. Bulk Liquid Terminal (BLT). Preliminary Hazard Analysis (PHA).

1.0. INTRODUÇÃO:

A interação entre os sistemas que propiciam a descarga de líquidos inflamáveis é realizada com base em um planejamento minucioso, que é precedido de várias etapas preparatórias, como deve ocorrer em plantas industriais desta natureza. E, dentre os aspectos técnicos que serão aferidos, o levantamento de perigos e das possíveis falhas associadas à instalação industrial é o principal deles. Vários questionamentos devem ser feitos em relação à planta, tais como: o que pode ocorrer de errado? Quais são as causas básicas dos eventos indesejados? Com que frequências ocorrem tais eventos indesejados? Quais são as consequências associadas aos eventos em questão? Os riscos da planta industrial, determinados os perigos e as falhas, são toleráveis? Como quantificar os riscos associados?

Como é cediço, perigo são as condições físicas ou químicas ou biológicas com potencial para causar danos às pessoas, aos bens móveis e imóveis, ao meio ambiente ou uma combinação destes (KUMAMOTO e HENLEY, 1996) e a falha é o não cumprimento da missão pelo sistema. A interface entre um terminal de granéis líquidos e um navio-tanque é um sistema complexo e os perigos associados são perceptíveis e podem causar grandes prejuízos financeiros, à vida e ao meio ambiente. As possíveis falhas dos equipamentos que compõe o sistema precisam ser levantadas e suas causas diagnosticadas, a fim de evitar consequências indesejáveis.

Para se avaliar os riscos associados aos perigos e as falhas de uma instalação industrial complexa, faz-se necessário a identificação dos possíveis perigos e falhas, suas frequências de ocorrência, em que ambiente ou cenário se avaliam os riscos e as suas consequências, em termos de perdas e danos materiais, humanos ou ao meio ambiente.

E o desenvolvimento de valores estimados qualitativa e/ou quantitativa dos riscos, baseado em técnicas ou metodologias estruturadas, para promover a combinação das frequências e das consequências de um acidente ou incidente é denominado na literatura especializada de **análise de risco**.

“A análise do risco é dividida em três etapas: avaliação do risco, gerenciamento do risco e a comunicação do risco. Existem muitas interações e sobreposições entre estas principais etapas ou elementos da análise de risco.” (MODARRES, 2009, p. 384)

Há, associado a essas três etapas da análise de risco, um grande desafio inicial, que é identificar fatores e pontos vulneráveis que podem ser geradores de cenários inaceitáveis de operação, visando minimizar a probabilidade de ocorrência dos eventos indesejáveis que gerem cenários e seu impacto, tanto para o meio ambiente e as operações, como para as pessoas envolvidas no processo industrial a ser analisado. Na mesma toada, busca-se minimizar as consequências econômicas, seja em função da perda de algum equipamento ou da parada na operação do sistema.

No caso de sistemas navais e portuários há uma quantidade expressiva de normas que visam garantir melhorias na previsão e controle de situações perigosas que poderiam resultar em incidentes. Essas normas de segurança são basicamente estabelecidas pela IMO (do inglês International Maritime Organization) e pelas sociedades classificadoras como a DNV (Det Norsk Veritas) e ABS (American Bureau of Shipping), entre outras.

Há duas possíveis abordagens: uma determinística, pela qual as especificações técnicas de um projeto básico de uma planta industrial são baseadas na experiência passada e, muitas delas, após a ocorrência de algum acidente importante, são revisadas (RODRIGUEZ, 2012). Essa abordagem carece de um enfoque preventivo, e por esta razão, a IMO decidiu adotar uma metodologia, no caso do setor naval, na análise de segurança dos navios e do transporte marítimo, bem como sua interação com a área portuária, chamada FSA (do inglês Formal Safety Assessment) (KONTOVAS *apud* RODRIGUEZ, 2012). No mesmo sentido, MARTINS e GOYANO (2007, p. 3669), ao aplicarem a PHA nos sistemas de combate a incêndio em navios-tanques, informam que a metodologia do FSA se fragmenta em cinco etapas, sendo certo que "*na primeira etapa, os perigos e suas consequências e causas são identificados e ranqueados*".

Segundo WANG *apud* RODRÍGUEZ (2012), o projeto e a operação de navios, e os sistemas que interagem com eles, como por exemplo, os portos, são divididos em cinco etapas: 1) identificação dos perigos e dos cenários que poderiam conduzir aos acidentes, tais como, contato, colisão, explosão, incêndio, alagamento e afundamento; 2) pesquisa das causas e consequências dos cenários e identificação das áreas de maior risco (normalmente usadas as denominadas matriz de risco); 3) definição de estratégias de controle de risco eficazes e práticas de operação, visando reduzir o nível do risco das áreas críticas; 4) avaliação do custo-benefício identificando e comparando os benefícios e os custos associados com a implantação das estratégias de controle do risco e, 5) recomendações para a tomada de decisão.

O FSA (IMO, 2002) aceita tanto uma caracterização quantitativa quanto qualitativa dos perigos e riscos envolvidos no problema a ser analisado e, consistentemente com os dados disponíveis, sua representação pode ser tanto matemática quanto descritiva. Nos casos em que os dados necessários para cada passo não estiverem disponíveis a metodologia prevê a participação de especialistas, desenvolvimento de modelos físicos, simulações e uso de modelos analíticos para a sua produção. Trata-se de uma abordagem probabilística do risco (*Probabilistic Safety Assessment* – PSA).

Mas, tanto a abordagem determinística quanto a abordagem do PSA podem se deparar com dificuldades, tais como, falta de dados, dados escassos, modelagem complexa.

E, nas duas abordagens, **a identificação dos perigos**, como dito alhures, é fundamental.

Neste contexto, as técnicas ou os métodos aplicados devem estabelecer, de maneira lógica, o encadeamento dos eventos indesejados a fim de facilitar uma correta correlação entre as causas e as consequências, bem como aferir as probabilidades associadas às falhas. Dentre as técnicas comumente utilizadas para a identificação e avaliação dos perigos, suas causas e as consequências, bem como as medidas de mitigação para evitar falhas está a *Preliminary Hazard Analysis* – PHA ou Análise Preliminar de Perigos – APP.

As respostas às perguntas que foram feitas anteriormente, e que compõe a análise de risco do sistema complexo para a tomada de decisão, definindo a instalação ou permanência de uma planta industrial são aferidas pelo fluxograma da **figura** 1, que corresponde ao objetivo da abordagem probabilística de risco:

Vê-se, pois, que a análise de eventos de perigo é um dos estágios que permitirão respostas as perguntas formuladas anteriormente.

A PHA, conforme a ISO 31010 (2008, p. 37), é um método indutivo simples de análise cujo objetivo é identificar os perigos e situações (ou eventos) perigosas que podem causar dano, na realização de uma atividade, de um processo ou a um sistema. A PHA, segundo a mencionada norma, tem por objetivo listar todos os potenciais perigos associados ao projeto de novas instalações ou sistemas, podendo também ser aplicada à operação de um sistema ou realização de um processo, observando os efeitos que estes perigos podem trazer para o sistema ou para o processo (2008, p. 37/38). A aplicação da PHA, segundo MARTINS e GOYANO (2007), registra na forma tabular as causas e consequências associadas a cada

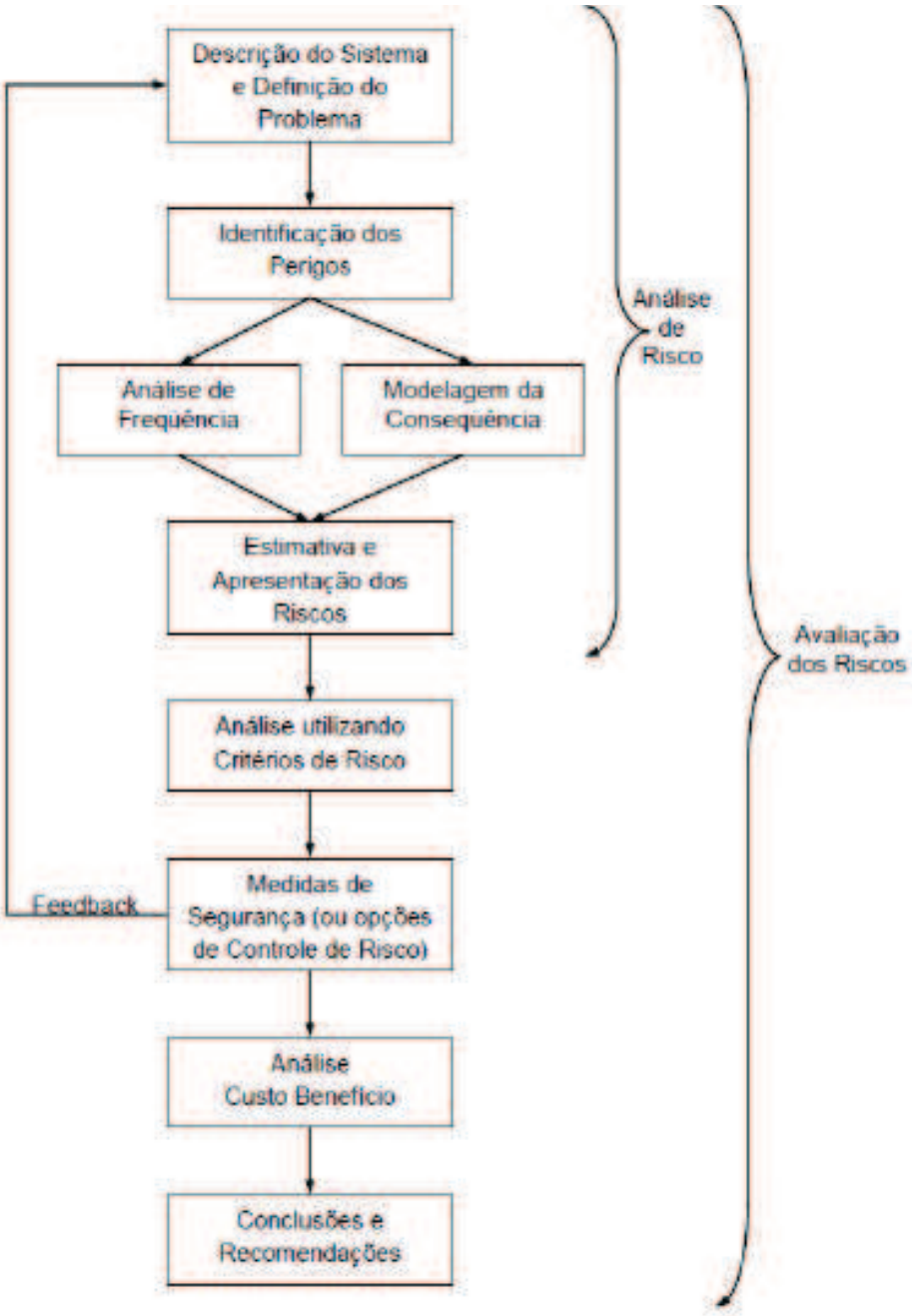


Figura 1 – Processo de Análise e Avaliação de Risco (extraído de MARTINS, 2013)

evento de perigo identificado, bem como a classificação do correspondente risco baseando-se na avaliação qualitativa da sua probabilidade de ocorrência e do correspondente impacto caso o potencial perigo se transforme em um acidente. No caso dos sistemas sob análise, o evento-topo é a não descarga dos combustíveis do navio-tanque para o terminal portuário, que serão conduzidos até os tanques de

armazenagem. Para a ocorrência deste evento topo, **Ou** falha o sistema navio **ou** falha o sistema do TGL. De forma esquemática, podem ser identificadas quatro etapas na execução da PHA: (i) planejamento, com a descrição dos objetivos e abrangência da análise, com preparação da documentação e reunião dos especialistas; (ii) análise das potenciais perigos, descrevendo a função e características do elemento (equipamento) do sistema ou do processo, tipo de falha potencial para cada função, efeito do tipo de falha, causa possível da falha e controles atuais; (iii) avaliação dos riscos, aferindo os índices dos critérios ou fatores previamente definidos; (iv) identificação e proposição de melhorias ou barreiras, que são ações que podem ser realizadas para reduzir os riscos.

A PHA se originou no programa de defesa do EUA, na norma MIL-STD-882 (ERICSON, 2005). Como visto, a análise consiste em listar e escolher eventos de perigo e definir as consequências de sua ocorrência, assim como determinar suas causas. Para atender a este objetivo, utiliza como entrada a informação sobre a identificação e caracterização do sistema. Para a realização da análise, o processo em estudo deve ser dividido em etapas segundo o desenvolvimento da operação ou dos objetivos definidos na etapa de identificação e caracterização do sistema. A informação resultante da análise deve ser registrada de forma sistemática (RODRIGUEZ, 2012).

Portanto, o PHA permite avaliar qualitativamente os potenciais perigos, no sistema, suas causas e consequências, bem como, o nível de risco e as ações de mitigação e de contingência em caso de ocorrência de algum evento indesejável (falha). A PHA pode ser empregada para sistemas na fase inicial do projeto, quando apenas os elementos básicos do sistema e os materiais estão definidos, ou como uma revisão geral de segurança de sistemas já em operação (SMITH *apud* SILVA, 2013; ERICSON *apud* RODRÍGUEZ, 2005).

A planilha da **figura 2** nos dá uma ideia da concepção da sistematização da técnica PHA para o caso que será apresentado:

FASE	Evento de Perigo	Descrição do Evento	Tipo de Sistema ou subsistema	Causa			Consequência						Classificação do Risco			
				Descrição da causa	Frequência	Ação de mitigação	Local (porto ou navio)	Operação (descarga de	Ação de contingência	Segurança do pessoal	Equipamentos	Ambiental	Segurança do pessoal	Equipamentos	Ambiental	Operação (descarga de

Figura 2 – Planilha da técnica PHA

A PHA aplicada ao processo de descarga dos granéis líquidos do navio-tanque para o TGL e seus tanques de armazenamento, avalia as consequências, frequências e as severidades dos eventos de perigo, oferecendo tabulações e ranqueamento com base nas normas PETROBRAS NBR 2782 B e PETROBRAS NBR 2784 A, e dos padrões entabulados para a PHA nas normas MIL-STD-882 e MIL-P-1629a de 1980 da U.S. Military que estabeleceu onze níveis. Foram tabuladas as consequências para a segurança pessoal, instalação e danos ambientais associados a uma classificação de risco, para cada evento de perigo identificado.

2.0. METODOLOGIA:

A metodologia deste estudo foi direcionada de acordo com os seguintes pontos:

a) Juntada das Informações e dos dados sobre o objeto de estudo;

b) Leitura do material coletado;

c) Visita a uma planta industrial em operação, objeto de estudo;

d) Respostas aos questionamentos feitos aos especialistas sobre a operação da planta industrial;

d) Revisão das informações e dos dados coletados;

e) Descrição da metodologia do PHA;

f) Elaboração da planilha do PHA do objeto de estudo.

3.0. OBJETIVOS DO TRABALHO:

O estudo tem por escopo identificar os potenciais perigos do processo de descarga de granéis líquidos inflamáveis de um navio-tanque em um terminal portuário especializado para este fim operado por uma empresa de abastecimento de combustíveis no Brasil. Também foram descritos os eventos de perigo, com a análise das causas e as consequências, bem como as frequências das causas, as ações de mitigação para as causas e as ações de contingência para as consequências. A posteriori, é feita a classificação do risco associado.

O Terminal de Granéis Líquidos – TGL – sob análise opera com navios-tanque (óleo diesel, óleo diesel marítimo, óleo MF380, gasolina e álcool anidro combustível). O Terminal possui um conjunto de medidas de proteção de segurança empresarial aplicáveis aos navios e às instalações portuárias, nos termos das exigências da IMO, mediante adoção do código ISPS (*International Ship and Port Facility Security Code*). O TGL opera em nível 1 de segurança. A movimentação e descarga dos combustíveis no TGL envolve diversos procedimentos, que, didaticamente, podem ser divididos em cinco etapas, quais sejam: **(i)** programação e chegada do navio-tanque; **(ii)** preparação do pessoal do porto (TGL) para a atracação do navio-tanque; **(iii)** atracação do navio-tanque; **(iv)** movimentação dos equipamentos e descarga no terminal; **(v)** desatracação do navio-tanque. A programação e a chegada do navio-tanque observam as condições climáticas, oceanográficas e a geografia da região, como profundidade, as áreas de movimentação do navio e o posicionamento do TGL. A preparação do pessoal para a atracação deve observar as normas da IMO e das autoridades portuária e marítima. As demais etapas também seguem as rotinas entabuladas pelas normas da IMO. Todas as etapas serão analisadas, com foco na descarga dos granéis líquidos inflamáveis.

4.0. OBJETO DE ESTUDO:

O estudo tem por base uma instalação industrial que processa a descarga de granéis líquidos inflamáveis de um navio-tanque (*Tanker*) para o terminal portuário (Terminal de Granéis Líquidos – TGL). Trata-se de analisar os perigos, de forma preliminar, associados à *interface*[5] entre um sistema naval (navio-tanque) e um sistema portuário, representado no caso, por um terminal de descarregamento de granéis líquidos em uma área industrial próxima a áreas habitadas, cuja atracação do navio-tanque é feita paralelamente a um cais (píer). Nada obstante tal configuração, a descarga dos granéis líquidos inflamáveis poderia ser processada por intermédio de bóias entre o TGL e o navio-tanque.

Ressalta-se que o Terminal objeto da análise, opera com navios-tanque (que descarregam, mas podem carregar. A regra é descarregar, derivados de petróleo: óleo diesel, óleo diesel marítimo, óleo MF380[6] e gasolina, e álcool anidro combustível), barcaças (que carregam MGO – óleo de gás marinho – para suprir a demanda portuária local) e embarcações de apoio marítimo que eventualmente se abastecem de óleo combustível no terminal.

A movimentação de derivados de petróleo visa, por meio de cabotagem, atender à demanda local de gasolina e diesel automotivo, de óleos combustíveis – OC's – para abastecer a indústria local, de MGO e MFO – óleo combustível naval ou marítimo – entregues a navios por meio de barcaças (ou via "pipe line" quando atracados no TGL).

A empresa que opera o terminal portuário atua na programação dos *Tankers* para atracação e operação com os derivados de petróleo em operações de cabotagem e/ou de longo curso, e a empresa que presta serviço de abastecimento dos granéis líquidos inflamáveis na conexão e desconexão de mangotes (que poderiam ser

[5] *Interface* é um conjunto de meios planejadamente dispostos sejam eles físicos ou lógicos com vista a fazer a adaptação entre dois sistemas, para se obter um certo fim cujo resultado possui partes comuns aos dois sistemas, ou seja, o objeto final possui características dos dois sistemas.

[6] Espécie de óleo combustível marítimo. Líquido viscoso de cor escura com odor característico de hidrocarbonetos e sem material em suspensão. Há incompatibilidades químicas com outros produtos químicos. Ponto de fulgor < 60ºC..

linhas de transferências em bóias ou braços metálicos), bem como na transferência, por tubulação, dos produtos entre o píer do TGL e as instalações da própria empresa de abastecimento ou outra qualquer.

O TGL, da análise em questão, como dito anteriormente, possui um conjunto de medidas de proteção de segurança empresarial aplicáveis aos navios e às instalações portuárias, nos termos das exigências da IMO, mediante adoção do código ISPS (*International Ship and Port Facility Security Code*). O TGL opera em nível 1 de segurança.

A movimentação e descarga dos combustíveis no TGL envolve diversos procedimentos, que, didaticamente, podem ser divididos em cinco etapas, quais sejam: (i) programação e chegada do navio-tanque; (ii) preparação do pessoal do porto (TGL) para a atracação do navio-tanque; (iii) atracação do navio-tanque; (iv) movimentação dos equipamentos e descarga no terminal; (v) desatracação do navio-tanque.

A empresa de abastecimento informa a empresa operadora do TGL a programação dos navios que transportam os combustíveis, qual o combustível a ser descarregado, cabendo à empresa que opera o TGL a validação de tal programação por meio da análise da disponibilidade do TGL para a operação.

Uma vez confirmada a disponibilidade do berço, são analisadas as condições oceanográficas, técnicas e meteorológicas (condições do mar, calado do navio, tipo de navio, produto a ser descarregado, condições do tempo, ventos, etc.) a fim de determinar a possibilidade de realização da manobra de atracação com segurança. Obtidas as validações inerentes às análises em questão, a empresa que opera o TGL autoriza a empresa operadora dos *Tankers* a programar Prático (Normam-12, item 0404) para a realização da manobra, iniciando-se, destarte, a fase de preparação do pessoal do porto (TGL) para a atracação do navio-tanque.

O pessoal das duas empresas ficam em *standby* para receber o navio-tanque, testando e conferindo os equipamentos necessários para a atracação, observadas as normas da IMO sobre o assunto.

Na fase de atracação, a sociedade empresária de abastecimento dos granéis líquidos inflamáveis e seus agentes marítimos nomeados providenciam a contratação de Prático e rebocadores, inexistindo qualquer intervenção da empresa operadora do Terminal neste proceder, a não ser de fiscalização.

A empresa operadora do TGL, nesta etapa, atua na amarração do navio-tanque, isto é, no recebimento dos cabos do navio e sua colocação nos cabeços em terra (porto), permitindo, assim, que o navio-tanque permaneça atracado em segurança e que as operações possam ser realizadas com eficiência e segurança, pelo menos em teoria. Nesta etapa, atua uma equipe de amarradores composta por oito ou mais trabalhadores.

A aproximação do navio-tanque do TGL é realizado através de canal balizado, com determinado número de pares de bóias e uma bacia de evolução, totalizando uma extensão razoável para as manobras de fundeio e de aproximação. Nesta análise devem ser observadas as seguintes medidas: o comprimento do canal, sua largura, a profundidade dragada, as restrições específicas (calado, por exemplo) e gerais (a espécie de conexão do *Tanker* com o TGL, por exemplo) e quais os navios que poderão ser recebidos, e de que forma outras espécies de navios interferem na aproximação e atracação dos navios-tanque. Deve ser observado ainda se existem equipamentos no cais para auxiliar nas manobras de aproximação, bem como se o navio-tanque operará com sistema de posicionamento dinâmico (SPD) e/ou rebocadores.

Além dos amarradores, poderão participar da manobra inspetores de embarque e de desembarque que são os responsáveis por orientar tecnicamente os amarradores durante a faina de amarração, visando, portanto, o correto posicionamento do navio-tanque no cais por intermédio de comunicação via rádio com o Prático da embarcação (navio-tanque), bem como pelo fornecimento de suporte ao

comandante do navio petroleiro com a transmissão de informações sobre a condição do tempo – monitoramento de *swell* (ondas – amplitude) – para garantir a segurança da embarcação enquanto esta permanecer atracada. A amplitude da onda deve ser levada em consideração, sob pena de comprometer a segurança, causando acidentes. Deve-se observar com extrema cautela as condições oceanográficas e meteorológicas, tais como, as ondas de superfície em sua altura; *swell* de fundo e sua amplitude e os ventos, direção e velocidade média.

Concluída a atracação inicia-se a etapa de movimentação. Nesta fase a responsabilidade e gerência das atividades são da empresa abastecedora, autorizada para o transporte de petróleo, derivados e biocombustíveis pela Agência Nacional de Petróleo – ANP.

Cabe à empresa que administra e opera o TGL, durante a movimentação, monitorar as condições de mar, por intermédio de seus inspetores de embarque e desembarque, e, juntamente com o comandante do navio-tanque, avaliar se este permanece atracado com segurança. Para tanto, deve contar com uma central de monitoramento instalada próxima ao berço do TGL.

Atracado, o navio-tanque tem o seu produto inspecionado, e é feita a conexão do porto (TGL) e o navio-tanque. O sistema porto pode se conectar ao sistema navio, para fins de descarregamento, através de um conjunto de *manifolds* (no porto ou no navio) e a tubulação na área portuária, que leva os combustíveis até os tanques de armazenamento da empresa distribuidora dos produtos descarregados (razoavelmente distantes do píer), e um conjunto de mangotes do navio que descarregará os mencionados combustíveis. O bombeamento pode ser feito por equipamentos localizados no cais ou no navio. O descarregamento pode também ser efetuado por intermédio de bóias ou braços de movimentação.

Devem ser aferidas as características do berço para a carga e descarga do navio-tanque, tais como o local, o tipo de produto, as dimensões dos mangotes e dos flanges, a temperatura mínima, a vazão máxima e a pressão máxima do granel líquido inflamável a ser descarregado.

Encerrada a movimentação, a empresa que opera o navio-tanque, por intermédio de seus agentes marítimos, providencia a contratação de prático e rebocadores para a realização da manobra de desatracação, momento em que a equipe de amarradores volta a atuar, orientada por um inspetor de embarque e desembarque, auxiliando na manobra por meio do desfazimento das amarrações e monitoramento das condições climáticas.

No que tange a mão-de-obra no porto e no navio-tanque, as equipes poderão variar em quantidade de homens e especialidades.

As demais atividades relacionadas às operações do TGL, são desempenhadas pelas equipes regulares do porto (Programação, "Port Captains", Segurança Empresarial, Segurança do Trabalho e Meio Ambiente) como parte de suas rotinas administrativas, podendo ser acionadas excepcionalmente em caso de emergências ou sob demanda.

O diagrama da **figura 3** a seguir nos dá uma ideia da interface sistema porto – sistema navio-tanque:

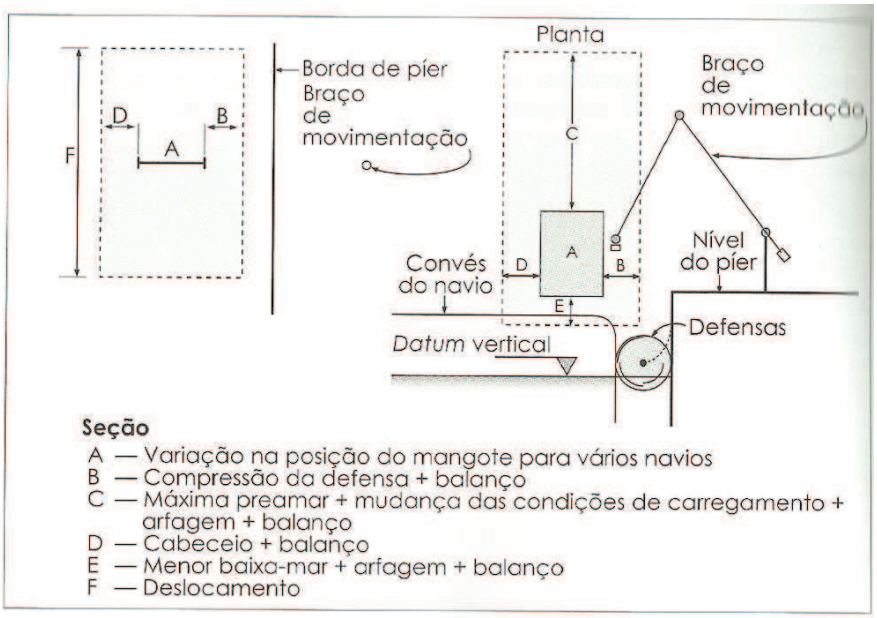


Figura 3 – movimento relativo entre o mangote do navio e a plataforma de movimentação de óleo (extraído de ALFREDINI, 2009, p. 452)

5.0. ANÁLISE PRELIMINAR DE PERIGOS (APP) DO PROCESSO DE DESCARGA DE GRANÉIS LÍQUIDOS INFLAMÁVEIS, TRANSPORTADOS PELO NAVIO-TANQUE, NO TERMINAL PORTUÁRIO ESPECIALIZADO – TGL:

Análise Preliminar de Perigos (APP) do processo de descarga dos granéis líquidos inflamáveis, transportados pelo Navio-Tanque, no Terminal Portuário Especializado – TGL

A Tabela 3 apresenta os resultados obtidos da análise preliminar de perigos. Cada uma das colunas desta tabela apresenta-se descrita a seguir:

- **A – OPER:** Designa a etapa específica associada à descarga de combustíveis que se está realizando: Programação do navio-tanque, Aproximação do navio-tanque ao píer (TGL), Preparação do pessoal do TGL para a atracação do navio-tanque, Atracação do navio-tanque no píer (TGL), Movimento dos equipamentos para conexão, Descarga do produto (combustível), Desatracação do navio-tanque.
- **B – IDENTIFICAÇÃO DO EVENTO:** Numeração consecutiva que identifica o evento.
- **C – EVENTO DE PERIGO:** Corresponde a uma ou mais condições físicas com potencial para causar danos às pessoas, aos bens móveis e imóveis, ao meio ambiente ou à combinação desses.
- **D – DESCRIÇÃO DO EVENTO:** Explica como se manifesta o evento de perigo e define algumas características específicas.
- **CAUSA:** Identifica por que ocorre o evento de perigo. Inclui a descrição, a frequência e a ação de mitigação:
    - **E – DESCRIÇÃO DA CAUSA:** Corresponde a uma ou mais condições físicas que originam o evento de perigo.
    - **F – FREQUÊNCIA:** Apresenta de forma qualitativa qual é a possibilidade de ocorrência do evento indesejável (falha), sendo

definidas 5 categorias: Extremamente Remota (ER), Remota (RE), Pouco Provável (PP), Provável (PR), Frequente (FR), definidas conforme.

- **G – AÇÃO DE MITIGAÇÃO:** Descreve o conjunto de atividades que podem ser efetuadas para manter os sistemas cumprindo as suas funções e reduzir a possibilidade de que o evento de perigo ocorra.

- **CONSEQUÊNCIA:** Define os efeitos que teria o evento de perigo sobre o sistema, definindo-se como efeito de uma condição de operação fora da especificação inicial da missão.
  - **H – LOCAL:** Explica como seria afetado os sistemas navio-tanque e porto, bem como a interface (conexão), no caso de acontecer o evento de perigo.
  - **I – DESCARGA DO NAVIO-TANQUE:** Explica como seria afetada a operação de descarga de combustível (produto) no caso de acontecer o evento de perigo.
  - **J – AÇÃO DE CONTINGÊNCIA:** São listadas recomendações de ações de emergência visando evitar ou minimizar a propagação de consequência ou a redução de gravidade das mesmas.
  - **SEVERIDADE:** Escala numérica que define a gravidade dos efeitos que teria o evento de perigo, caso aconteça. Está definida para três ativos e é apresentada na Tabela **1**.
    - **K – SEGURANÇA PESSOAL:** Relacionados com os danos ou lesões que podem ser causadas a empregados e terceiros.
    - **L – EQUIPAMENTOS:** Relacionados aos danos que podem ser causados a equipamentos ou instalações no navio-tanque e no porto.
    - **M – AMBIENTAL:** Relacionados aos danos causados ao meio ambiente.
- **N – CLASSIFICAÇÃO DE RISCO:** Medida resultante da combinação entre as frequências de ocorrência e a magnitude da severidade das consequências, conforme apresentado na **Tabela 2**.

		Segurança Pessoal (perigo para a saúde humana)	**Instalação**	**Ambiental (Danos à flora e à fauna)**
I	Muito reduzidas	Nenhum dano visível ou máximo de primeiros socorros	Sem danos ou danos insignificantes a equipamentos	Invisíveis ou mínimos
II	Reduzidas	Ferimentos leves em empregados e sem lesões extramuros	Danos leves controláveis ou com reparação de baixo custo	Poluição desprezível, danos considerados toleráveis entre nível mínimo e médio
III	Médias	Ferimentos graves ou múltiplos empregados e ferimentos leves em pessoas extramuros	Danos severos	Poluição localizada, curto período, danos considerados toleráveis de nível médio
IV	Graves	Lesões graves ou fatalidade em empregados e em pessoas extramuros	Danos irreparáveis, com reparação lenta ou impossível	Poluição de grande área, longo período. Níveis acima dos máximos toleráveis

Tabela 1 – Tabela de Classificação de consequências (extraída de CORREA, et al., 2006)

		CATEGORIAS DE FREQUÊNCIA				
		ER	RE	PP	PR	FR
SEVERIDADE	IV	MÉDIO	MÉDIO	NÃO TOLERÁVEL	NÃO TOLERÁVEL	NÃO TOLERÁVEL
	III	MÉDIO	MÉDIO	MÉDIO	NÃO TOLERÁVEL	NÃO TOLERÁVEL
	II	TOLERÁVEL	TOLERÁVEL	MÉDIO	MÉDIO	MÉDIO
	I	TOLERÁVEL	TOLERÁVEL	TOLERÁVEL	TOLERÁVEL	MÉDIO

Tabela 2 – Matriz de Risco (adaptada de RODRIGUEZ *apud* SOUZA e MARTINS, 2012)

Tabela 3 – Análise Preliminar de Perigos (APP) – etapas relativas ao processo de descarga do sistema navio-tanque para o sistema porto (TGL)

OPER	#	EVENTO DE PERIGO	DESCRIÇÃO DO EVENTO	DESCRIÇÃO DA CAUSA	FREQUÊNCIA DA CAUSA	AÇÃO DE MITIGAÇÃO DA CAUSA	CONSEQUÊNCIA LOCAL (navio-tanque, conexão e pier – TGL)	CONSEQUÊNCIA NA DESCARGA DO NAVIO-TANQUE	AÇÃO DE CONTINGÊNCIA DA CONSEQUÊNCIA	SEGURANÇA PESSOAL	EQUIPAMENTO	AMBIENTAL	CLASSIFICAÇÃO DE RISCO			
										1	2	3	1	2	3	#
PROGRAMAÇÃO	1	Mudanças das condições ambientais	Mudança de favorável para desfavorável	Erro na avaliação das condições meteorológicas	PROVÁVEL (PR)	Observar as condições meteorológicas e de mar antes de programar a vinda do navio-tanque	O navio-tanque não poderá realizar o descarregamento.	Não ocorrerá, prejudicando os consumidores locais.	Realizar o abastecimento local de granéis líquidos combustíveis de outra forma.	I	I	I	T	T	T	TOLERÁVEL
				Mudança inesperada das condições ambientais						I	I	I	T	T	T	TOLERÁVEL
	2	Falha na identificação do tipo de navio	O produto não pode ser descarregado no TGL	Falha na comunicação entre a VALE e a TRANSPETRO	POUCO PROVÁVEL (PP)	Checar a comunicação 24 horas antes da atracação e confirmar a informação	Não é possível conectar o mangote no navio	Não ocorrerá a descarga, prejudicando os consumidores locais	Abortar a operação e solicitar rebocador para retirar o navio	I	I	I	T	T	T	TOLERÁVEL
	3	Falha na informação sobre o deslocamento do navio	O navio-tanque não pode atracar no TGL	Falha na comunicação entre a VALE e a TRANSPETRO	POUCO PROVÁVEL (PP)	Checar a comunicação 24 horas antes da atracação e confirmar a informação	O navio não pode atracar	Não ocorrerá, prejudicando os consumidores locais	Abortar a operação e solicitar rebocador para retirar o navio	I	I	I	T	T	T	TOLERÁVEL
APROXIMAÇÃO	4	Falha do M.C.A. do navio-tanque	Parada no sistema Diesel-Gerador	Falha na manutenção	PROVÁVEL (PR)	Utilizar rotinas de manutenção rígidas com a utilização de roteiros (*check list* de atividades)	Falha das Bombas hidráulicas do navio-tanque	Não ocorrerá, prejudicando os consumidores locais	Abortar a operação e solicitar rebocador para retirar o navio	II	II	II	M	M	M	MÉDIO
				Falha de lubrificação												
				Falha do equipamento			Falha dos equipamentos de bordo									

| | | |

	8	Falha humana na manobra de aproximação do navio-tanque	Navio-tanque é operado de forma equivocada	Erro de manobrabilidade	PROVÁVEL (PR)	Utilizar rotinas rígidas de treinamento, com a utilização de roteiros (manuais) e simuladores	O Navio-tanque encalha. Possível colisão com outros navios ou estruturas	Possibilidade de colisão com impacto médio, seguido de incêndio. Não ocorrerá a descarga.	Abortar operação de aproximação	III	III	III	M	M	M	MÉDIO
	9	Mudança das condições ambientais	Mudança de favorável para desfavorável	Erro na avaliação das condições meteorológicas	PROVÁVEL (PR)	Observar as condições meteorológicas e de mar antes de adentrar na área de manobra	O navio-tanque não poderá continuar o descarregamento. Poderá haver rompimento do mangote	Não ocorrerá, prejudicando os consumidores locais. Risco de incêndio e explosões	Executar procedimento de afastamento do navio-tanque em relação ao TGL utilizando o MCP. Acionar brigada de incêndio	IV	IV	IV	NT	NT	NT	NÃO TOLERÁVEL
	10	A equipe está em conflito	Os integrantes da equipe não se entendem e brigam	Conflitos internos	POUCO PROVÁVEL (PP)	Troca de componentes da equipe	O navio-tanque se aproxima do TGL de forma irregular. Equipamentos do píer não disponíveis	Não ocorre a descarga, prejudicando os consumidores. Risco de derramamento do produto.	Executar procedimento de afastamento do navio-tanque em relação ao TGL utilizando o MCP. Equipe de contenção	II	II	II	M	M	M	MÉDIO
PREPARAÇÃO	11	A equipe é inexperiente	Os componentes da equipe realizaram poucas operações deste porte e tipo	Problemas de treinamento ou trabalhistas	POUCO PROVÁVEL (PP)	Troca de componentes da equipe. Treinamento exaustivo.	O navio-tanque se aproxima do TGL de forma irregular. Equipamentos do píer não disponíveis	Não ocorre a descarga, prejudicando os consumidores. Risco de derramamento do produto e incêndio.	Executar procedimento de afastamento do navio-tanque em relação ao TGL utilizando o MCP. Equipe de contenção ou de combate ao incêndio	III	III	III	M	M	M	MÉDIO

ATRACAÇÃO	12	Mudança das condições ambientais	Mudança de favorável para desfavorável	Erro na avaliação das condições meteorológicas	PROVÁVEL (PR)	Observar as condições meteorológicas e de mar antes de adentrar na área de manobra	O navio-tanque não poderá continuar o descarregamento ou descarregar. Poderá haver rompimento do mangote	Não ocorrerá, prejudicando os consumidores locais. Risco de incêndio e explosões	Executar procedimento de afastamento do navio-tanque em relação ao TGL utilizando o MCP. Acionar brigada de incêndio	III	III	III	NT	NT	NÃO TOLERÁVEL
	13	Execução de manobras arriscadas	Devido a pressões comerciais para atracação do navio-tanque e seu rápido descarregamento	Falha da programação em relação ao navio	FREQUENTE (FR)	Programar o navio com antecedência de 48 horas antes da operação de descarga	Sobrecarga no MCP do navio-tanque. Possibilidade de colisão com impacto alto, seguida de incêndio em condição ambiental desfavorável	Não ocorrerá a descarga, prejudicando os consumidores locais. Risco de derramamento do produto e incêndio.	Solicitar auxílio de rebocador. Deixar a brigada de incêndio de prontidão	II	II	II	M	M	MÉDIO
				Erro de julgamento da manobra											
	14	Mudança das condições ambientais	Mudança de favorável para desfavorável	Erro na avaliação das condições meteorológicas	PROVÁVEL (PR)	Observar as condições meteorológicas e de mar antes de adentrar na área de manobra	O navio-tanque não poderá continuar o descarregamento. Poderá haver rompimento do mangote	Não ocorrerá, prejudicando os consumidores locais. Risco de incêndio e explosões	Executar procedimento de afastamento do navio-tanque em relação ao TGL utilizando o MCP. Acionar brigada de incêndio	II	II	II	M	M	MÉDIO
				Mudança inesperada das condições ambientais											

15	Falha do M.C.A. do navio-tanque	Parada no sistema Diesel-Gerador	Falha na manutenção	Falha de lubrificação		PROVÁVEL (PR)	Utilizar rotinas de manutenção rígidas com a utilização de roteiros (*check list* de atividades)	Falha das Bombas hidráulicas do navio-tanque	Falha dos equipamentos de bordo	Não ocorrerá, prejudicando os consumidores locais	Abortar a operação e solicitar rebocador para retirar o navio	I	I	I	T	T	T	TOLERÁVEL			
				Falha do equipamento																			
16	Perda do Sistema de Governo	Incapacidade de Operar o Sistema de Governo do navio	Falha da manutenção			POUCO PROVÁVEL (PP)	Utilizar rotinas de manutenção rígidas com a utilização de roteiros (*check list* de atividades)	Navio-tanque sem governo. Possibilidade de colisão com o pier (TGL)		Não ocorrerá, prejudicando os consumidores locais	Abortar a operação e solicitar rebocador para retirar o navio	II	II	II	M	M	M	MÉDIO			
17	Falha do posicionamento dinâmico	Perda de Posição	Problema do *Thruster*	Falha da manutenção		PROVÁVEL (PR)	Utilizar rotinas rígidas de manutenção, com a utilização de roteiros (*check list* de atividades)	Incapacidade de manutenção da posição do navio-tanque		Possibilidade de colisão com impacto médio, seguido de incêndio	Abortar operação de atracação	II	II	II	M	M	M	MÉDIO			
				Problemas de geração			Utilização de rotinas de manutenção de geradores				Executar procedimento de afastamento do navio-tanque em relação ao TGL utilizando o MCP ou o rebocador												
			Problemas com o Satélite GPS				Verificar aviso aos navegantes sobre informações de satélite																
18	Falha da equipe de atracação do navio-tanque	A equipe erra na manobra de atracação	Negligência, imprudência ou imperícia da equipe			POUCO PROVÁVEL (PP)	Utilizar rotinas de treinamento rígidas com a utilização de roteiros (*check list* de atividades)	O navio-tanque não atraca e não ocorre a descarga. A insistência leva a colisão		Não ocorrerá a descarga, prejudicando os consumidores locais	Trocar a equipe. Se for necessário, solicitar rebocar para a retirada do navio-tanque	III	III	III	M	M	M	MÉDIO			

| | | |

| | | |

25	Execução de manobras arriscadas	Devido a pressões comerciais para atracação do navio-tanque e seu rápido descarregamento	Falha da programação em relação ao navio	Erro no julgamento da manobra	FREQUENTE (FR)	Programar o navio com antecedência de 48 horas antes da operação de descarga	Sobrecarga no MCP do navio-tanque. Possibilidade de colisão com impacto alto, seguida de incêndio em condição ambiental desfavorável	Não ocorrerá a descarga, prejudicando os consumidores locais. Risco de derramamento do produto e incêndio.	Solicitar auxílio de rebocador. Deixar a brigada de incêndio de prontidão	III	III	III	NT	NT	NT	NÃO TOLERÁVEL
26	Falha humana na operação de conexão manifold (pier) e navio-tanque	Inexperiência do operador	O operador não conhece os procedimentos		PROVÁVEL (PR)	Treinamento dos operadores da conexão	O navio-tanque não realizar a descarga. Possível vazamento nos sistemas	Não ocorrerá a descarga do produto, prejudicando os consumidores. Risco de derramamento do produto e de incêndio	Deixar a brigada de incêndio e o pessoal da contenção de prontidão	III	III	III	NT	NT	NT	NÃO TOLERÁVEL
		Cansaço do operador	Baixa concentração na realização da atividade de conexão			Estabelecer horário de descanso e regular hora de trabalho										

| | | |

																		NÃO TOLERÁVEL
																	NT	
																NT		
															NT			
														IV				
													IV					
												IV						
										Executar procedimento de afastamento do navio-tanque em relação ao TGL utilizando o MCP. Acionar brigada de incêndio								
									Não ocorrerá, prejudicando os consumidores locais. Risco de incêndio e explosões									
								O navio-tanque não descarrega. Possível incêndio										
							Realizar manutenção preventiva											
							Realizar manutenção corretiva											
						POUCO PROVÁVEL (PP)												
					Falta de manutenção													
			Os tanques não estão recebendo o produto															
		Falha da tubulação de conexão entre os tanques de armazenamento e o TGL (píer)	Há vazamento de produto no TGL															
			Os tanques de armazenamento estão vazando															
				Inexperiência do operador	O operador não conhece os procedimentos													
					Baixa concentração na realização da atividade de operar o mangote													
				Cansaço do operador														
						PROVÁVEL (PR)												
							Treinamento dos operadores do mangote											
							Estabelecer horário de descanso e regular hora de trabalho											
								O navio-tanque não realiza desatracação. Possível vazamento nos sistemas										
									Não ocorrerá desatracação do navio-tanque, prejudicando os consumidores. Risco de derramamento do produto e de incêndio									
										Deixar a brigada de incêndio e o pessoal da contenção de prontidão								
											III							NÃO TOLERÁVEL
												III					NT	
													III			NT		
														III				
															III			

| | | |

| | | |

6.0. COMENTÁRIOS FINAIS:

Como visto, um evento indesejado (falha) conjugado com uma consequência forma um perigo, que deve ser considerado na instalação, ou na ampliação ou na reforma de uma planta industrial (KUMAMOTO, 1996). A Análise Preliminar de Perigos – APP ou PHA (do inglês *Preliminary Hazard Analysis*) se presta a identificar os perigos e possíveis falhas e qualificar suas causas e consequências, bem como sugerir medidas corretivas ou a criação de obstáculos (barreiras) para evitar acidentes, ou seja, a concretização do potencial perigo.

Um evento de perigo, portanto, é resultado de um encadeamento de eventos provocados ou não pelo homem, que poderá resultar em perdas de vidas humanas, em danos a equipamentos, ao meio ambiente ou uma conjugação destes. Em qualquer planta industrial é preciso estar atento a tais eventos indesejáveis.

Em qualquer planta industrial é preciso estar atento aos eventos de perigos e às respectivas falhas associadas. Não é diferente em uma planta que se presta a descarga e a carga de materiais combustíveis, objeto deste estudo. Aqueles que estão à frente das operações de carga e de descarga de produtos derivados de petróleo para uma área de armazenamento, advindos de navios-tanque, por ocasião de sua atracação em terminais portuários com esta finalidade, devem ficar atentos e cientes dos riscos envolvidos. Para tanto, o levantamento preliminar dos perigos associados, oferece uma salutar possibilidade de evitar os efeitos de uma combinação de eventos inicializadores de um acidente.

7.0. REFERÊNCIAS:

ALFREDINI, Paolo. ARASAKI, Emilia. **Obras e Gestão de Portos e Costas.** 2. Ed. São Paulo: Edgard Blucher. 2009.

BREBBIA, C. A. *et alli*. **Environmental Problems in Coastal Regions VI (including oil and chemical spill studies)**. Relatórios. UK: Wessex Institute Technology. 2006.

DEACON, T.; AMYOTTE; KHAN, F. I.. **Human error risk analysis in offshore emergencies.** Reliability Engineering and System Safety, Jul/2010, Vol. 48, pp.603-818. ELSEVIER.

ERICSON, C. A. **Hazard Analysis Techniques for System Safety**. New Jersey: John Wiley & Sons, 2005.

FORTES, Fabiano Sales Dias. **Influência do gerenciamento de riscos no processo decisório: análise de casos.** São Paulo. 2011. 145p. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia Naval e Oceânica. 2011.

HÄNNINEN, Maria; KUJALA, Pentti. **Influences of variables on ship collision probability in a Bayesian belief network model.** Reliability Engineering and System Safety, Jun/2012, Vol.102, pp.27-40. ELSEVIER.

ISO /IEC 31010 Ed. 1.0. **Risk Management – Risk Assessment Techniques.** 2008.

KUMAMOTO, Hiromitsu; HENLEY, Ernest J.. **Probabilistic risk assessment and management for engineers and scientists.** 2. Ed. New Jersey. U.S.A.: IEEE Reliability Society. 1996.

MARTINS, Marcelo Ramos. **Considerações sobre Análise de Confiabilidade e Risco.** São Paulo. 2013. 900p. Livre Docência. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia Naval e Oceânica. 2013.

MATURANA, Marcos Coelho. **Application of Bayesian Belief networks to the human reliability analysis of an oil tanker operation focusing on collision accidents**. Reliability Engineering and System Safety, Fev/2013, Vol.110, pp.89-109. ELSEVIER.

GOYANO, F. H. T. C.. Preliminary Hazard Analysis of Fire Systems of Tankers,

International Society of Offshore and Polar Engineers (ISOPE), Jul 1-6, p. 3669-3676, 2007.

MATURANA, Marcos Coelho. **Aplicação das Redes Bayesianas na análise da contribuição do erro humano em acidentes de colisão.** São Paulo. 2009. 161p. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia Naval e Oceânica. 2009.

MODARRES, Mohammad. **Risk Analysis in Engineering: Techniques, Tools and Trends**. 1. Ed. London: Taylor & Francis. 2006.

KAMINSKIY, Mark; KRIVTSOV, Vasiliy. **Reliability engineering and risk analysis: a pratical guide**. 2. Ed. U.S.A.: CRC Press. 2010.

PEREIRA, Sérgio Leite. **Avaliação da Modernização Portuária no Desenvolvimento da Cidade do Rio de Janeiro.** Rio de Janeiro. 2012. 147p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana). Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Engenharia Urbana. COPPE. 2012.

PETROBRAS TRANSPORTES S.A. – TRANSPETRO. **Informações Portuárias. Terminal Vitória/ Norte Capixaba/ Barra do Riacho**. 2. Ed. Rio de Janeiro: 2012.

RODRÍGUEZ, Carmen Elena Patino. **Análise de Risco em Operações de "Offloading" – um modelo de avaliação probabilística dinâmica para a tomada de decisão.** São Paulo. 2012. 265p. Tese (Doutorado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia Mecatrônica e de Sistemas Mecânicos.

RYCHLINK, Igor; RYDÉN, Jesper. **Probability and Risk Analysis: An Introduction for Engineers.** USA: Springer-Verlag. 2010.

SILVA, Dennis Wilfredo Roldán. **Análise de Falhas e suas Consequências na operação de Navios Transportadores de Gás Natural Liquefeito (GNL).** São

Paulo. 2013. 206p. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia Mecatrônica e de Sistemas Mecânicos II.

SINGPURWALLA, Nozer D.. **Reliability and Risk: A Bayesian Perspective (Wiley Series in Probability and Statistics**). 1. Ed. USA: John Wiley & Sons. 2006.

TSINKER, Gregory P.. **Port Engineering: Planning, Construction, Maintenance, and Security.** USA. 2004.

ZIMMER, Henrique Germano. Diagnóstico dos Portos no Espírito Santo. 2008. Disponível em http://www.vitoria.es.gov.br/arquivos/20110511_agendavix_portos_diag.pdf. Consulta em 20.10.2012.

Estimativa numérica do fator de forma de embarcações

Marcos Felipe B.P. de Araujo. Engenheiro Naval. Universidade de São Paulo (USP). marcos.bettini@usp.br; Telefone: +55 +22 8141-4036;
Prof. Dr. Kazuo Nishimoto. Engenheiro Naval. Universidade de São Paulo (USP) & Tanque de Provas Numérico (TPN). knishimo@usp.br;

RESUMO

Os ensaios de resistência ao avanço visam obter, através de modelos em escala reduzida e métodos de extrapolação, o valor da resistência total de embarcações em escala real, possibilitando o dimensionamento do sistema propulsivo, isto é, a definição do motor e hélice. Durante os ensaios de reboque, muitos laboratórios assumem como padrão o método proposto pela ITTC, em que se assume que o valor do fator de forma é constante, independentemente de Froude e Reynolds. Porém, há alguns trabalhos que questionam a hipótese da ITTC, mostrando que o valor de (1+k) varia com o aumento da escala de forma crescente. Tal fato pode fazer com que o valor da resistência total seja subestimado, assim como o projeto do sistema propulsivo. Com o intuito de averiguar o efeito da escala na estimativa do fator de forma obteve-se, numericamente, o valor da resistência ao avanço do casco DTMB 5415 utilizando-se *double-model*, para diferentes escalas, mantendo-se o número de Froude constante. Negligenciando-se a parcela relativa à geração de ondas e utilizando-se a linha de correlação da ITTC'57, foi possível obter da parcela de resistência viscosa os valores de (1+k) para cada escala, concluindo se a hipótese adotada para o fator de forma é adequada. Também se avaliou numericamente o coeficiente friccional de placa plana, confrontando os resultados obtidos com as linhas de correlação de Grigson, Schoenherr e ITTC'57. Algumas diferenças foram observadas entre as curvas obtidas e avaliou-se a possibilidade da utilização de uma linha de correlação, distinta daquela utilizada como padrão por grande parte dos laboratórios que realizam ensaio de resistência ao avanço. O *software* de *CFD* utilizado nas análises foi o *StarCCM+* da empresa *CD-Adapco*, o qual utiliza a metodologia *RANSE*.

Palavras-chave: Resistência ao avanço, fator de forma, linhas de correlação, *double-model*, Froude.

1. INTRODUÇÃO

Na última década houve um desenvolvimento dos *softwares* de fluido dinâmica computacional (CFD), com destaque para a área naval e offshore. Apesar dos avanços da dinâmica dos fluidos experimental (EFD), o conhecimento sobre o escoamento na região próxima ao casco, associada com o movimento da embarcação, estão além do que a tecnologia experimental pode oferecer. Além disso, como o custo e tempo requeridos para as simulações numéricas são bem menores do que para os testes com modelos em escala reduzida, os programas de CFD têm se mostrado cada vez mais presentes em projetos de maneira geral.

A principal utilização de CFD dentro da área naval ainda é para a estimativa de resistência ao avanço, pois mesmo um pequeno ganho no valor de resistência da embarcação se torna significativo ao longo dos anos de operação, visto a quantidade de combustível consumida ao longo de sua vida útil.

No ano de 1867 William Froude apresentou seu estudo, que foi desenvolvido através de modelos em escala reduzida, em que decompôs a resistência ao avanço de cascos em parcelas friccionais e residuais e constatou que modelos geometricamente semelhantes, isto é, com escalas distintas, apresentariam semelhança nos fenômenos referentes à forma. Este fato, entretanto, não pôde ser observado para a parcela de resistência friccional, que foi obtida através de ensaios de reboque de uma placa plana, cuja área molhada e comprimento eram equivalentes à do modelo ensaiado. Através dos dados experimentais, foi possível obter regressões para a estimativa do coeficiente de resistência friccional. Em 1957 a International Towing Tank Conference (ITTC) propôs uma linha de correlação para a estimativa do coeficiente friccional, $C_{F,}$ em função de Reynolds:

$$C_F = \frac{0{,}075}{(logRe - 2)^2} \tag{1.1}$$

Onde *Re* é o número de Reynolds. Atualmente a correlação (1.1) tem sido utilizada como padrão, porém, existem outras linhas de correlação tais como a de Schoenherr e Grigson.

Em 1978, com o intuito de se melhorar o método tradicional de estimativa de resistência ao avanço, a ITTC introduziu o conceito de fator de forma para navios:

$$C_{TS} = C_{TM} + (1+k)(C_{FS} - C_{FM}) + \Delta C_F + C_{AA} + C_{Ap} \quad (1.2)$$

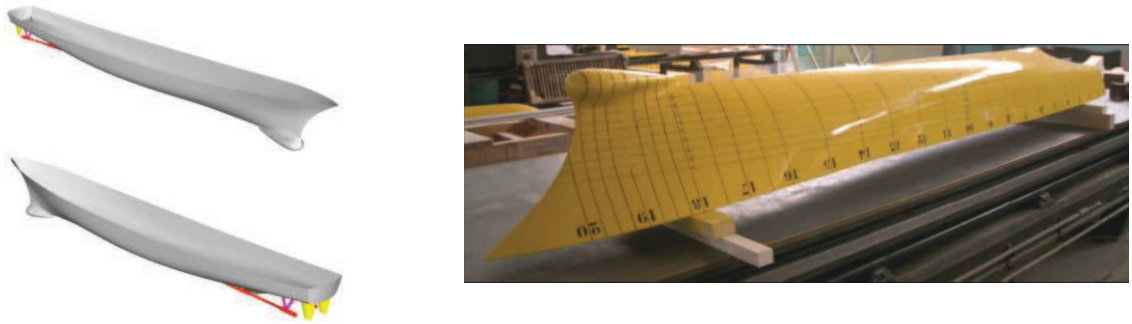
Onde o termo C_T é o coeficiente de resistência total, ΔC_F e C_{AA} são correções para a rugosidade e resistência do ar, respectivamente, e C_{Ap} refere-se à resistência de apêndices. O sub-índice 'S' refere-se ao protótipo e 'M' ao modelo em escala reduzida. O termo (1+k), também conhecido como fator de forma, associa a resistência de forma, decorrente da distribuição de pressão sobre o casco, à resistência viscosa e foi definido pela ITTC considerando-se duas suposições:

1° O fator de forma do modelo é o mesmo que o fator de forma do navio na escala real;
2° O fator de forma é independente da velocidade de avanço;

O presente trabalho objetiva avaliar se o fator de forma é constante, assim como proposto pela ITTC. Diferentes escalas do casco DTMB5415 foram simuladas através da metodologia de *double-model*, em que a superfície livre foi desconsiderada, ou seja, os coeficientes de resistência viscosa e total foram considerados equivalentes. Assim, foi possível obter o valor do fator de forma para cada escala adotada, considerando o mesmo número de Froude.

2. CASCO UTILIZADO

O *David Taylor Model Basin* (DTMB) 5415 foi concebido como um projeto preliminar de um navio de combate da marinha. A geometria do casco apresenta sonar na região de proa e popa transom. A propulsão é fornecida por dois hélices cujos eixos são suportados por pés de galinha, porém, no caso do presente trabalho, foi utilizado casco nu, desconsiderando também a presença do leme.



(a) (b)

Figura 2.20 - a)Representação em CAD do DTMB5415; b)Modelo físico utilizado em ensaios no tanque de provas do IPT

A Figura 2.20 ilustra o modelo do casco em 3D e o modelo físico que foi ensaiado no Tanque de Provas do Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (IPT). As características do protótipo e do modelo em escala reduzida encontram-se na Tabela 2.1.

Tabela 2.1 - Características do DTMB5415

Escala	1:1	1:46,59
Lpp [m]	142,00	3,05
Lwl [m]	142,18	3,05
Bwl [m]	19,06	0,41
T [m]	6,15	0,13
Deslocamento [m³]	8424,40	0,08
S [m²]	2972,60	1,37
Velocidade de projeto [m/s]	18,00	2,64
Froude de projeto	0,48	0,48

Por se tratar de um projeto preliminar, o casco em escala 1:1 não foi construído e consequentemente há medições ou testes disponíveis apenas em escalas reduzidas.

3. FLUIDO DINÂMICA COMPUTACIONAL

A utilização de CFD na área naval e offshore geralmente está focada em problemas hidrodinâmicos. Na maioria dos problemas a serem resolvidos deseja-se calcular as componentes de pressões e velocidade globais do fluido ao redor do casco ou plataforma. Dessa forma, é possível determinar as forças e momentos que agem nesses corpos, sendo o regime permanente ou transiente. Normalmente adotam-se

hipóteses usuais em simulações na área naval para o escoamento ao redor de embarcações, isto é, que o fluido seja incompressível, homogêneo e isotérmico. Também é possível adotar outras hipóteses considerando o comportamento do fluido, dependendo da natureza do problema e os efeitos de interesse. No caso do presente trabalho o interesse está no regime permanente e a única força de campo adotada será a gravitacional.

As equações de conservação que regem o escoamento para os casos em estudo são a equação da continuidade e a equação do momento linear, dadas respectivamente por (3.1) e (3.2):

$$\frac{d\rho}{dt} + \nabla.(\rho\vec{u}) = 0 \tag{3.1}$$

$$\rho\frac{\partial\vec{u}}{\partial t} + \rho(\vec{u}\cdot\nabla)\vec{u} = \mu\nabla^2\vec{u} + [\rho\vec{g} - \nabla.p] \tag{3.2}$$

Onde ρ é a densidade do fluido, μ é sua a viscosidade, $\vec{u}$ é o vetor velocidade e $\vec{g}$ é o campo gravitacional.

As equações anteriores são suficientes para a descrição de escoamento incompressível e laminar. Sendo também uma descrição do continuo, elas são não-lineares e estão sujeitas às instabilidades (turbulências). Isso faz com que as equações não possam ser resolvidas analiticamente exigindo métodos numéricos para resolver o escoamento. Na verdade são realizadas aproximação numérica da equação diferencial, obtendo-se uma solução para um número discreto de pontos, com um determinado erro, esperando que quanto maior for este número de pontos, mais perto da solução exata será a aproximação.

Os métodos de discretização tem função de aproximar as equações diferenciais que definem o escoamento por equações algébricas. Existem três principais métodos de discretização: volumes finitos, elementos finitos e diferenças finitas. O *software* adotado na pesquisa utiliza volumes finitos em que o domínio fluido é dividido em um número finito de volumes contíguos nos quais as leis de conservação serão aplicadas.

Geralmente assume-se que as componentes do fluxo de velocidade e pressão consistem em um valor médio com flutuações sobrepostas. Essas flutuações são limitadas a permanecer dentro de um espectro de valores em termo de frequência e amplitude. Tal espectro, de energia cinética de turbulência, pode ser analisado utilizando ferramentas estatísticas, pelas quais uma variedade de formulações para a conservação da massa e momento pode ser obtida.

Dentre as análises realizadas no referido espectro a mais conhecida, e que será utilizada na presente pesquisa, é conhecida como média de Reynolds e forma a base para o Reynolds-averaged Navier Stokes Equation (RANSE).

$$\frac{\partial \overline{u_i}}{\partial t} + \frac{\partial (\overline{u_j}\,\overline{u_i})}{\partial x_j} = -\frac{1}{\rho}\frac{\partial \bar{p}}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j}\left(\vartheta \frac{\partial \overline{u_i}}{\partial x_j} - \left(\overline{u_j'}\,\overline{u_i'}\right)\right) \tag{3.3}$$

A equação (3.3) é a forma conservativa da equação RANSE. O termo $\vartheta \frac{\partial \overline{u_i}}{\partial x_j}$ é a tensão viscosa enquanto que $\overline{u_j'}\,\overline{u_i'}$ é chamado de tensor de Reynolds ou tensão turbulenta.

Pode-se verificar que as equações resultantes do método RANSE não estão fechadas, isto é, o número de variáveis é superior ao número de equações, por conta dos tensores de Reynolds. O fechamento do problema requer algumas aproximações, o que em geral significa prescrever os valores destes termos. A estas aproximações se dá o nome de modelos de turbulência.

A maioria dos modelos de turbulência é baseado na hipótese de Boussinesq e podem ser divididos de acordo com o número de equações a serem resolvidas, para realizar o fechamento da solução do escoamento. No caso do presente trabalho será utilizado o modelo k-ε, ou seja, um modelo com equações para a energia cinética turbulenta e outra para a dissipação da energia turbilhonar, que podem ser encontradas na literatura.

O modelo de Boussinesq, embora seja muito utilizado, apresenta inconsistências em sua concepção, pois para a sua realização Boussinesq associou as tensões

viscosas, que estão em um nível molecular, com as tensões turbulentas, que estão no nível do contínuo. A associação citada é uma aproximação e dessa forma os modelos numéricos são capazes, apenas, de representar a mesma tendência do ensaio experimental.

A condição imposta na superfície do casco está relacionada com a camada limite. Quanto mais próximo à superfície maior são os gradientes das variáveis do escoamento e dessa forma, um grande número de volumes é requerido próximo à parede para resolver os gradientes. Além disso, quanto mais próximo ao casco, menores são as flutuações turbulentas e os efeitos de viscosidade se tornam importantes na região conhecida como sub-camada limite. Essa mudança na estrutura turbulenta mostra que os modelos de turbulência padrões não são válidos na parede e dessa forma um tratamento especial na parede é necessário, chamados funções de parede. Nas análises via CFD o valor de interesse quando se faz referências à lei de parede é o adimensional y+, definido por:

$$y^+ = \frac{y\rho u_T}{\mu} \tag{3.4}$$

Onde a velocidade friccional é dada por:

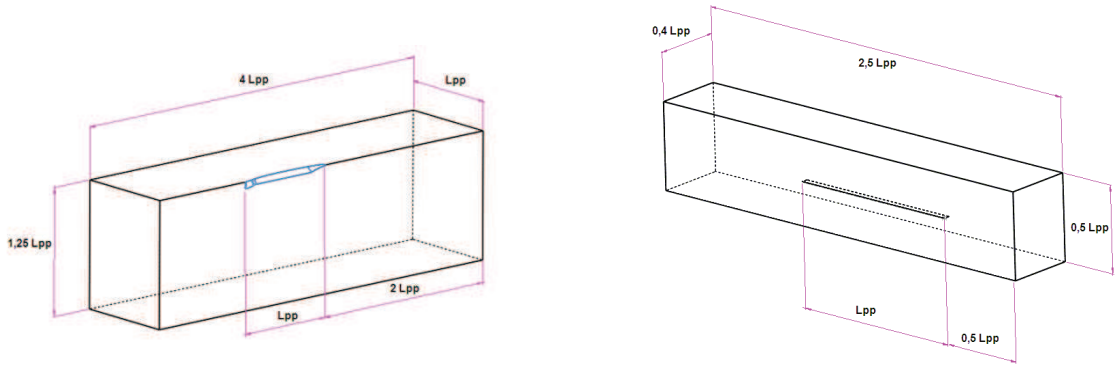
$$u_T = \left(\frac{T_W}{\rho}\right)^{\frac{1}{2}} \tag{3.5}$$

O valor da distância da primeira célula ao corpo analisado, dado por y na fórmula (3.4), deve ser fornecido ao *software* para que o cálculo de y+ seja possível, enquanto que o valor de T_W e u_T são calculados automaticamente. Assim, na realidade, os valores de y+ encontrados nas simulações, que variaram entre 30 e 50, são consequência dos *inputs* realizados. De acordo com Péric M. (2010) e Repetto R. A. (2001) a faixa de valores de y+ obtidos está adequada para o caso de modelos em escala reduzida.

3.1 Definição do domínio computacional

Em escoamentos externos é necessário limitar as dimensões do domínio computacional (região de análise), tornando-o uma região fechada. A escolha dessas dimensões, no entanto, não é arbitrária, uma vez que nas fronteiras do domínio computacional são impostas condições de contorno que influenciam a

solução do problema. Após levantar dados de dimensões de domínios computacionais encontrados em trabalhos publicados, tais como Ahmed Y.M.(2011), Baos R. et al (2011), Dávila M. et al (2011) e Peric M. (2010) definiu-se, parametricamente, os valores para o domínio computacional, que foram utilizado nas simulações de placa plana e casco *double-model*. A Figura 3.21 ilustra as dimensões dos domínios utilizados para análise de placa plana e do casco.

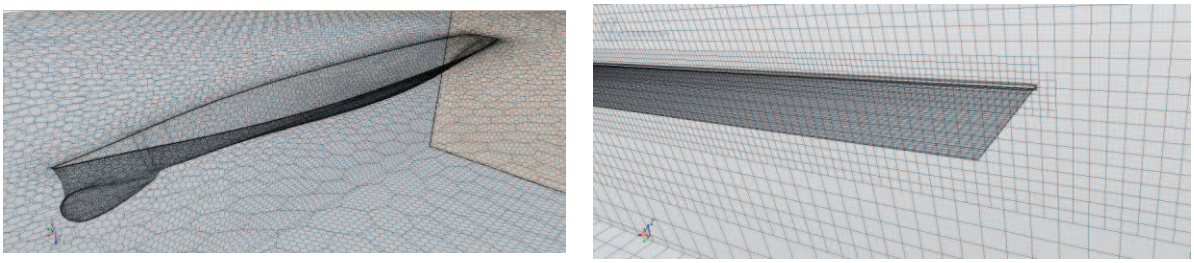


(a) (b)

Figura 3.21 - Dimensões do domínio computacional para: a) Casco do DTMB5415 (*double-model*); b) Placa plana

3.2 Malha numérica

A decisão pelo tipo de malha depende de certos fatores como o nível de complexidade da geometria do corpo que foi submetido à análise. Nas simulações com placas planas optou-se pela malha hexaédrica, já que o formato do objeto é relativamente simples, enquanto que para as análises do casco, nas suas diferentes escalas, foi utilizada a malha poliédrica, Figura 3.22. A escolha da malha poliédrica à tetraédrica foi por conta da eficiência computacional, conforme apresentado no trabalho de Péric M. (2004).



(a) (b)

Figura 3.22 – Tipo de malha utilizada: a) DTMB5415 - Malha poliédrica; b) Placa plana - Malha hexaédrica

O efeito da quantidade de elementos das malhas sobre os resultados também foi analisado, através do refino sistemático das malhas, ou seja, para todos os casos estudados foram realizadas análises de convergência numérica, em que se buscou resustados que fossem independentes da malha.

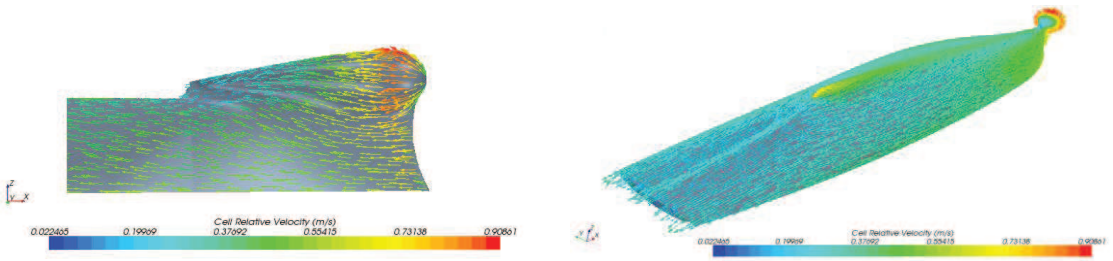
3.3 Condições auxiliares

Para as simulações do modelo DTMB5415 e para a placa plana, as condições impostas nas fronteiras do domínio computacional foram a de velocidade constante na região de entrada, pressão atmosférica na região de saída e impermeabilidade nas paredes do domínio, sem considerar a rugosidade, ou seja, aplicou-se a condição de *free-slip.* Para as superfícies dos corpos em estudo também se aplicou a condição de impermeabilidade, porém com condição de *no-slip*, ou seja, considerou-se a rugosidade.

Embora o interesse esteja no regime permanente, foi utilizado o regime transiente nas simulações, por questões de estabilidade da solução. Porém, não houve problemas para a obtenção dos resultados, pois para o caso em questão o fenômeno em regime permanente pode ser obtido ao final das simulações transientes. Quando se adota o regime transiente é importante que haja conhecimento prévio das características gerais do escoamento, para que seja avaliada a aplicação da condição de simetria. Há casos em que a geometria apresenta planos de simetria com relação ao escoamento, porém, o escoamento não é simétrico como, por exemplo, o escoamento em torno de cilindros para determinado Reynolds, em que surgem variações cíclicas do campo de pressões, gerando movimentos de vibração, isto é, o fenômeno chamado *vortex-induced vibrations* (VIV).

Nos casos estudados no presente trabalho a adoção da condição de simetria foi adequada, visto que a placa plana apresenta geometria esbelta, que pouco altera o escoamento incidente. Por conta da baixa espessura das placas, assumiu-se que não haveria parcelas de resistência relativas à forma e consequentemente as linhas de fluxo contornariam a placa de maneira simétrica. O casco utilizado também apresenta geometria esbelta e dessa forma os gradientes de velocidade e pressão

não são acentuados, Figura 3.23 (b), com exceção da região do sonar, na proa, que proporciona elevada aceleração do fluido, Figura 3.23 (a). Segundo Repetto R.A. (2001), na maioria dos casos de embarcações em avanço o escoamento é simétrico, podendo-se utilizar nas análises apenas metade da geometria, conforme foi realizado com o modelo DTMB5415.



(a) (b)

Figura 3.23 – Escoamento ao redor do casco do DTMB5415 de Lpp = 5,72 m e 0,75 m/s: a) Região do sonar; b) Região de popa

Nota-se, na Figura 3.24, mais algumas características do escoamento em torno do casco como, por exemplo, o crescimento da camada limite ao longo do seu comprimento sem que houvesse o fenômeno de separação, e indiretamente o diferencial de pressão entre a proa e popa, que influi na resistência ao avanço.

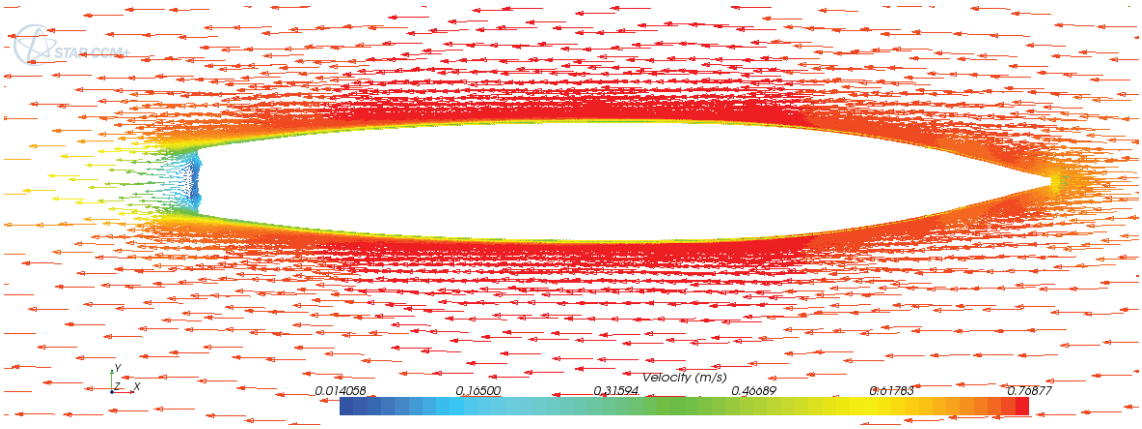


Figura 3.24 - Escoamento ao redor do casco do modelo DTMB5415 para Lpp = 5,72 e 0,75 m/s

5. RESULTADOS

4.1 Generalidades das simulações

O *software* utilizado em todas as simulações foi o StarCCM+. As equações de conservação de massa e momento, juntamente com as equações que descrevem a turbulência, foram resolvidas através de métodos iterativos e segregados, com base no algoritmo SIMPLE. Todas as integrais de superfície e de volume foram aproximadas usando a regra do ponto médio e as aproximações da interpolação e do gradiente foram baseadas em funções lineares. Uma vez que a precisão do tempo nos casos estudados aqui não é de importância, o esquema implícito de Euler de primeira ordem foi utilizado para integração no tempo.

O número de iterações entre cada *time-step* é definido com base na busca pela melhor convergência durante as simulações, isto é, não há um meio direto que defina a variável em questão. Assim, a média da quantidade de iterações para cada avanço temporal, obtido dentre as simulações realizadas, foi de aproximadamente dez.

O valor do *time-step* foi definido buscando-se uma solução estável, definida através do número de Courant, que fornece a informação do escoamento em relação à uma célula da malha:

$$Co = \frac{v\Delta t}{\Delta x} \tag{4.1}$$

O valor de Δx utilizado na fórmula (4.1) foi obtido pela análise de convergência numérica e o valor da velocidade é conhecido, assim, para se encontrar o número de Courant resta definir Δt. De acordo com Fortuna A. O. (2000), deve-se buscar valores de Δt que forneçam Co ≤ 1, por questões de estabilidade e veracidade da física do escoamento.

A condição de parada utilizada nas simulações foi o erro absoluto, cujo valor de referência adotado foi de € = 1,0E-04.

4.2 Fator de Forma

Foram realizadas simulações de resistência ao avanço, utilizando a metodologia de *double-model*, para nove valores de escalas reduzidas do casco DTMB5415, de forma a manter Froude constante. O valor de Froude considerado foi de 0,1, pois se trata de situações em que não há efeitos significativos de geração de ondas e com isso pretendeu-se minimizar os efeitos da desconsideração da superfície livre. Para cada caso foi obtido o valor do coeficiente de resistência total, que foi considerado equivalente ao valor do coeficiente viscoso. A Tabela 4.2 apresenta os valores de resistência para cada caso analisado.

O mesmo tipo de ensaio e quantidade de simulações foi realizado com placas planas, que apresentaram equivalências nos comprimentos e áreas molhadas dos cascos em suas diferentes escalas. Devido à pequena espessura da chapa, considerada como desprezível, os valores de resistência total obtidos nesses casos foram considerados iguais à resistência friccional, pois não há influência de forma, tais como geração de vórtices.

Tabela 4.2 – Dados das simulações dos cascos, realizados através do StarCCM+

Lpp [m]	Escala	Área [m²]	Velocidade [m/s]	Resistência [N]
1,62	87,41	0,39	0,4	0,16
3,05	46,59	1,37	0,55	0,9
5,72	24,83	4,82	0,75	4,946
10,73	13,23	16,97	1,02	30,47
20,13	7,05	59,76	1,40	177,79
37,77	3,76	210,36	1,92	1050,15
47,79	2,97	336,79	2,16	2201,77
62,63	2,27	578,26	2,48	5008,12
70,88	2,00	740,43	2,63	6529,1

Para cada resultado encontrado através das simulações com placas planas, todas considerando Froude de 0,1, o correspondente coeficiente friccional foi comparado com a linha de correlação da ITTC. O gráfico da Figura 4.25 ilustra a comparação mencionada. Observa-se que para valores de Reynolds maiores que 2,0E+07 os pontos obtidos numericamente são superiores aos fornecidos pela ITTC, enquanto

que para valores até o mencionado Reynolds, isto é, o valor máximo comumente encontrado em tanques de provas, os pontos são semelhantes.

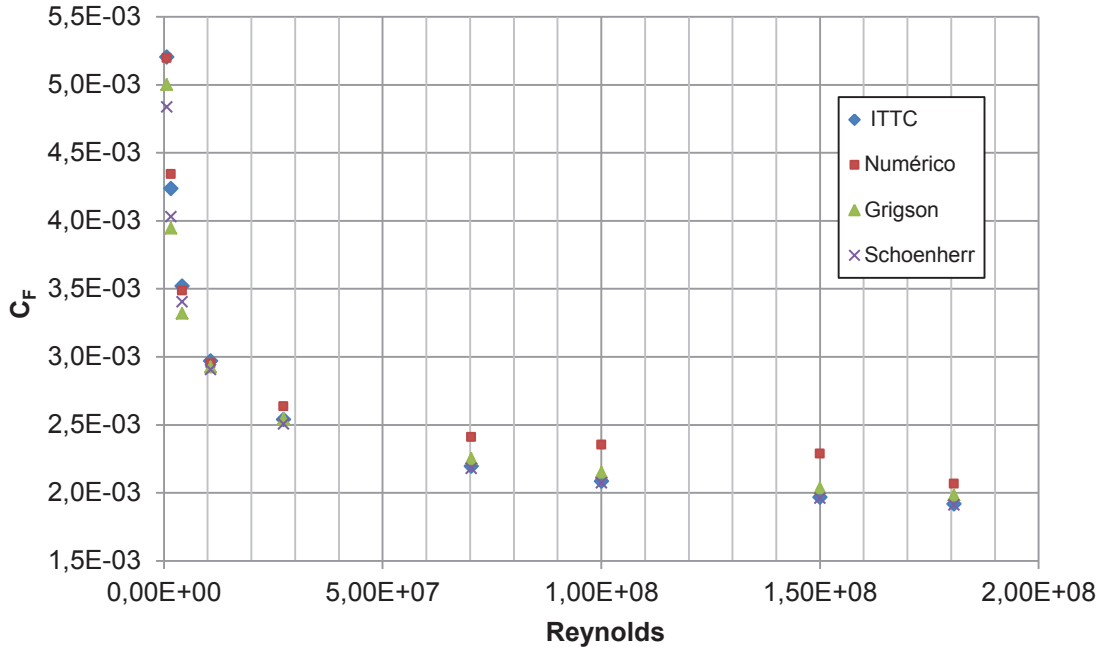


Figura 4.25 - Gráfico de C_F por Reynolds, obtido numericamente e pela linha de correlação da ITTC'57, Grigson e Schoenherr

Outras linhas de correlação tais como a de Schoenherr e Grigson também foram avaliadas. A primeira é dada por:

$$C_F = \left[\frac{0{,}242}{\log(ReC_F)}\right]^2 \tag{4.2}$$

A formulação de Grigson utiliza em sua composição a correlação da ITTC'57 e divide a análise em duas faixas de Reynolds, conforme apresentado em (4.3) e (4.4):

$$C_F = \left[0{,}93 + 0{,}1377(logRe - 6{,}3)^2 - 0{,}06334(logRe - 6{,}3)^4 C_{F(ITTC)}\right] \tag{4.3}$$

Para 1,5E+06<Re<2,0E+07

$$C_F = \left[1{,}032 + 0{,}02816(logRe - 8) - 0{,}06273(logRe - 8)^2 C_{F(ITTC)}\right] \tag{4.4}$$

Para 1,0E+08<Re<4,0E+09

Os pontos obtidos pelas duas últimas correlações também estão apresentadas no gráfico da Figura 4.25. Verifica-se que os pontos calculados por Schoenherr praticamente coincidem com os da ITTC a partir de Reynolds 7,0E+07, enquanto

que os pontos calculados por Grigson são superiores ao de Schoenherr e ITTC, sendo mais próximos aos valores numéricos.

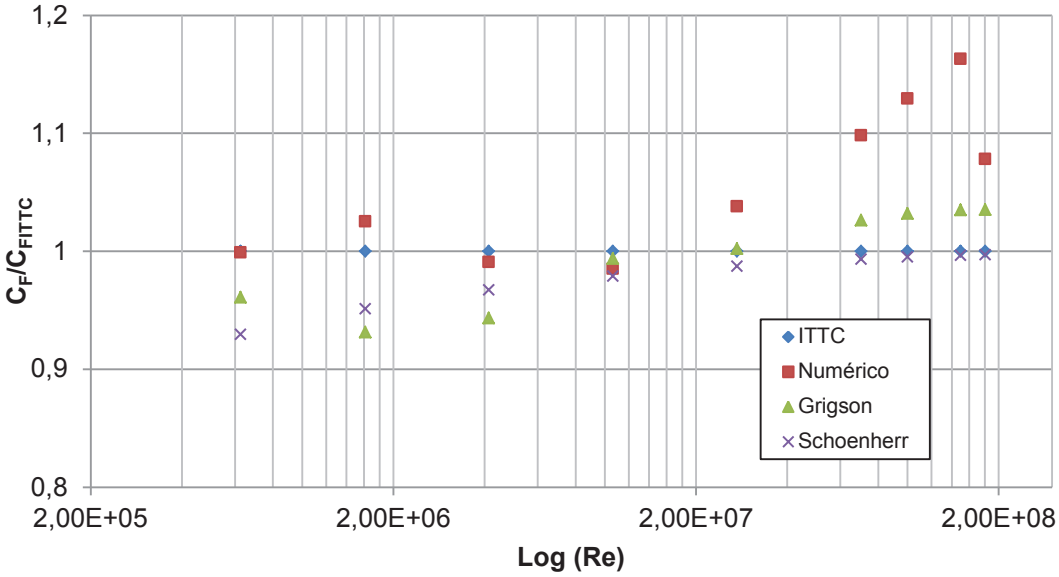


Figura 4.26 – Comparação entre valores de C_F em relação à linha de correlação da ITTC'57, em função de Reynolds

Sabe-se que a formulação da ITTC'57 foi concebida com baseada em ensaios experimentais realizados com modelos de pequeno comprimento, e que os valores obtidos são estimativas para C_F, principalmente para o caso de grandes escalas. Assim, por conta da proximidade entre os valores de coeficiente friccional fornecidos pela ITTC'57 e pelas simulações numéricas, para a faixa de Reynolds utilizadas em laboratórios, pode-se inferir que os resultados via CFD são satisfatórios.

Dado o exposto, pode-se dizer que, para o caso de modelos em escala reduzida, a correlação da ITTC'57 é adequada, porém talvez não o seja para Reynolds elevados. Há a possibilidade de que, durante a extrapolação para a escala real, o valor de C_{FS} e, consequentemente, o valor de C_{TS} sejam subestimados, ocasionando erros no dimensionamento da instalação propulsora, ou seja, motor e propulsor. Assim, para faixas de Reynolds acima daquelas utilizadas em tanques de provas poderia se utilizar, por exemplo, a linha de correlação de Grigson.

Outra proposta de apresentação de comparação entre os valores de C_F foi realizada por Gomez A.G. (2000), e que no caso do presente trabalho pode ser verificada no

gráfico da Figura 4.26. Verifica-se que os valores obtidos por Schoenherr são superiores à Grigson até o valor de Reynolds 4,0E+6 e a partir de então o quadro se inverte.

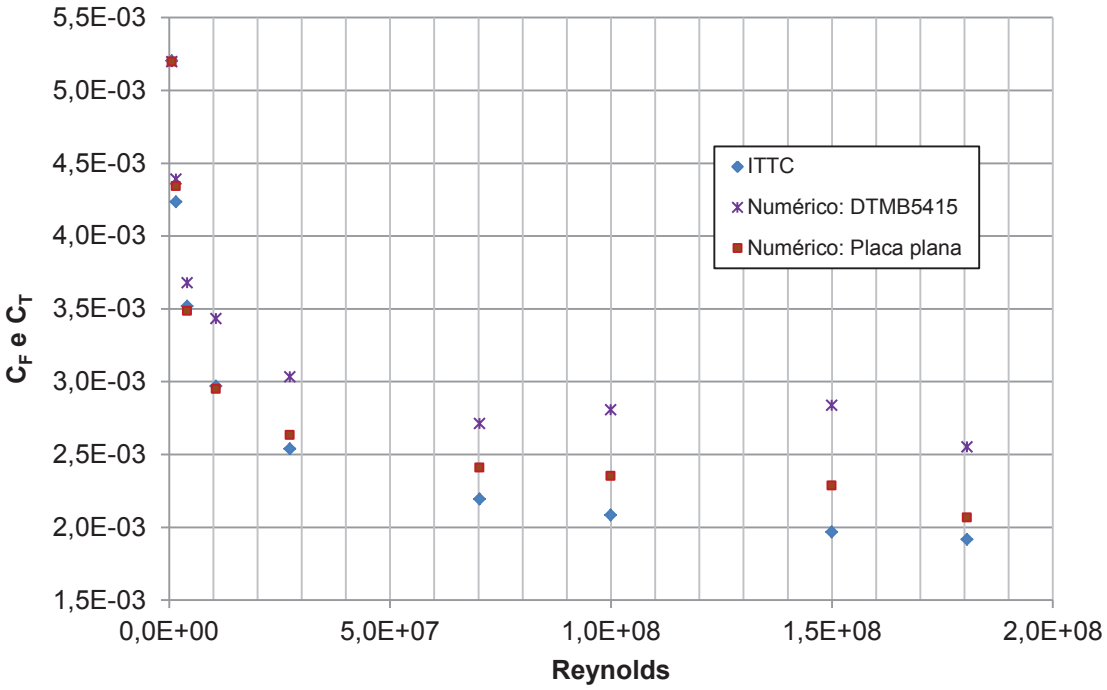


Figura 4.27 - Comparação entre o coeficiente de resistência total das diferentes escalas do DTMB5415 e os coeficientes friccionais obtidos pela ITTC'57 e pelas simulações de placas planas.

Realizando-se uma nova comparação entre os coeficientes friccionais, obtidos tanto pela ITTC'57 quanto pelas simulações numéricas de placa plana, e o coeficiente de resistência total do casco DTMB5415, é possível notar a influência da forma, conforme apresentada no gráfico da Figura 4.27.

Conforme o número de Reynolds aumenta, as diferenças entre C_T e C_F se tornam maiores, devido ao crescimento da parcela de resistência viscosa ocasionada pela variação de velocidade e pressão do fluido ao redor do casco. Como a superfície livre foi desconsiderada, a relação entre os dois coeficientes define o valor do fator de forma:

$$(1 + k) = \frac{C_{VM}}{C_{FM}} \tag{4.5}$$

Onde o coeficiente de resistência viscosa, C_V, é equivalente à C_T. Os resultados podem ser verificados na Figura 4.28.

O valor do fator de forma do modelo DTMB5415 obtido nos ensaios de resistência ao avanço, realizados no tanque de provas do IPT, foi de 1,24, o qual foi definido através da metodologia de Prohaska. Nota-se no gráfico da Figura 4.28, que o mesmo valor de (1+k) pôde ser observado para Reynolds de 7,0E+07, no caso de C_T/C_{F_ITTC}, enquanto que para a relação $C_T/C_{F_Numérico}$ foi verificado para os Reynolds 1,5E+08 e 1,8E+08.

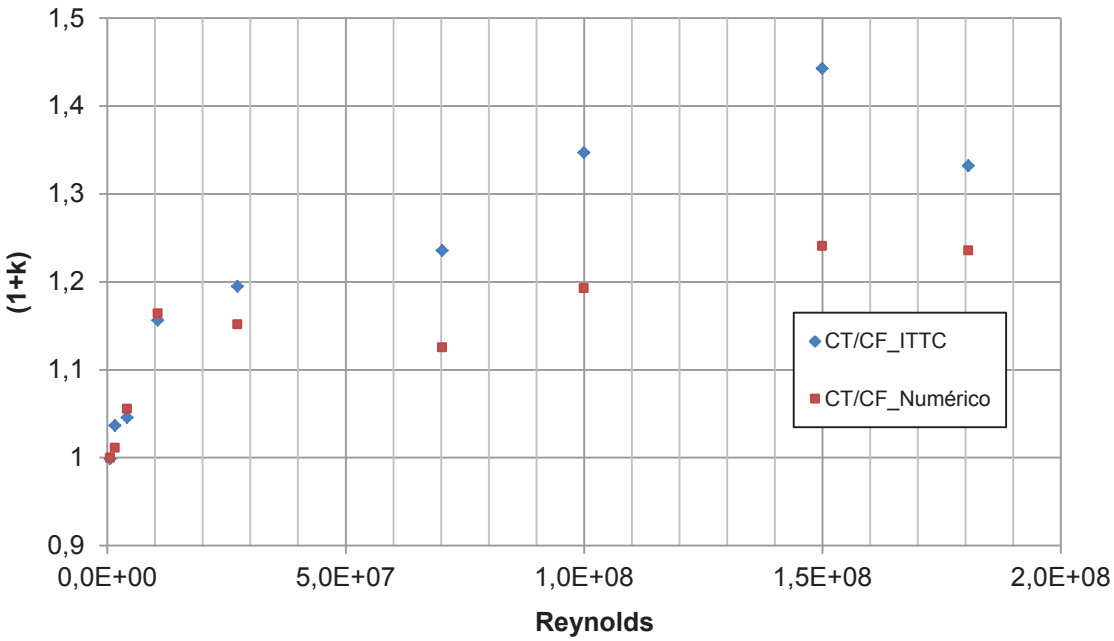


Figura 4.28 - Fator de forma do modelo DTMB5415, calculado numericamente utilizando a formulação da ITTC'57 e os resultados das simulações de placas planas.

A tendência observada nos pontos do gráfico da Figura 4.28 apresenta, de maneira geral, um crescimento no fator de forma com o aumento de Reynolds. O trabalho de J.S. Kouh et al. (2009) apresentou curvas do fator de forma para alguns modelos estudados, inclusive para o DTMB5415, em que também foi constatado que o fator de forma é crescente com Reynolds. Assim, de acordo com os resultados obtidos pode-se concluir que o fator de forma não é constante conforme proposto pela ITTC.

5. CONCLUSÃO

O 23° comitê da ITTC de propulsão, realizado em 1996, apontou que o efeito da escala no fator de forma é provavelmente causado pela estimativa do coeficiente friccional da resistência de placa plana. Foi proposto no referido comitê que se a

linha de correlação de Grigson fosse utilizada ao invés da tradicionalmente aplicada, o efeito da escala seria menos significativo. As mesmas observações apontadas pelo referido comitê também são propostas do presente trabalho, porém, com a ressalva de que são válidas apenas para grandes escalas, as quais geralmente não são ensaiadas em laboratórios.

Caso o fator de forma cresça com a escala conforme previsto pelos resultados, a resistência ao avanço de navios na escala real, baseada na hipótese de fator de forma constante, será subestimada, assim como o projeto da instalação propulsora da embarcação, ou seja, o motor e propulsor.

O efeito da escala no fator de forma não foi amplamente avaliado até então e o estudo da dependência do fator de forma na predição do valor de resistência deve ser estendido para outros tipos de cascos. Não é uma tarefa simples, visto que são necessários dados experimentais, o que consome recursos que nem sempre estão disponíveis. Um exemplo do mencionado é o trabalho apresentado por Keh-Sik M. e Seon-Hyung K. (2010). Os autores realizaram ensaios com doze tipos de cascos, sendo alguns deles em mais de uma escala, contabilizando um total de trinta e dois ensaios, de forma a desenvolver um método que determinasse o fator de forma não só para velocidades baixas, mas para qualquer velocidade de avanço. O estudo demorou mais de dez anos para ser concluído.

AGRADECIMENTOS

O autor expressa seu agradecimento ao Tanque de Provas Numérico da Universidade de São Paulo (TPN) por disponibilizar o *software* de CFD utilizado nas simulações e pelo apoio durante a elaboração do presente trabalho. Também agradece o Centro de Engenharia Naval do IPT, pelo apoio fornecido durante o tempo em que esteve presente no laboratório e pelo fornecimento dos dados dos testes realizados.

REFERÊNCIAS

Ahmed Y.M., 2011. "*Numerical simulation for the free surface flow around a complex ship hull form at different Froude numbers*" Alexandria Engineering Journal, Alexandria University.

Baos R., Salas M., Cifuentes C., Sepúlveda P, 2011. "*DISEÑO DE INTERCEPTORES EN PESQUEROS MEDIANTE CFD*", 22th Copinaval, Buenos Aires, Argentina.

Dávila M., Mendonza J.A., Villagómez R. J. C., 2011 "CALCULO DE RESISTENCIA AL AVANCE DE EMBARCACIONESUTILIZANDO HERRMAMIENTAS DE DINAMICA DE FLUIDO COMPUTACIONAL (CFD) EN EL CEHIDUNI", 22th Copinaval, Buenos Aires, Argentina.

Fortuna. A.O., *Técnicas Computacionais para Dinâmica dos Fluidos: Conceitos Básicos e Aplicações*. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2000.

Gomez A.G., "On the form factor scale effect", Ocean Engineering, Volume 26, pp 97-109, 2000.

International Towing Tank Conference, Proceedings of the 8th ITTC, Madrid, Spain, published by Canal de Experiencias Hidrodinamicas, El Pardo, Madrid, 1957

ITTC 1975, 14th International Towing Tank Conference. Form factor according to Prohaska.

Jen-Shiang Kouh , Yen-JenChen e Shiu-WuChau, "Numerical study on scale effect of form factor", Ocean Engineering, Volume 36, pp 403-413, 2009.

Keh-Sik Min e• Seon-Hyung Kang, "Study on the form factor and full-scale ship resistance prediction method", Journal Mar Sci Technol, Volume 15, pp 108–118, 2010.

NI Chong-ben, ZHU Ren-chuan, MIAO Guo-ping, FAN Ju, "HULL GESTURE AND RESISTANCE PREDICTION OF HIGH-SPEED VESSELS", Journal of Hydrodynamics, Volume 23, pp 234-240, 2011.

Peric M., Flow simulation using control volumes of arbitrary polyhedral shape, ERCOFTAC Bulletin, No. 62, September 2004.

Repetto R. A., Computation of Turbulent Free-Surface Flows Around Ships and Floating Bodies, Tese de doutorado apresentada a Universidade de Hamburg, 2001.

Sistema automatizado para la gestión de información y pronósticos de comportamiento del Mercado Marítimo Internacional

Jorge Herrera Franklin. Centro de Ingeniería y Manejo Ambiental de Bahías y Costas. División de Logística y Transporte Marítimo. Instituto Superior Politécnico "José Antonio Echeverría" (CUJAE). Facultad de Ingeniería Informática. La Habana. Cuba. franklin@cimab.transnet.cu

José González Cobas. Centro de Ingeniería y Manejo Ambiental de Bahías y Costas. División de Logística y Transporte Marítimo. La Habana. Cuba. ipincuba@cimab.transnet.cu

Suitberto Cabrera García. Universidad Politécnica de Valencia. Dpto de Estadística, Investigación Operativa Aplicadas y Calidad. Comunidad de Valencia. España. suicabga@eio.upv.es

RESUMEN

Una de las ramas de investigación de la División de Logística y Transporte Marítimo del CIMAB, consiste en el desarrollo de métodos que permitan disminuir los costos y el tiempo empleado en la transportación marítima de cargas. A partir de los resultados obtenidos en estudios de años anteriores se determinó la necesidad de contar con un sistema automatizado que permitiera realizar la optimización paramétrica de buques en función de los requerimientos por demanda de cargas y comportamiento probable de precios en el mercado marítimo internacional.

La línea de investigación, dada la magnitud y el alcance de los resultados previstos de dividió en varias fases que abarcan desde el diseño e implementación de una aplicación para la gestión de información proveniente de fuentes diversas del mercado marítimo hasta la integración de modelos matemáticos para el proceso de optimización.

En el presente trabajo se describe la etapa inicial que comprende la implementación de la primera versión de la herramienta informática de gestión y la determinación de los métodos adecuados para realizar los pronósticos de comportamientos de precios en el mercado marítimo.

INTRODUCCIÓN

El trabajo diario de la División de Logística y Transporte Marítimo incluye la búsqueda de soluciones para aumentar la eficiencia en el área de la transportación marítima. Una de las líneas de investigación consiste en el análisis semanal de información sobre las operaciones efectuadas en las diferentes modalidades del mercado marítimo internacional de lo cual se elabora y difunde un boletín. El proceso de selección y organización de información llega a ser sumamente engorroso para los especialistas, dada la naturaleza manual de su realización.

Desde el comienzo de la actividad de investigación de mercados, surgió la necesidad de crear un repositorio digital, donde pudiera almacenarse la información según las necesidades de trabajo de los clientes potenciales del reporte. Con este fin fue implementado SIMER, una aplicación implementada en Microsoft Access 2.0 que con el decursar del tiempo se hizo obsoleta tanto por la evolución propia del paquete Microsoft Office, como por la variabilidad de los parámetros manipulados en los distintos mercados.

Se impuso la necesidad entonces, de crear un nuevo sistema a tono con las tecnologías y tendencias más actuales para gestionar la información que se genera semanalmente y se carece de la posibilidad de almacenarla de forma coherente y estandarizada.

El objetivo fundamental del presente trabajo consiste en el diseño e implementación de una aplicación informática para la gestión de datos del mercado marítimo. Entre las características previstas se observó la capacidad de mostrar reportes generales y estadísticos de carácter histórico, generar de forma automática boletines en soporte web o PDF y gestionar toda la información a través de la importación de

hojas de trabajo de Excel o manualmente. Adicionalmente se brinda una panorámica de las herramientas de software en estudio que permitan la manipulación de grandes volúmenes de información para brindar gráficos de pronósticos de comportamiento de los mercados utilizando algoritmos matemáticos predictivos.

METODOLOGÍA Y HERRAMIENTAS

El termino metodología de desarrollo de software en ingeniería de software es un marco de trabajo usado para estructurar, planificar y controlar el proceso de desarrollo en sistemas de información. El **Proceso Unificado de Rational** (**RUP**), seleccionado para la construcción de la aplicación ***ImerDX***, toma en cuenta las mejores prácticas en el modelo de desarrollo de software algunas de las cuales se enumeran a continuación:

- Desarrollo de software en forma iterativa (repite una acción).
- Manejo interactivo de requerimientos.
- Modela el software visualmente (utiliza UML).
- Verifica la calidad del software.

En el ciclo de vida de los proyectos desarrollados con RUP, se organizan las tareas en períodos e iteraciones; y divide el proceso de desarrollo en fases, teniendo un producto al final de cada una.

Para la implementación de aplicaciones informáticas, existen actualmente una amplia gama de herramientas, tanto las llamadas de código abierto con licencia GPL o GNU, como las de software propietario. Siendo consecuentes con la Resolución No. 148-2007 emitida por el Ministerio de la Informática y las Comunicaciones de Cuba, se realizó la selección de herramientas teniendo en cuenta solo las de licencia GPL o GNU enumerándose a continuación:

Java: Cuenta con una amplia comunidad de desarrolladores que lo ubicaba a inicios del pasado año en el segundo lugar entre los lenguajes más utilizados (Figura 1). La

ventaja fundamental de este aspecto lo constituye la gran cantidad de herramientas disponibles que posibilitan implementar aplicaciones con mayor rapidez.

PrimeFaces: librería de componentes visuales *open source* desarrollada y mantenida por Prime Technology, una compañía turca de IT especializada en consultoría ágil, JSF, Java EE y Outsourcing.
iText: Librería *open source* para crear y manipular archivos PDF, RTF, y HTML en Java. Es una de las más utilizadas por su simplicidad, disponibilidad de ejemplos, documentación y funcionalidades.

POI: Es una librería *open source* también, para manipular archivos de Microsoft Office (Word y Excel) en Java. Utiliza la disponibilidad de los componentes COM del sistema operativo Windows para el trabajo con estos tipos de archivo.

PostgreSQL: sistema de gestión de bases de datos (BD) de código abierto muy potente. Incluye aspectos del paradigma orientado a objetos, tales como**:** herencia, tipos de datos, funciones, restricciones, triggers, reglas e integridad transaccional. Permite la realización de consultas complejas, donde varios usuarios pueden acceder al mismo dato, al mismo tiempo, utilizando el control de concurrencia multi-versión (Multi-Version Concurrency Control), para evitar bloqueos innecesarios.

GlassFish 3.1: Entre las características más notables de Glassfish cabe destacar su velocidad, manejo centralizado de clusters e instancias, bajo consumo de memoria, interoperabilidad con .NET 3 y un panel de administración sumamente intuitivo.

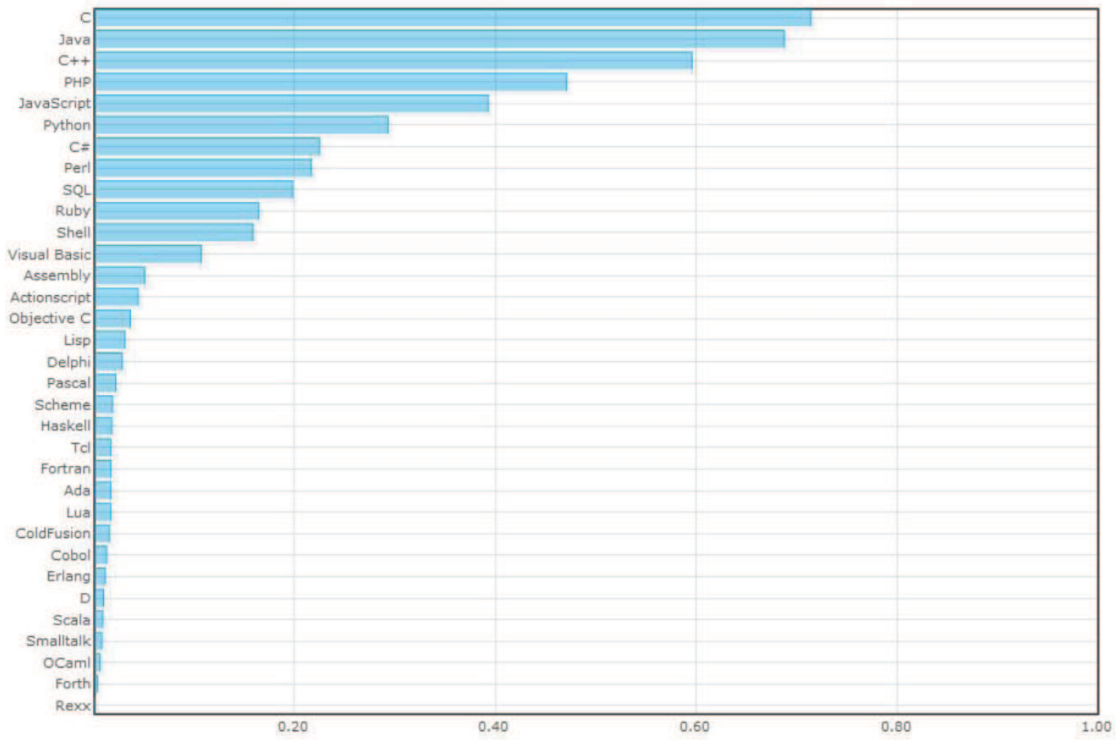


Figura 1 – Ranking de lenguajes de programación, 2012.

Fuente: Programming Languages Popularity, LangPop.com 7

DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN

DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS

La primera etapa de la investigación sobre optimización incluye dos procesos fundamentales, la ***elaboración del reporte de mercado*** y el ***cálculo de pronósticos de comportamiento de precios***. De ellos, solo el primero fue centro de atención para la construcción de la versión inicial del software. El diagrama 1, muestra las actividades dentro del proceso que serán automatizadas, así como la información que persiste y será incluida en la base de datos.

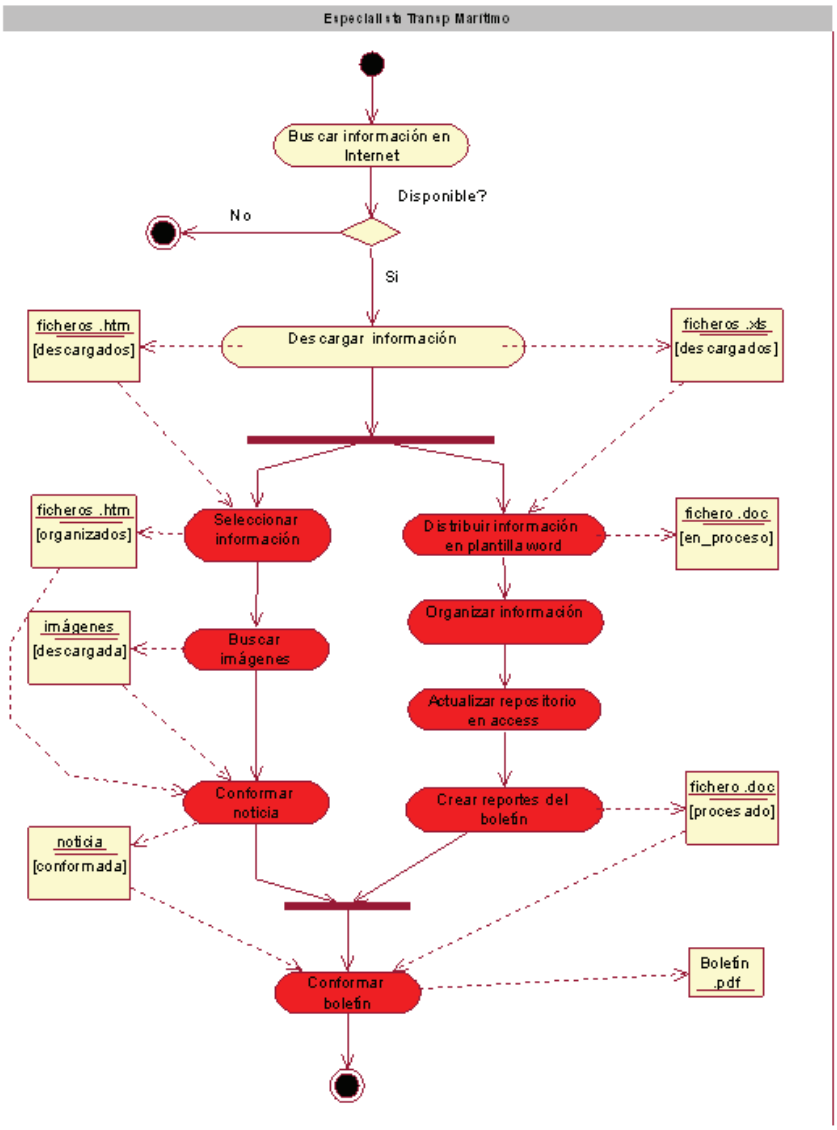


Diagrama 1 – Actividades "Elaboración del boletín"

MÓDULOS PRINCIPALES

Dada la posibilidad que varios especialistas accedieran a la misma vez a un mismo repositorio para realizar actualizaciones simultáneas u obtener reportes, se decidió que el sistema fuera una aplicación web. Esto garantiza que exista una base de datos centralizada de la cual se puedan hacer salvas y esté protegida por las restricciones físicas propias de un servidor. Además, las interfaces de usuarios que pueden ser implementadas en este tipo de aplicaciones, resultan más llamativas y amigables que las de sistemas de escritorio, que ya implican un nivel más elevado de conocimientos ofimáticos.

El sistema consta de cuatro módulos fundamentales como se refleja en el diagrama 2.

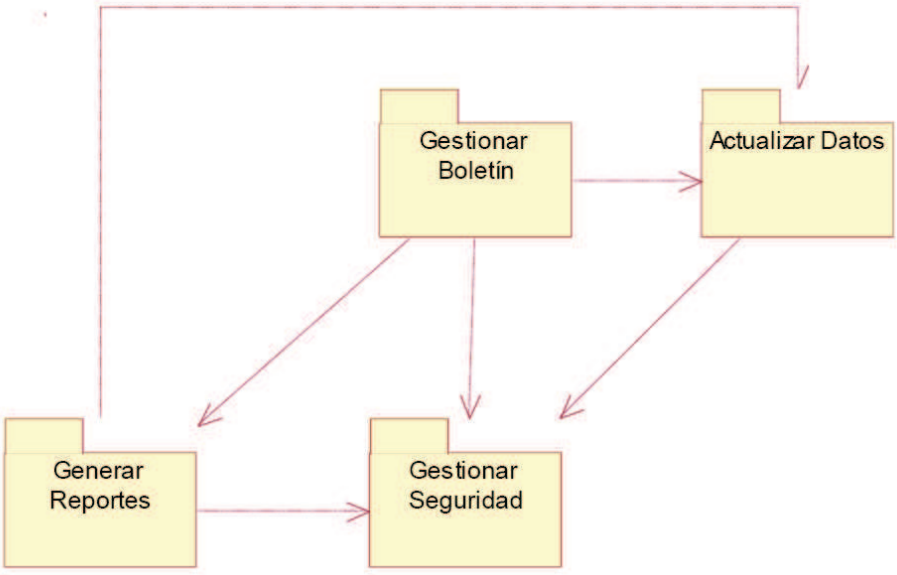


Diagrama 2 – Módulos principales de la aplicación y sus dependencias

En cada uno de los paquetes se incluyen las diferentes funcionalidades como se enumera a continuación:

- Gestionar Boletín

  o Importar información desde fichero Excel.
  o Conformar noticia. Incluye seleccionar texto, imagen, etc.
  o Generar Boletín en formato PDF (Ver figura 3)
  o Generar reportes específicos del boletín por tipo de mercado.

- Generar Reportes para los mercados de:

  o Voyage Charter. Incluye selección por rango de fechas y tipo de carga.
  o Time Charter. Incluye selección por rango de fechas y tipo de carga.
  o Bunker. Incluye selección por rango de fechas y zona geográfica (Ver Figura 2.)
  o Compraventa. Incluye selección por rango de fechas.

o Demoliciones y Nuevas Construcciones. Incluye selección por rango de fechas.
o Contenedores.
o Otros mercados (LPG, MPP, etc.)

- Gestionar Seguridad

o Registro en el sistema (Iniciar sesión y salir del sistema)
o Gestión de información de usuarios.
o Gestión de privilegios y grupos de usuarios.
o Generación de trazas automáticas por operaciones realizadas.

- Actualizar Datos. Este paquete incluye todas las operaciones relativas a la gestión de la información que consiste en Añadir, Modificar, Eliminar, Listar y Ver Detalles para cada uno de los datos relacionados con los tipos de mercados, puertos, buques y codificadores generales como es el caso de los tipo de buques.

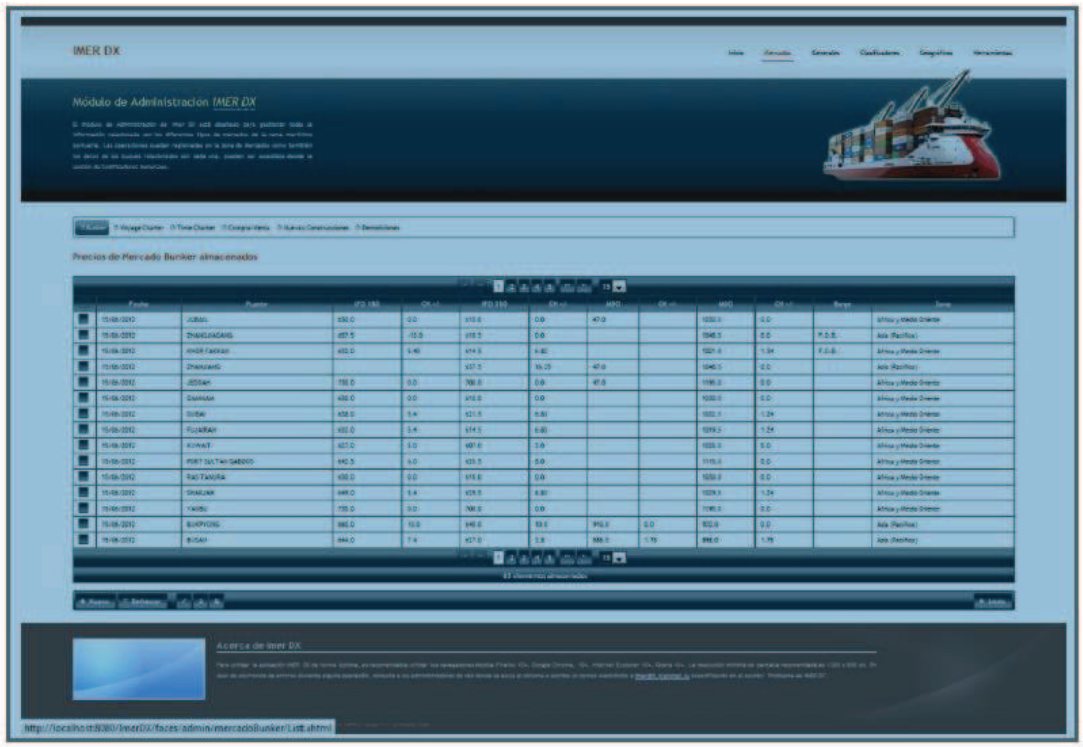


Figura 2 – Gestión de información del mercado de Bunker.



Figura 3 – Boletín generado por el sistema.

DESPLIEGUE DE LA APLICACIÓN

La aplicación fue diseñada siguiendo los patrones MVC (Modelo Vista-Controlador) lo cual implica una separación entre la interfaz y el acceso físico a la base de datos, cuestión que provee de más seguridad, robustez y flexibilidad al sitio por razones que van desde la reusabilidad de lo ya programado hasta la manipulación de forma segura de los datos que generan peticiones al servidor.

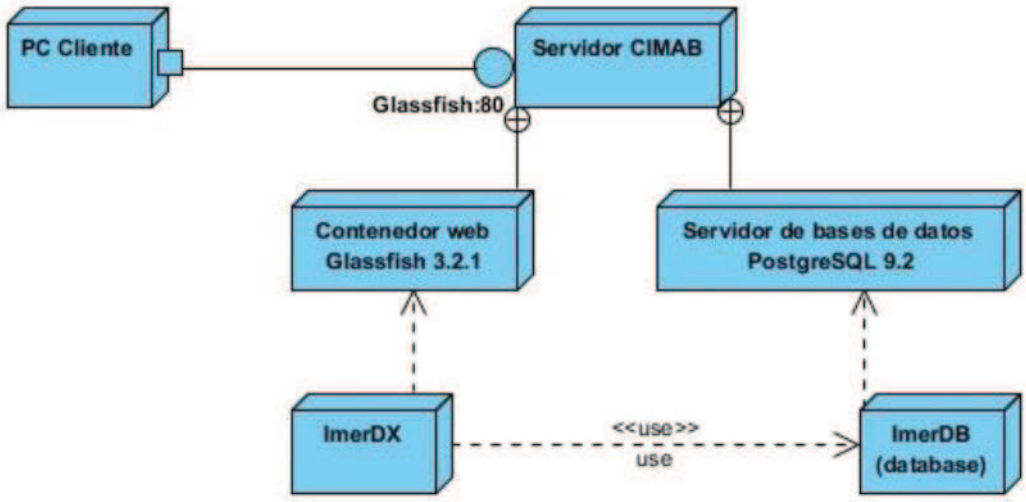


Diagrama 3 – Diagrama de despliegue de la aplicación

APROXIMACIÓN INCIAL SOBRE PRONÓSTICOS

Uno de los aspectos más relevantes de este sistema, consiste en que además de informativo, tiene como objetivo la generación automática de proyecciones o pronósticos de probable comportamiento de precios en el mercado marítimo internacional habiéndose determinado algunos de los factores exógenos que ejercen mayor tienen influencia en los valores de cada elemento.

Mediante la correlación del comportamiento de algunos de estos factores, es posible prever dicho comportamiento en rangos de fechas, en cuyos entornos se modifiquen los valores de precio de los distintos servicios y medios que conforman el mercado.

Los valores e índices se medirán por tipos de mercado como se enumera a continuación:

1. Los fletes de las principales cargas que conforman el mayor porcentaje de los volúmenes transportados por mar, conocidos por la modalidad de "*Voyage Charter*"
    1.1 Combustibles y derivados
    1.2 Graneles secos
2. Los alquileres por concepto de fletamento de buques, conocidos por la modalidad de "*Time Charter*", y que se divide en:

2.1 Trip-Time Charter (alquiler por viaje)

2.2 Period Charter (alquiler por período de tiempo, que puede variar desde un mes hasta varios años).

3. Precios de buques de nueva construcción y cuyos valores se agrupan, en general por tipos y tamaños de buques.
4. Precios de buques en el mercado de segunda mano, cuyos valores se agrupan también en tipos y tamaños, pero a lo que se le añade el factor "edad o año de construcción".
5. Valores pagados por la demolición de buques para chatarra, en donde el tipo y el tamaño del buque no tienen gran influencia en el precio que se pague por el mismo.
6. Precio del "Bunker" que se comporta según:
   6.1 El tipo de combustible
   6.2 El puerto que lo vende y realiza la entrega

El formato de la información presentada varía asegún la fuente de manera que los rangos de tiempo que se manejan no son coincidentes para todas las entregas. Esto provoca que el análisis previo sea más complejo dado que es necesario eliminar los "ruidos" que pudieran distorsionar los resultados finales. Con este fin se han realizado algunos estudios utilizando *softwares* estadísticos que contienen análisis históricos de series de tiempo, en la modalidad de *Voyage Charter* para el período que comprende el quinquenio del 2007 – 2012. Producto del gran volumen de información, la investigación en este sentido se ha dividido por períodos más pequeños cuya imbricación posterior permita tener una visión global más exacta del comportamiento en el rango elegido. En la Figura 4 se muestra uno de los ficheros sometidos al análisis sin depurar, es decir sin estandarizar la unidad de medida de la columna "*rate*" (precio).



1	31/05/2011	AEGEAN TBN		80000		TRAFIGURA	100000,00	WS	
2	27/05/2011	VARADA LALIMA	107176,00	80000	FUEL OIL	CNR		RNR	Pacific First Shpg.
3	26/05/2011	TBN VESSEL	0,00	80000		RELIANCE	135000,00	WS	
4	26/05/2011	PETROKREPOST	105657,00	100000	FUEL OIL	CLEARLAKE SHPG	80000,00	WS	Sovcomflot JSC
5	26/05/2011	CENTROFIN TBN		80000		SOCAR MARITIMA SA	105000,00	WS	
6	26/05/2011	OTC TBN	0,00	80000		CHEVTEX	95000,00	WS	
7	26/05/2011	TBN VESSEL	0,00	80000		CNR	550000,00	USD	
8	25/05/2011	FOUR ISLAND	94225,00	80000	FUEL OIL	KUO OIL		RNR	Premuda S.P.A.N.
9	25/05/2011	TBN VESSEL	0,00	80000		LITASCO	11125000,00	WS	
10	25/05/2011	TBN VESSEL	0,00	80000		RELIANCE	135000,00	WS	
11	25/05/2011	TBN VESSEL	0,00	80000		PETCO	115000,00	WS	
12	25/05/2011	KASSOS	95420,00	80000	FUEL OIL	IOOI/BAKRI	380000,00	USD	Aeolos Management
13	25/05/2011	TBN VESSEL	0,00	80000		CHEVTEX	85000,00	WS	
14	25/05/2011	TBN VESSEL	0,00	80000		LUKOIL	115000,00	USD	
15	24/05/2011	FAIR SPIRIT	95562,00	80000	FUEL OIL	TRAFIGURA	400000,00	USD	Fairdeal Group Mngt.
16	24/05/2011	DELTA CAPTAIN	111012,00	80000	FUEL OIL	LITASCO	105000,00	WS	Delta Tankers Ltd.
17	24/05/2011	TBN VESSEL	0,00	80000		LITASCO	11125000,00	WS	
18	24/05/2011	AMOL	99145,00	80000	FUEL OIL	VITOL	1125000,00	WS	Nat. Iranian Tanker
19	23/05/2011	CONTINENTAL	96724,00	80000	FUEL OIL	MERCURIA		RNR	Teekay Corporation
20	23/05/2011	K LINE TBN		80000		TAIYO	975000,00	WS	
21	20/05/2011	TBN VESSEL	0,00	80000		SOCAR MARITIMA SA	1175000,00	WS	
22	20/05/2011	SCORPIO TBN	115000,00	30000	FUEL OIL	AEGEAN		RNR	
23	20/05/2011	TBN VESSEL	0,00	80000		SOCAR MARITIMA SA	120000,00	WS	
24	20/05/2011	PARAMOUNT HYDRA	114560,00	80000	FUEL OIL	SHELL	1400000,00	USD	Golden Energy Mngt.
25	20/05/2011	TBN VESSEL	0,00	80000	DTY	PETROBRAS		RNR	
26	19/05/2011	TBN VESSEL	0,00	80000		CLEARLAKE SHPG		RNR	
27	19/05/2011	TBN VESSEL	0,00	117000		MERCURIA	75000,00	WS	
28	19/05/2011	TBN VESSEL	0,00	80000		BP AMOCO	97000,5	WS	

Dirty Aframax

Figura 4 – Fichero para análisis.

El sistema descrito en el presente documento, como se mencionó en el tópico correspondiente a las herramientas, incluye las prestaciones de una potente librería de funciones en el lenguaje JavaScript que también permite graficar estos comportamientos para un rango de fechas determinado. De esta manera la investigación se realiza desde dos puntos de vista: uno más exahustivo relacionado con herramientas informáticas tan potentes como el SPSS o el Statgraphic y otro más global proporcionado directamente por la aplicación ImerDX desde el graficado del comportamiento de precios en el tiempo con distintos tipos de métodos como los gráficos de dispersión, el Box & Whistle y el tradicional de línea (Figura 5).

Aunque hasta la fecha no han obtenido resultados concluyentes en cuanto a la identificación de estacionalidad o comportamientos atípicos, se maneja la posibilidad de utilizar metodologías modernas de pronósticos, específicamente el Box-Jenkins por la posibilidad de obtener el máximo potencial de los modelos ARIMA.

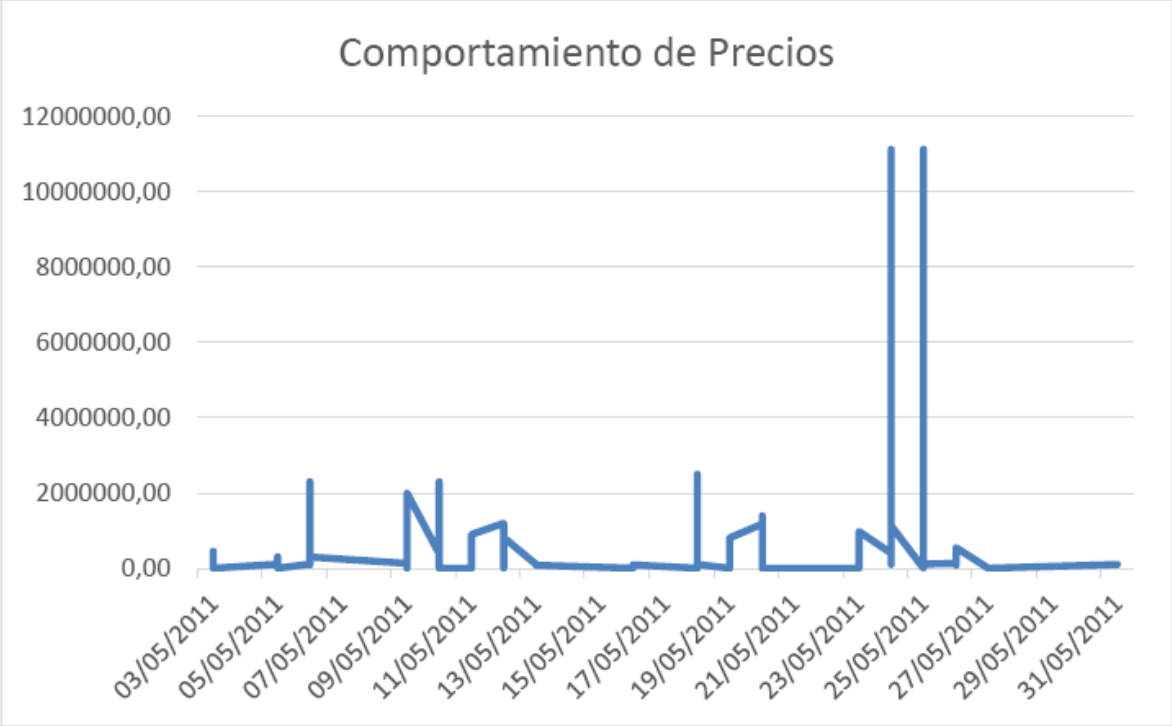


Figura 5 – Gráfico de comportamiento del precio en rango de tiempo.

Los modelos obtenidos serán ajustados en librerías *open source* como la Apache-Math, que se integrará al sistema para brindar este procesamiento de forma automatizada y tributar a la segunda fase del trabajo que ya consiste en la imbricación de estos pronósticos con los métodos de optimización que dependen del comportamiento futuro de precios.

Por otro lado, también fueron contemplados algunos factores exógenos que pueden tener influencia en cada componente del mercado son enumerados como sigue:

1. En el mercado de “Voyage Charter”:
    a. Cargas líquidas:
        i. Precio del barril de crudo en el mercado mundial
        ii. Índice de variación del PIB (el cual puede dividirse en países o áreas importadoras y a su vez en países desarrollados y otros.
    b. Graneles secos:
        i. Índice de variación del PIB (el cual puede dividirse en países o áreas importadoras y a su vez en países desarrollados y otros.

ii. Índice de variación de la producción de cada producto de los principales exportadores.

iii. Índice de variación de los precios de los productos en el mercado mundial.

2. En el mercado de alquiler de buques, “Time Charter”

a. Trip-Time Charter:

i. Nivel de ocupación de la flota mundial por tipo de buque.

ii. Tonelaje de nuevos buques a entregar según cartera de pedidos en los astilleros mundiales por tipo de buque.

iii. Variación de las flotas nacionales por áreas geográficas.

iv. Variaciones estacionales de las transportaciones de las principales cargas masivas homogéneas.

b. Period Charter

i. Nivel de ocupación de la flota mundial por tipo de buque.

ii. Tonelaje de nuevos buques a entregar según cartera de pedidos en los astilleros mundiales por tipo de buque.

iii. Año en que se alcanzaría el Punto de inflexión “Demanda-Oferta”.

3. En el mercado de valores de buques de Nueva Construcción:

a. Precio mundial del acero.

b. Año en que se alcanzaría el Punto de inflexión “Demanda-Oferta”.

c. Nivel de incremento de los salarios en el mundo y en los países y/o regiones de los principales astilleros.

d. Nivel de ocupación de los principales astilleros.

4. Precios de buques en el mercado de segunda mano

a. Año en que se alcanzaría el Punto de inflexión “Demanda-Oferta”.

b. Plazos de entregas de nuevas construcciones en los principales astilleros del mundo.

c. Niveles de precios por TPM de nuevas construcciones.

d. Índice de variación mundial de la demanda de cargas.

e. Nivel de ocupación de los principales astilleros.

5. Valores por la demolición de buques para chatarra

a. Estado del indicador “Oferta – demanda” de tonelaje en buques.

b. Edad promedio de la flota mundial y por tipo de buques.

c. Índice de crecimiento de la producción mundial de acero.

6. Precio del “Bunker”
    a. Precio del barril de crudo
    b. Índice de incremento de la producción y reservas petroleras
    c. Índice de variación del PIB a nivel mundial, regional y por país suministrador

El estudio de estas variables como se puede observar, corresponde a disciplinas relacionadas con la Economía lo que evidencia la necesidad de aumentar el equipo de especialistas involucrados en la investigación. A pesar de esto, su tipificación constituye un salto cualitativo para la vinculación con los métodos de pronósticos de manera que la investigación quede sujeta al máximo rigor de análisis y sus resultados puedan contribuir verdaderamente al desarrollo de las operaciones marítimas de manera óptima.

ANÁLISIS DE BENEFICIOS

La implantación del sistema descrito supondrá beneficios tangibles a corto plazo que aún no son cuantificables, no obstante, se pueden señalar *a priori* algunos aspectos en los que incide la explotación de la aplicación sobre la investigación de mercado marítimo en su etapa de prueba:

- Certificación de la seguridad y consistencia en el almacenamiento de la información proveniente de distintas fuentes.
- Rápida elaboración de reportes generales a partir de la oportunidad de búsquedas específicas a partir de parámetros introducidos por los usuarios.
- Importación automática de ficheros en formato Excel, que contienen la información referente a los mercados, con el objetivo de obtener los reportes estadísticos de indicadores y la conformación del boletín.
- Reducción drástica del tiempo de elaboración de materiales digitales.
- Posibilidad de incluir información de pronósticos cuyo costo a nivel mundial es muy elevado o no existe para determinados casos.

La actualidad de la filosofía de diseño e implementación, así como de las herramientas utilizadas aumenta notablemente la vida útil de la aplicación. Considerando que la velocidad de renovación de las TICs es muy elevada, se puede hacer un estimado de al menos 5 años de usabilidad de la aplicación sin necesidad de actualización o reprogramación. Además la introducción de una herramienta de este tipo (web) promueve el uso y familiarización con las tecnologías de la información lo cual constituye la base para la superación de los especialistas marítimos en materia de computación, cuestión imprescindible con vistas al futuro de la sociedad.

CONCLUSIONES

Del estudio de los procesos realizados en la confección del boletín electrónico de Reporte del Mercado Marítimo Internacional se implementó una aplicación web que automatiza la actividad, previéndose grandes beneficios para cuando se produzca su generalización. Para la obtención de la meta trazada se cumplimentaron los objetivos específicos trazados en la etapa inicial de la forma en que se enuncia a continuación:

1. La descripción detallada de los procesos actuales relacionados con la conformación de boletines, permitió identificar las principales deficiencias y las mejoras que servirían de base para la informatización del proceso.

2. Se definieron parámetros de diseño para obtener una solución robusta que garantizan la confiabilidad de la información procesada a partir de una base de datos relacional segura.

3. Se realizó una valoración inicial de métodos para la generación automática de pronósticos de comportamiento de precios en el mercado marítimo que depende de las soluciones matemáticas propuestas por expertos de varias universidades nacionales e internacionales.

Las herramientas de desarrollo y lenguajes de programación escogidos, suponen la suficiente flexibilidad para continuar su desarrollo posterior, así como la manipulación de grandes volúmenes de información. Otro aspecto relevante es la posibilidad de integrar el mismo repositorio con otras aplicaciones que manipulen los datos almacenados para el sitio web descrito. Los componentes de seguridad y control de errores cumplen los requerimientos necesarios para la utilización segura en un intranet.

La aplicación descrita, por tanto, evidencia el cumplimiento del objetivo general enunciado al inicio del presente documento, estableciéndose las pautas preliminares para la fase siguiente de la investigación sobre el tema de optimización del uso de la flota en operaciones comerciales.

BIBLIOGRAFÍA

1. Cabrera García, Suitberto; González Cobas, José; Serpa Góngora, José (2005): Modelo económico-matemático de optimización del completamiento de la flota mercante nacional. Centro de Investigación y Desarrollo del Transporte (CETRA), La Habana, Cuba.

2. Clarkson Co. (2008 - 2011): Shipping Intelligence Network. Clarkson Research Services Ltd. Londres, Reino Unido.

3. Giner Filoll, Arturo & Ripoll Feliú, Vicente (2010). “Contexto y tendencias de la contabilidad de gestión en el sector portuario.” Universidad de Valencia/Autoridad Portuaria de Valencia. Comunidad de Valencia, España.

4. Heffelfinger David R (2007): *Java EE 5 Development using GlassFish Application Server*. Birmingham/Mumbai.

5. LangPop: “*Programming Languages Popularity”*, en: **LangPop.com**, Recuperado en: http://langpop.com, 12/04/2012

6. Resolución 67-69; Ministerio del Transporte, República de Cuba, 1994

7. Resolución 216/09; Ministerio del Transporte, República de Cuba, 2009

8. Sánchez, Ricardo (2012): Boletín Marítimo. División de Recursos Naturales e Infraestructura. CEPAL, Naciones Unidas. New York, EE UU.

9. Vázquez Méndez, José Luis (2008): Manual de transporte marítimo. PREGER. Ministerio de Transporte. La Habana, Cuba.

Estudo operacional de manipulador robótico aplicado a soldagem na construção naval

Elaine Nascimento de Freitas[1], Eduardo de Magalhães Braga[1]; Paulo D'Ângelo Costa Assunção[1], Lino Alberto Soares Rodrigues[1]; Igor Ricardo Prado da Silva
[1]Universidade Federal do Pará - UFPA, Faculdade de Engenharia Mecânica, Laboratório de Caracterização dos Materiais Metálicos- LCAM, Belém,Pará,Brasil,
elainendf@gmail.com , edbraga@ufpa.br , dangeloassuncao@bol.com.br, engquimlino@yahoo.com.br; irprado.s@hotmail.com (+5591)32018673

RESUMO

Este Artigo tem como objeto central o estudo operacional preliminar da utilização de manipulador robótico aplicado ao processo de soldagem na Construção Naval. O estudo consiste na elaboração de uma nova metodologia de trabalho para a realização da soldagem pelo processo FCAW, buscando a substituição do processo de soldagem convencional (soldadores) pelo processo robotizado (braço robótico soldador), no qual será realizada a análise comparativa dos parâmetros de soldagem de ambos os processos aplicados à soldagem de enrigecedores e painéis utilizados na construção de balsas e empurradores. Este estudo operacional possibilitou desenvolver técnicas alternativas de soldagem de ligas de aço para aplicação na fabricação e manutenção de produtos na indústria naval visando garantir uma maior produtividade com melhoria da relação custo/benefício, assegurando na junta a continuidade das propriedades físicas e químicas do cordão de solda.

ABSTRACT

This article has as its main object the operational study into the use of robotic manipulator applied to the welding process in Shipbuilding. The study is the development of a new work methodology to carry out the welding FCAW process, seeking to replace the conventional welding process (welding) process the robot (robot arm welder), which will be held in the comparative analysis of the parameters

welding processes used both for welding stiffeners and panels used in the construction of ferries and tugboats. This study made it possible to develop alternative techniques operating welding alloy steel for use in the manufacture and maintenance of products in the marine industry in order to ensure greater productivity and improved cost / benefit, ensuring the continuity of the joint physical and chemical properties of the weld solder.

MOTIVAÇÃO

Aplicação do Processo FCAW Robotizado na Construção Naval tendo em vista o potencial da malha fluvial navegável da região amazônica que é uma das maiores do mundo. A proposta do projeto na prática também ajudará na diminuição das distorções e descontinuidades de soldagem, agregando uma melhor segurança e estética às embarcações, além do melhoramento na qualidade no processo da construção naval, permitindo assim o controle do processo de fabricação com a inserção de robôs soldadores à este processo. Para isso, faz-se necessário o estudo das tensões residuais, processos de soldagem FCAW e a aplicação de robôs na soldagem de aços navais para a otimização da construção naval na região, visando ajustar os parâmetros de soldagem, resultando em melhor qualidade das juntas soldadas e do produto final. Esta etapa inicial tenta prever as condições idealizadas de soldagem associada ao sistema mecatrônico e seus respectivos efeitos sobre a estrutura soldada, conforme será realizada na célula de trabalho e em campo.

1 INTRODUÇÃO

Estudo Operacional e Manipulador Robótico Aplicado ao Processo de Soldagem FCAW na Construção Naval consiste na elaboração de uma nova metodologia de trabalho para a realização da soldagem pelo processo FCAW, no qual será realizada a análise comparativa dos parâmetros de soldagem pelo processo FCAW convencional de enrigecedores e painéis utilizados na construção naval e o mesmo processo quando utilizado o braço robótico para a soldagem. Para chegarmos ao estado da arte fez-se necessário a revisão bibliografia do Processo de Soldagem FCAW, Introdução à Robótica e Robôs Industriais.

1. OBJETIVOS DA PESQUISA

1.1 Objetivo geral

Desenvolver técnicas alternativas de soldagem de ligas de aço para aplicação na fabricação e manutenção de produtos na indústria naval visando garantir uma maior produtividade com melhoria da relação custo/benefício, assegurando na junta a continuidade das propriedades físicas e químicas, valendo-se da introdução no processo de soldagem de um braço robótico.

1.2 Objetivos específicos

- Desenvolver técnicas de processo de soldagem FCAW com adição de um arame frio, através da inserção de sistemas mecatrônicos (braço robótico soldador), aplicado à construção naval.
- Otimização do processo de construção naval.
- Melhoramento da qualidade do produto final e aumento da produtividade a partir da substituição do processo convencional de soldagem pelo processo de soldagem robotizada.
- Análise comparativa entre o método convencional e o robotizado através dos parâmetros de soldagem observados.
- Motivar a indústria naval, a partir dos resultados, a utilização do processo de soldagem robotizado.

2. PROCESSO DE SOLDAGEM FCAW

Atualmente o que mais tem chamado a atenção das empresas e/ou dos setores que a utilizam-se de processos de fabricação através da soldagem são dois fatores, a produtividade vinculada a qualidade. Um dois processos de soldagem que tem cumprido com esses fatores é o processo FCAW (Flux Cored Arc Welding – Soldagem a arco com eletrodo tubular). Este processo é similar ao processo GMAW (Gas Metal Arc Welding – Soldagem a arco com proteção gasosa), havendo apenas a mudança no arame eletrodo e substituição no sistema de alimentação do arame. Não obstante, o FCAW-CW (Flux Cored Arc Welding – Cold Wire) ou processo

arame tubular com adição de arame frio, surge como uma promissora alternativa de técnica de soldagem com uma larga empregabilidade industrial, principalmente em processos que necessitam de um elevado contingente produtivo, como a indústria de construção, seja ela de plataformas de petróleo, naval, dutos, entre outros, pois o processo utiliza-se de dupla proteção do arco elétrico – pelo gás de proteção e pela escória formada.

De acordo com Marques, Modenesi e Bracarense (2011), na soldagem ao arco voltaico com arame tubular, a coalescência dos metais na zona fundida é obtida pelo aquecimento e fusão do metal de adição na forma de eletrodo tubular contínuo e do metal de base no local de deposição. Sendo que existem dois modos de operação que podem ser efetuados utilizando este tipo de soldagem: o primeiro denominado FCAW com proteção gasosa, em que parte da proteção é fornecida por um gás inerte, ativo ou mistura destes, o segundo denominado de FCAW autoprotegido – a proteção é somente por escória. A Figura 3.1 mostra esquematicamente o processo FCAW com proteção gasosa.

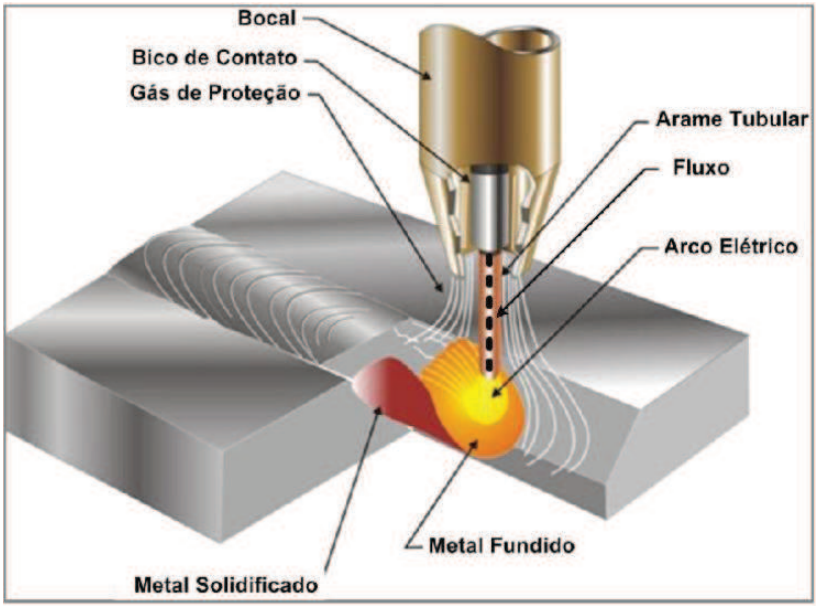


Figura 3.1 – Representação esquemática do processo de soldagem FCAW com proteção gasosa.

Fonte: Autor (Adaptado de Cruz Jr e Cabral – 2008)

3. MANIPULADOR ROBÓTICO

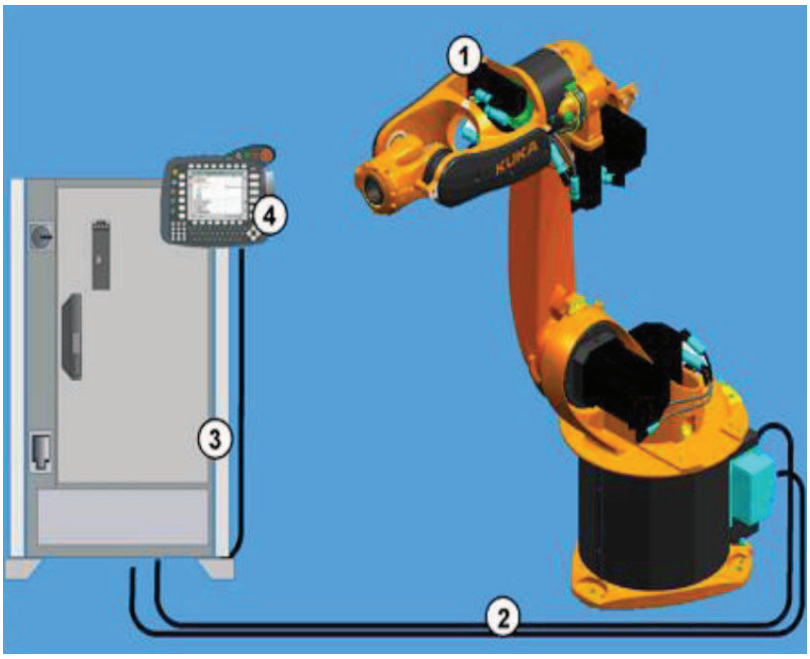
Os manipuladores robóticos, também conhecidos como braços robóticos são agentes físicos que executam tarefas manipulando o mundo físico equipamentos estes dotados de **efetuadores** e **sensores.** Onde os **efetuadores** são os mecanismos pelos quais os robôs se movem exercendo forças físicas sobre o ambiente, por exemplo: pernas, rodas, articulações e garras e trilho de deslocamento linear; e os **sensores** os quais são a interface perceptiva entre robôs e seu ambiente, por exemplo: sensores de fim de curso, de colisão entre outros.

O Braço robótico utilizado no projeto é o KR16ArcHW da Kuka Roboter em conjunto com o KL250 que é o trilho de deslocamento linear ,também conhecido como, o sétimo eixo do sistema robótico.

3.1 Especificações Técnica do Robô

Um sistema de robô, conforme é mostrado na Figura 4.1 abrange todos os módulos de um robô industrial, como o manipulador (sistema mecânico de robô com instalação elétrica), armário de comando, cabos de ligação, ferramenta e equipamentos.
O robô industrial KR 16 arc HW abrangem os seguintes componentes:

- Manipulador
- Unidade de comando do robô
- Cabos de ligação
- Unidade manual de programação KCP
- Software
- Equipamentos opcionais, acessórios.



1-Manipulador; 2-Cabos de Ligação; 3-Unidade de Comando do Robô; 4-Unidade manual de programação KCP

Figura 4.1- Sistema do robô KR16ArcHW

Fonte: Manual Kuka Roboter KR16ArcHW (2012)

O manipulador (robô) conforme é mostrado na **Figura 4.2** foi projetado como um sistema cinemático, valendo-se das cinemáticas diretas, inversas jacobianos e dos sistemas posicionais e rotacionais de braço articulado de 6 eixos. O robô consiste nos seguintes módulos principais:

1-Mão de eixo oco
2-Braço
3-Instalação elétrica
4- Base
5- Carrossel
6-Balancim

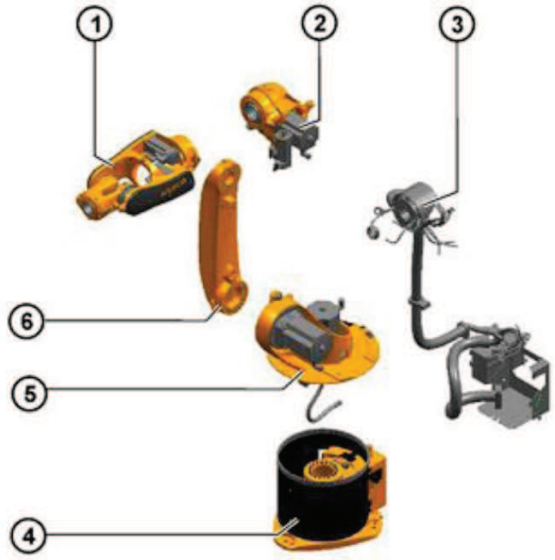


Figura 4.2- Módulos Principais do robô.

Fonte: Manual Kuka Roboter KR16ArcHW (2012)

A Figura 4.3 ilustra o posicionamento de cada eixo e quais os sentidos de rotação de cada eixo em relação a coordenada base.

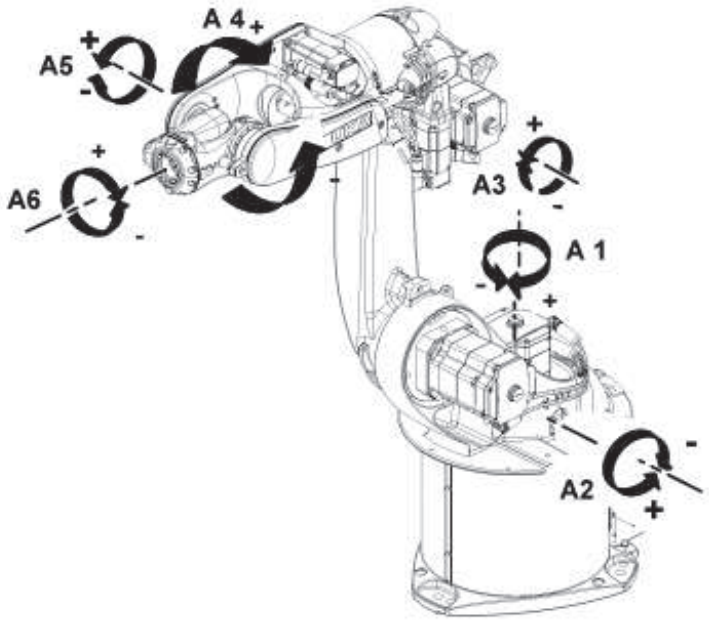


Figura 4.3- Módulos Principais do robô.

Fonte: Manual Kuka Roboter KR16ArcHW (2012)

3.2 Unidade Linear de Deslocamento KL250

A unidade linear é uma unidade de eixo único para a construção horizontal também conhecida como sétimo eixo do equipamento uma vez que permite além dos demais movimentos dos outros 6 eixos que fazem parte do robô, ainda proporciona um deslocamento linear sob os trilhos. Ela serve para o deslocamento linear de um robô ou de equipamentos. A unidade linear é comandada pela unidade de comando do robô como um eixo extra. O curso nominal do carro é determinado conforme a especificação do pedido que para o projeto o sistema KL250 possui 2m de comprimento para atender a necessidade de um maior alcance de soldagem devido as dimensões dos enrigecedores e painéis utilizados na construção naval. A graduação é de 500 mm. A unidade linear é constituída pelos seguintes componentes (Figura 4.4):

O acionamento completo do carro consiste em um servo motor, um redutor, uma placa intermediária e peças de fixação. O pinhão do acionamento engrena na cremalheira no suporte e movimenta dessa forma o carro. O acionamento está construído de forma a que possa ser empregado tanto na versão padrão como na versão de imagem espelhada da unidade linear. O acionamento completo é fixado ao carro através da placa intermediária.

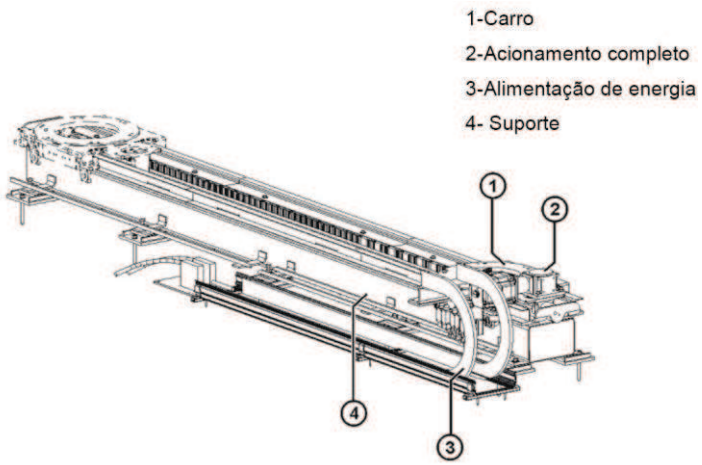


Figura 4.4- Modelo da unidade linear.

Fonte: Manual Kuka Roboter KR16ArcHW (2012)

O servo consta basicamente de um motor com freio magnético integrado e o sistema de medição de percurso. O freio magnético evita movimentos do carro durante uma parada.

O freio magnético está fechado quando desenergizado, isto é, o induzido é pressionado contra o freio magnético através de um campo magnético permanente. Quando passa corrente pelo enrolamento do freio magnético, o campo magnético permanente é desfeito e o induzido é liberado.

O servo motor está fixado lateralmente ao redutor. A conexão dos cabos do motor e de comando é feita através de conectores.

Redutor trabalha na redução da velocidade de rotação do motor, a qual é reduzida pelo redutor e transmitida pelo pinhão para a cremalheira. A engrenagem está fixada ao carro por meio de uma placa intermediária. A folga do perfil dos dentes é regulada pelo excêntrico sobre a placa intermediária.

4. CÉLULA DE TRABALHO

Para o desenvolvimento do experimento é necessária a montagem da bancada de soldagem, composta por uma fonte de soldagem com respectivo cabeçote alimentador da fonte, uma tocha de soldagem robotizada, mesa de soldagem, sistema de deslocamento e o braço robótico, como mostrado na Figura 5.1 a vista frontal do modelo da célula de trabalho, na Figura 5.2 a vista superior da célula montada.

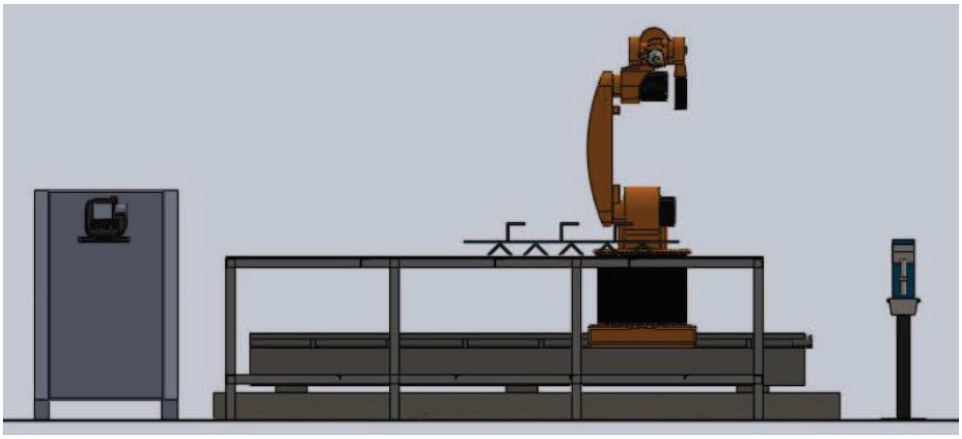


Figura 5.1-Célula de Trabalho montada para o estudo da soldagem robotizada aplicada a aços navais. Fonte: Arquivo Pessoal (2013)

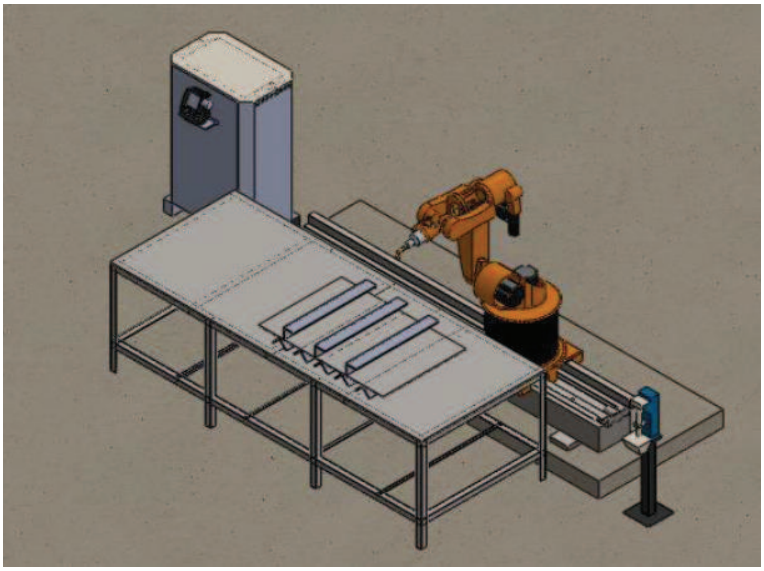


Figura 5.2-Vista superior da célula de trabalho composta pela bancada, painel de controle do robô,trilho de deslocamento linear e estação de limpeza da tocha. Fonte: Arquivo Pessoal (2013)

6. MÉTODOS

O robô realizará trajetórias de soldagem automaticamente, através de programação online em linhas de comando no programa KRC, um software de arquitetura fechada do fabricante do robô adquirido. As soldas serão realizadas com o processo FCAW em aços navais ASTM A131 Grau A e outros aplicados a esta indústria. O experimento consiste em desenvolver um novo processo de fabricação naval coma inserção do braço robótico na realização da soldagem de enrigecedores e painéis utilizados na construção naval, uma vez que este processo ainda é realizado na região de forma convencional como o mostrado na Figura 6.1. Com a análise comparativa entre o método convencional e o robotizado de soldagem será possível o levantamento dos parâmetros de soldagem e sua análise para garantir que a nova técnica de soldagem de ligas de aço para aplicação na fabricação e manutenção de produtos na indústria naval garanta uma maior produtividade e assegure a continuidade no cordão de solda.



Figura 6.1 – Soldadores realizando através do método convencional de soldagem FCAW, a solda de uma chapa em um estaleiro.

Fonte: Arquivo Pessoal (2012)

Para validar a comparação entre as técnicas do processo de soldagem, o braço robótico inicialmente realizará a solda em painéis e enrigecedores de aço naval de 3/8" e 1/2" polegadas e com as seguintes dimensões 800mmx1200mm para que os parâmetros de soldagem obtidos em laboratório sejam próximos aos obtidos em escala real no estaleiro durante o processo de fabricação, uma vez que esta escala corresponde a 10% das dimensões reais dos painéis utilizados, como mostra a Figura 6.2. Além disto, as trajetórias programadas no robô possibilitaram tanto a soldagem contínua como a intermitente ambas aplicadas na construção naval.

Atividades programadas para viabilizar a metodologia utilizada:

1. Preparação das bancadas de soldagem**.**
2. Preparação dos corpos de prova para soldagem.
3. Soldagem dos corpos de prova.
4. Inspeção de visual do cordão de solda
5. Realização do ensaio de Líquido penetrante do cordão de solda para verificação de continuidade da soldagem.



Figura 6.2 – Painéis e enrigecedores após o processo de soldagem convencional formando o interior do porão de uma balsa.

Fonte: Arquivo Pessoal (2012)

7. RESULTADOS

Após a realização dos ensaios em laboratório e as análises dos cordões de solda, considerando as características observadas na nova técnica aplicada a soldagem de aços navais, conseguiu-se os seguintes resultados:

1-Os parâmetros máximos de soldagem para a obtenção de um cordão contínuo e com propriedades aceitáveis de soldagem foram: velocidade de soldagem de 1m/min; tensão de alimentação:34V; vazão de gás de:20L/min; velocidade de alimentação de arame: 700 pol/min; velocidade de deslocamento e reposicionamento do robô de 2m/s.

2- O tempo de execução do programa que simula as condições e sequência de soldagem do estaleiro, aplicado a uma peça com as dimensões estabelecidas neste trabalho foi de 6 minutos e 35 segundos.

3-Devido na região o processo de fabricação dos painéis serem manuais e a meta em média de um soldador é de 800m de solda por mês, caso a célula robotizada seja implementada estima-se um aumento na produtividade de 60%.

4- Os cordões de solda obtidos foram aprovados pela análise a partir do ensaio de Líquido penetrante.

A Figura 7.1 mostra a célula de trabalho montada em laboratório durante uma ensaio.

Na figura 7.2, observamos o cordão de solda obtido pelo processo de soldagem robotizado utilizando o processo FCAW, com os parâmetros de soldagem descritos. A figura 7.3 mostra o ensaio de líquido penetrante realizado na peça o resultado do ensaio.



Figura 7.1-Soldagem de peça que simula um painel da construção naval com 10% do tamanho original. Fonte: Arquivo Pessoal (2013)



Figura 7.1-Cordões de solda obtidos pela soldagem robotizada. Fonte: Arquivo Pessoal (2013)



7.2-Resultado do ensaio de líquido penetrante. Fonte: Arquivo Pessoal (2012)

8. CONCLUSÃO

Com a inserção do robô no processo haverá um aumento considerável na produção uma vez que um soldador pelo método convencional de soldagem consegue soldar 700m por mês e o braço robótico se submetido à mesma carga horária de trabalho e apenas com 60% da sua capacidade de velocidade de soldagem poderá realizar 5.760m de solda no mesmo período, se considerado o regime de trabalho de um soldador com carga horária de trabalho de 8 horas diárias.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Pará-UFPA, Programa de Pós Graduação em Engenraria Mecânica-PPGEM, Fundação de Amparo à Pesquisa-FADESP, Equipe do Laboratório de Caracterização dos Materiais Metálicos-LCAM, às empresas TBI, Lincoln e KUKA Roboter Brasil e ao Estaleiro Rio Maguari.

BIBLIOGRAFIAS

Groover, M. P.; Weiss, M.; Nagel, R. N.; Odrey, N. G. Robótica. Tecnologia e Programação.McGrawHill,SãoPaulo,1989.(Ediçãoesgotada).(1)*

Adade Filho, A. Fundamentos de Robótica: Cinemática, Dinâmica e Controle de Manipuladores Robóticos. Apostila publicada pelo ITACTA. São José dos Campos,1992.

BRACARENSE, A.Q. Shielded metal arc welding electrode heating control by flux ingredients substitution. 1994. 268 p. (Thesis - Doctor in Metallurgical and Material Engineering). Golden, Colorado: Colorado School of Mines, 1994.

BATANA, J.R. Modelamento da taxa de fusão através da monitoração da temperatura do eletrodo reves-tido para soldagem robotizada. 1998. 86p. (Dissertação de mestrado). Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte: UFMG, 1998.

JUERS, R.H. Naval surface welfare center. Welding Brazing and Soldering, ASM Handbook, 1993.

KANG, D., Development of an arc voltage control mechanism for underwater wet SMAW process, M.Sc. thesis, Ohio State University, 1996.

Transportes. História da indústria naval [Online] [citado em 23 de julho de 2011.] http://www2.transportes.gov.br/bit/estudos/Eng-naval/historia.htm

JESUS, C. G. GITAHY, L. M. C. Transformações na Indústria de Construção Naval Brasileira e seus Impactos no Mercado de Trabalho (1997-2007). 1o Congresso de Desenvolvimento Regional de Cabo Verde. 2008

SANTOS, V. M. F. Robótica Industrial – Apontamentos Teóricos. Portugal: Universidade de Aveiro, 2004.

SCOTTI, A. “Process Modelling to Establish Control Algorithms for Automated GMAW”, PhD Thesis, Cranfield Institute of Technology, UK, setembro de 1991, 273 p.

CRUZ, JR.; CABRAL, T. S. Especificação de Procedimentos de Soldagem Mig para o Preenchimento de Cavidades pela Técnica de Camadas Sucessivas. 2008. 78p. Trabalho de conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal do Pará, Belém. 2008.

SCOTTI, A, PONOMAREV, V. Soldagem MIG/MAG. Melhor entendimento. Melhor desempenho: Livro, Artliber, 1ª Edição, São Paulo, 2008.

BARBOZA, L. S. Estudo da Técnica de Enchimento de Chanfro do Aço Naval pelo Processo GMAW-CW. 2011. 124p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal do Pará, Belém. 2011.

CABRAL, T. S. et al. Desenvolvimento e Estudo da Viabilidade de um Injetor de Arame Adicional para O Processo de Soldagem MIG/MAG e FCAW. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NGENHARIA DE FABRICAÇÃO, 6., 2011, Caxias do Sul, Anais. Caxias do Sul: ABCM, 2011.

Redes Neuronales para Movimiento Portuario: Tiempo de espera en fila en función de la tasa de ocupación del terminal

Edgard Mulford Garcia
edgard.mulford@gmail.com
Thiago Pontin Tancredi
thiago.tancredi@poli.usp.br
Bernardo Luis Rodrigues de Andrade
beluroan@usp.br
Laboratório de Otimização e Projeto Integrado
Universidade de São Paulo. São Paulo, Brasil

Resumen

Partiendo del estudio inicial desarrollado por [1] donde fue establecida una metodología para determinar la capacidad de los diferentes subsistemas de un terminal perteneciente al sistema portuario español, este trabajo utiliza parte de esos resultados para desarrollar y presentar un modelo predictivo para estimar el tiempo en fila a partir del número de atracaderos y la tasa de ocupación del terminal. El modelo presentado es basado en la construcción de superficies de respuesta utilizando la técnica de RNA (Redes Neuronales Artificiales) y es capaz de estimar el tiempo de espera medio relativo en la línea de atraque en un puerto en función de la tasa de ocupación y del número de atracaderos disponibles. El modelo desarrollado fue elaborado evaluándose diferentes configuraciones de red, obteniéndose una topología eficiente en términos de adherencia de los resultados y costocomputacional.

1. INTRODUCCION

El continuo avance de los recursos computacionales, bien como la popularización de los algoritmos de optimización, determinan un nuevo paradigma en el desarrollo de diseños de ingeniería. Como se muestra en [3], el objetivo paso a ser no solamente la atención de los requisitos propuestos, si no que al mismo tiempo encontrar una

ventaja competitiva que explore el mejor resultado entre varios objetivos evaluados (muchas veces inmersos en disciplinas diferentes), privilegiando una visión global del sistema.

Los ingenieros relacionados en este contexto han encontrado dos problemas para desarrollar sus trabajos: Por un lado, los diseños de ingeniería, envuelven la utilización de parámetros que son tabulados o descritos en forma de gráficos y diagramas generados por reglas de las casas clasificadoras o estudios específicos sobre las particularidades del asunto. La utilización de estos gráficos y diagramas inviabiliza la automatización del proceso, y por tanto la optimización, tornando el análisis un proceso lento y manual.

Por otro lado, sistemas complejos de ingeniería consumen largo tiempo de trabajo y de recursos computacionales para el análisis de una única configuración, inviabilizando procesos de optimización que demanden numerosos ciclos de iteraciones, adaptándose muchas veces, a la primera solución que satisfice las restricciones de diseño, como solución de diseño.

Este artículo presenta una metodología simple que puede ser utilizada en la solución de estos dos problemas sin comprometer la calidad de la solución, ni la eficiencia del proceso. El modelo propuesto envuelve la representación de superficies de respuesta utilizando redes neuronales artificiales, que por un lado pueden fácilmente aproximar superficies y funciones descritas en gráficos y diagramas y cuyas capacidad nativo de adaptarse a cada nuevo evento dirigido, se muestra ideal como superficie base sobre la cual se realiza el proceso de optimización.

Como ejemplo de aplicación, la metodología propuesta es utilizada en el desarrollo de un modelo capaz de estimar el tiempo de espera en fila en función de la tasa de ocupación del terminal.

2. SUPERFÍCIES DE RESPUESTA

Conforme lo discutido por [3] las superficies de respuesta son modelos de predicción capaces de interpolar resultados a partir de un histórico conocido. La principal característica de esa técnica es que la obtención de los resultados es un proceso analítico y por tanto mucho más rápido que los procesos que depende de la realización de simulaciones, ensayos y métodos numéricos.

La utilización de superficies de respuestas es un recurso conocido por la reducción del tiempo gasto en análisis computacionales sucesivos. Los trabajos recientes [4] y [5], por ejemplo, demuestran que el uso de superficies de respuesta para aumentar la eficiencia del proceso de diseño es bien difundido, siendo usado en todo tipos de problemas.

Las superficies de respuesta pueden ser representadas por redes neuronales artificiales, como es visto en [6] y [7] o por un abordaje analítico, como es propuesto en [8].

La principal ventaja de las redes neuronales artificiales es la representación de patrones complejos de difícil modelaje analítico, así como la fácil incorporación de nuevos datos experimentales.

3. REDES NEURONALES ARTIFICIALES

La superficie de respuesta presentada en este trabajo fue construida utilizando redes neuronales artificiales que, según propone [3], se trata de una técnica que permite mejorar el desempeño de modelos de análisis, reduciendo el número de simulaciones necesarias para la determinación de los resultados.

Las redes neuronales artificiales son técnicas computacionales que presentan un modelo matemático inspirado en la estructura neuronal de organismos inteligentes y que adquieren conocimiento a través de la experiencia. Para eso, los parámetros de

la red neuronal son corregidos iterativamente para aproximar los resultados obtenidos en las simulaciones con aquellos estimados por la red.

El concepto de redes neuronales artificiales viene popularizándose como una herramienta interesante en la representación de patrones y predicción de resultados para problemas de difícil formulación, pero de histórico conocido.

Otra característica importante de las redes neuronales es la capacidad de adaptarse a cada evento nuevo, incorporando nuevas experiencias y preservando la memoria del proceso.

En el problema en cuestión, el uso de las redes neuronales artificiales presenta otra aplicación interesante, pues suministra un procedimiento analítico que sustituye la consulta manual de los datos contenidos en el gráfico de la Figura 2, permitiendo la integración de esos resultados con otros procedimientos de planeación o gestión que requieren una consulta automatizada a esos datos.

4. ESTUDIO DE CASO: TIEMPO EN FILA EN UN TERMINAL PORTUARIO

La capacidad de estimar el tiempo en fila en un terminal portuario es de fundamental importancia para la correcta gestión y operación tanto de las embarcaciones de transporte, así como del propio terminal.

Usualmente esa estimativa es realizada por medio de medias y valores estadísticos que en algunos casos no se ajustan a las diferentes configuraciones y tasas de ocupación existentes en los terminales.

Este artículo propone una metodología alternativa capaz de substituir ese abordaje estadístico construyendo una superficie de respuesta capaz de predecir el tiempo de espera de una embarcación en función del número de atracaderos disponibles y de la tasa de utilización del terminal.
El estudio original propuesto en [1] utilizó los datos de los 25 terminales más representativos del sistema portuario Español. El objetivo de ese estudio fue la

simulación de la línea de atraque (carga/descarga, mostrada en la figura 1) para un conjunto variado de número de muelles; así como diferentes tasas de utilización del terminal.

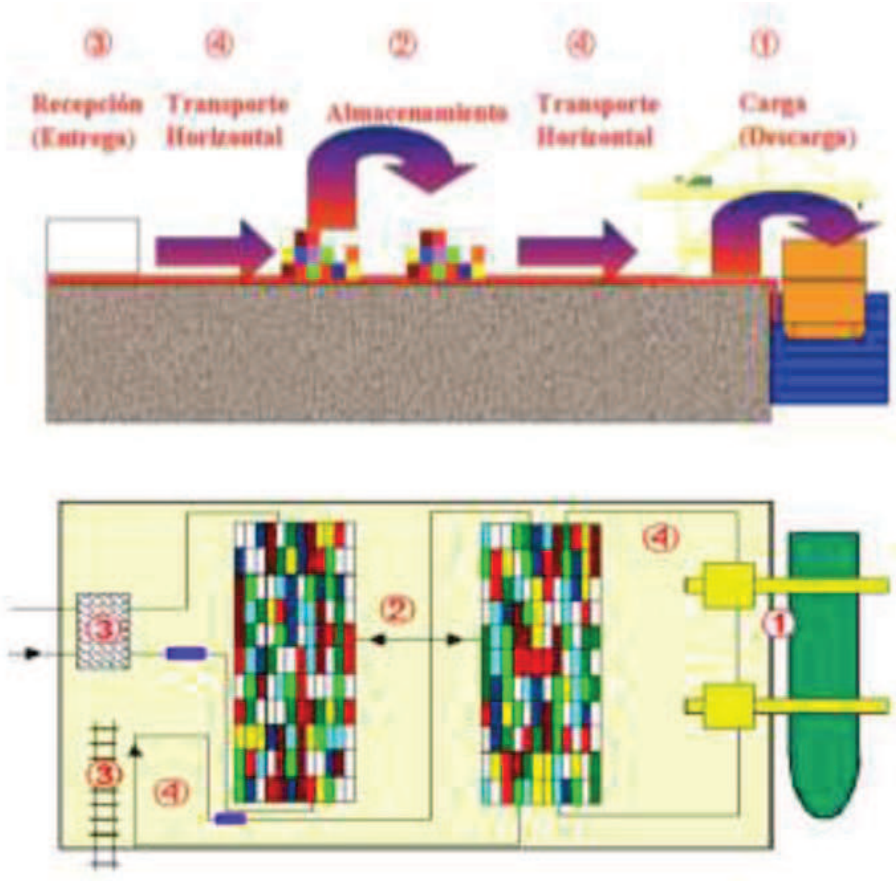


Fig. 1. Esquema de un terminal portuário de containers. Fuente [1].

Caracterización del sistema modelado

Se entiende por capacidad de la línea de atraque, el tráfico limite que el atracadero admite por unidad de tiempo (normalmente 1 año)

Según [1], un buen servicio de atraque consiste en un procedimiento de carga y descarga eficiente, combinado con tiempos de espera proporcionales al tiempo de servicio realizado.

La relación entre el tiempo de espera y el tiempo de servicio realizado es denominada “espera relativa”. Es importante observar que según [1], la calidad de los servicios portuarios se degrada con el aumento del tráfico. Usualmente, si la tasa de ocupación del muelle aumenta, la espera de las embarcaciones también aumenta.

Por esa razón, aunque la espera media relativa sea un parámetro aceptado como un buen indicador de calidad del servicio portuario, un parámetro más amplio se debe llevar en consideración, como la tasa de ocupación del terminal.

Así, la formulación del modelo utiliza como indicador de calidad del servicio, la espera relativa en función de la tasa de ocupación.

Conforme puede ser visto en [2], el reglamento de España recomienda valores máximos para las tasas de ocupación de la terminal en función del número de atracaderos existentes, admitiéndose tiempos de espera de 10% del tiempo de servicio. Para el tráfico regular de conteiner, esos valores son mostrados en la Tabla 1, visto en [2].

Tabla I. GRADO DE OCUPACION MÁXIMO RECOMENDADO

N° de muelles	Grado de ocupación máximo recomendado (%)
1	15
2	35
3	50
4	55
5	60
6	65
8	70
9 +	75

5. MODELO DE SIMULACION

En esta sección serán presentados los principales parámetros utilizados en el modelo de simulación propuesto por [1].

Capacidade de atraque

La definición de capacidad de atraque de un terminal debe considerar las características del muelle (longitud y calado), los equipamientos de carga y descarga, disponibilidad, condiciones ambientales, etc. Por lo tanto, el cálculo de la capacidad depende del tipo de embarcación, de la capacidad de carga/descarga y del número de conteiner o cantidad de carga embarcada.

Los parámetros considerados en el modelo son presentados en la Tabla II.

Tabla II. PARÁMETROS CONSIDERADOS EN EL MODELO

Símbolo	Descripción
α	Número de atracaderos en la línea
λ	Frecuencia de llegadas, ósea, número de embarcaciones que llegan al sistema por unidad de tempo
μ	La tasa de servicio de un atracadero, ósea, el número de embarcaciones atendidos por unidad de tempo en cada atracadero
q	Carga media de la embarcación a ser embarcada o desembarcada

Luego, estadísticamente la capacidad de atraque de un terminal puede ser dada por la ecuación:

$$Ca = \alpha \cdot \mu \qquad (1)$$

Tasa de ocupación

Es una medida de la capacidad de atender la demanda, entonces:

$$\rho = \frac{\lambda}{\alpha \,.\, \mu} = \frac{T_s}{\alpha \,.\, T_{LI}} \qquad (2)$$

TS Período medio de servicio de cada atracadero.

TLI Período medio entre llegadas consecutivas de embarcaciones.

Período medio de espera y espera relativa

El período medio de espera **TE** es el período que una embarcación espera en fila para realizar la operación en la terminal:

$$T_E = \frac{\sum_{i=1}^{N_B} t_{ei}}{N_B} \qquad \tau = \frac{T_E}{T_S} \tag{3}$$

NB Número de embarcaciones.

tei Período de espera de la embarcación i.

τ Espera relativa.

Número de embarcaciones atendidas y tráfico

El número de embarcaciones **NB** que son atendidos en un período de tiempo **H** y el tráfico **Q** en el sistema son datos, respectivamente, definidos por:

$$N_B = \frac{H}{T_{LI}} = \rho . a . \frac{H}{T_S} \tag{4.1}$$

$$Q = N_B . q = \rho . a . q . \frac{H}{T_S} \tag{4.2}$$

Trafico limite movimentado en el sistema

Un modelo de análisis aproximado del tráfico límite movido en el sistema **C**, en función de la capacidad de la línea de atraque es formulado en la Ecuación 5.

$$C = a . \rho . P . H \tag{5}$$

P La productividad media en un atraque.

6. RESULTADOS ORIGINALES

En el estudio original propuesto por [1], cuyo modelo de simulación fue presentado anteriormente, considerándose la llegada aleatoria de embarcaciones a la terminal, descrita a través de distribución estadística de tipo *Exponencial Erlang 6*.

Los principales resultados de las simulaciones obtenidos por [1] y que fundamentan este trabajo están sintetizados en la Figura 2. En el grafico es mostrada la espera media relativa en función de la tasa de ocupación del terminal.

El parámetro **a** utilizado en el gráfico de la Figura 2, indica el número de atracaderos existentes, en este caso variando de 1 a 6 atracaderos.

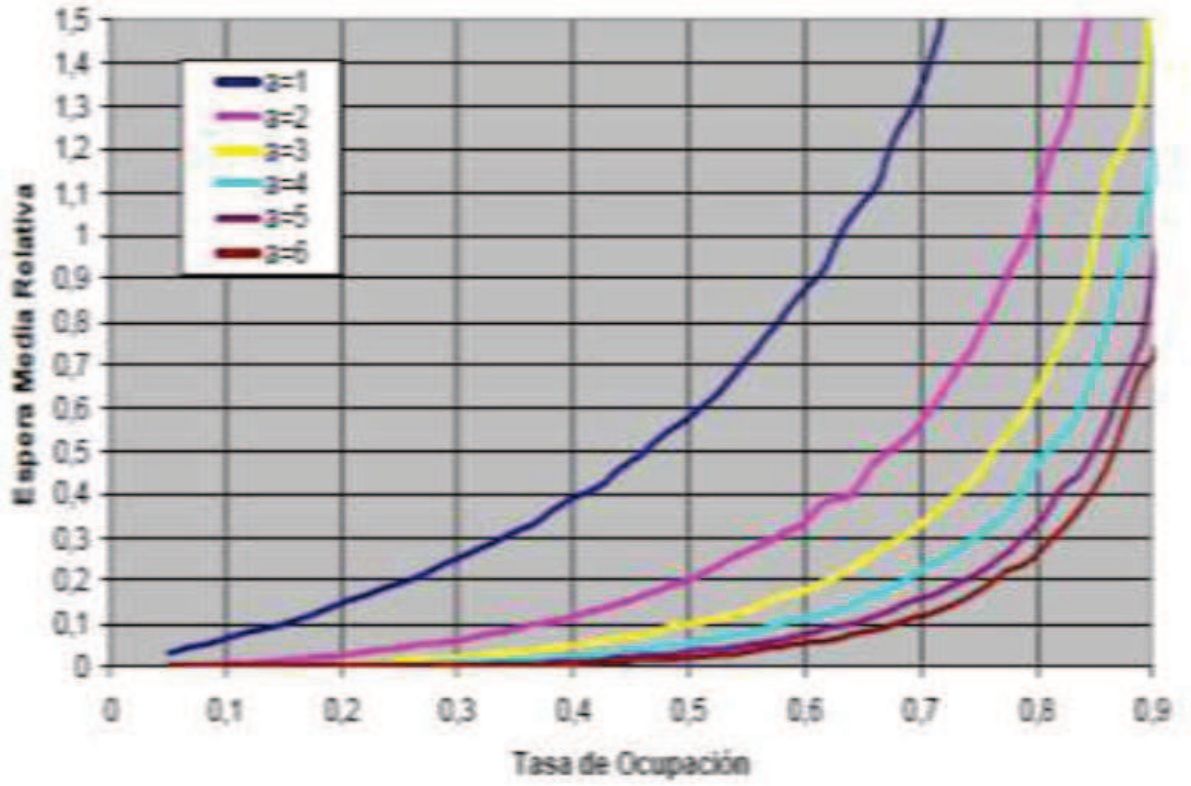


Fig. 2. Espera media relativa en función de la tasa de ocupación del teminal [1].

7. DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

Para la construcción de una superficie de respuesta neuronal es necesario establecer tres elementos importantes: el tamaño del conjunto de entrenamiento, la topología de la red y el número máximo de ciclos de entrenamiento. En esta sección serán presentados los diferentes estudios realizados para el desarrollo de la metodología propuesta.

Evaluación del número máximo de ciclos de entrenamiento

A partir de los datos presentados en la Figura 2. Fue definido un conjunto de datos exploratorios (puntos de interés tabulados a partir del gráfico) que constituyen el conjunto de entrenamiento de la red.

Inicialmente fue utilizada una red cuya topología es mostrada en la Figura 3. La topología utilizada posee una capa inicial con dos entradas: la tasa de ocupación y el

número de atracaderos; y una capa final con una salida que representa: la espera media relativa.

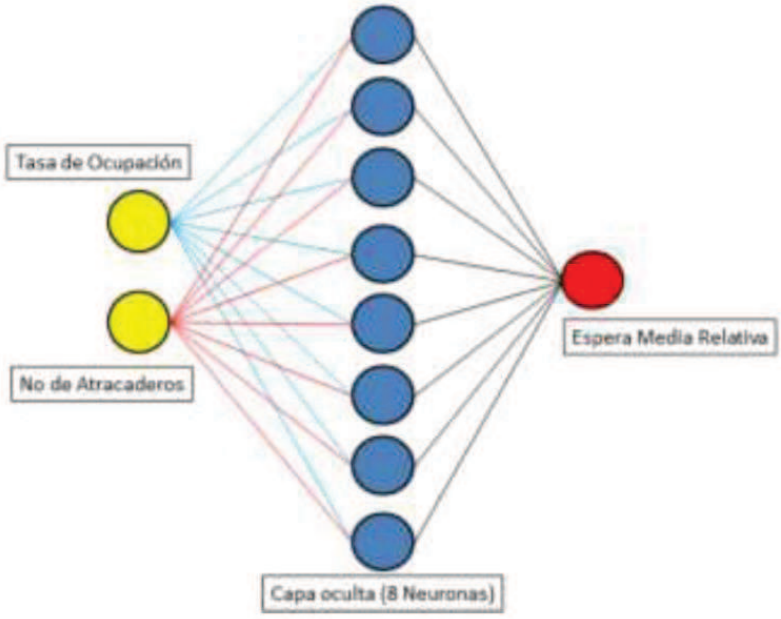


Fig. 3. Topologia de rede neuronal artificial usada em el analisis inicial.

Además de las capas de entrada y salida, la red contiene una capa intermedia (oculta) con ocho neuronas, clásicamente esa es la topología más utilizada para representar superficies continuas, así como es discutido por [3].

Con el objeto de establecer el número ideal de ciclos de entrenamiento, fue realizado un análisis paramétrico, manteniendo el conjunto de entrenamiento seleccionado y la topología descrita, y variándose el número máximo de ciclos de entrenamiento.

Para el conjunto de entrenamiento fueron seleccionados 90 puntos, divididos en grupos de 15, describiendo cada una de las curvas presentes en el gráfico de la Figura 2, representando la variación del número de atracaderos.

La red fue entrenada utilizando aprendizaje supervisado, ósea, a partir de los puntos presentes en el conjunto de entrenamiento son ajustados los pesos de las conexiones neuronales y los límites de activación de cada neurona, minimizando el error entre la superficie obtenida por simulación y la superficie construida por la red neuronal. El proceso de entrenamiento continúa de manera iterativa hasta que el número máximo de ciclos sea alcanzado.

Para este primer estudio fueron conducidos entrenamientos con el número de ciclos variado de 1.000 a 500.000 ciclos. Los resultados de error presentados en la red y del tiempo de procesamiento exigido en el entrenamiento en función del número de ciclos pueden ser vistos en la Figura 4.



Fig. 4. Error medio en los ensayos en función de los ciclos de entrenamiento.

Se puede observar en la figura 4, el comportamiento esperado del error medio en los puntos pertenecientes al conjunto de validación: cuanto mayor es el número de ciclos de entrenamiento, es menor el error y el tiempo de procesamiento.

Como el proceso de entrenamiento es lineal, el tiempo de procesamiento también es lineal con el número de ciclos, aunque el error decaiga de manera de asintótica, tiende a estabilizarse.

Así que para el problema en cuestión, el número de ciclos ideal para ser utilizado en el entrenamiento es aproximadamente 100.000 ciclos. Pues a partir de ese número, la ganancia en la reducción del error es poco significativa frente al aumento del costo computacional del proceso.

Evaluación del tamaño del conjunto de entrenamiento.

Una vez, establecido el número de ciclos ideal para el entrenamiento de las redes, fue realzado el estudio paramétrico para determinar cuál es el mejor tamaño del conjunto de entrenamiento.

Los casos analizados son mostrados en la Tabla III y los resultados acerca del tiempo de procesamiento y del error medio asociado a cada uno de los casos pueden ser vistos en el gráfico de la Figura 5.

Tabla III. TAMAÑO DE LOS CONJUNTOS DE ENTRENAMIENTO Y VALIDACIÓN

N	Distribución de los puntos	
	Conjunto de Entrenamiento	*Conjunto de Validación*
1	84	6
2	78	12
3	69	21
4	60	30
5	53	37
6	45	45
7	37	53
8	30	60
9	21	69
10	12	78
11	6	84

En el gráfico de la Figura 5, se puede observar que en la medida en que disminuye el número de puntos de entrenamiento, aumenta el error medio de la red y disminuye el tiempo de procesamiento gasto en el proceso.

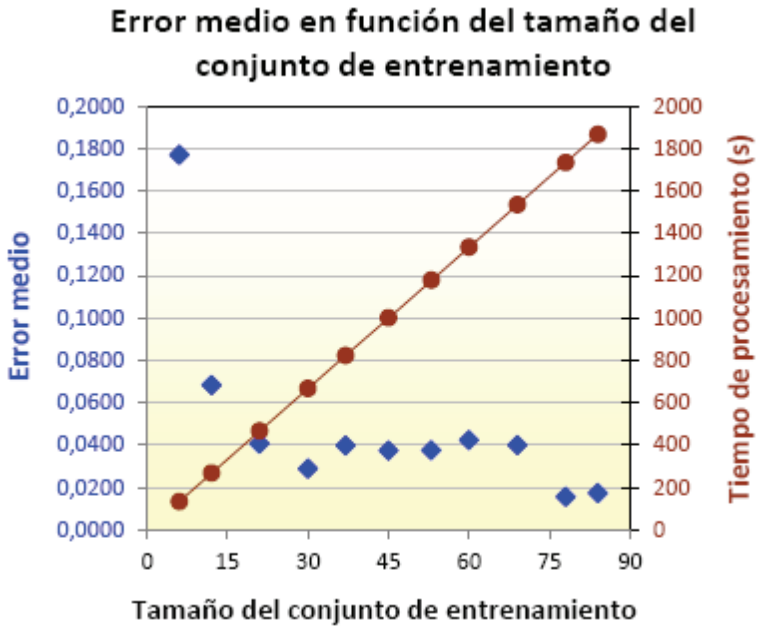


Fig. 5. Error medio en función del tamaño del conjunto de entrenamiento.

Nuevamente es importante observar que manteniendo el número de ciclos, el tiempo de procesamiento es lineal con el tamaño del conjunto de entrenamiento.

No obstante, a partir de un conjunto de entrenamiento que contiene 40 puntos, el error medio presente por la red neuronal pasa a ser prácticamente constante, indicando que no ocurre ganancia significativa en la representación de la superficie de respuesta con el aumento del conjunto de datos de entrenamiento.

En función de los resultados presentados, se define un conjunto ideal para el entrenamiento de la red neuronal con contenido de 45 puntos.

Evaluación de la topologia da red.

Una vez definidos los parámetros: número de ciclos máximo (100.000 ciclos) y tamaño del conjunto de entrenamiento (45 puntos) se debe definir la topología de red más adecuada para el problema en cuestión.

Para evaluar la influencia de la topología en el error medio y en el tiempo de procesamiento de la red neuronal, fueron construidas y entrenadas un conjunto de

20 redes neuronales de diferentes topologías, siempre con 100.000 ciclos de entrenamiento y 45 puntos en el conjunto de entrenamiento.

En la Figura 6, están representadas dos de las topologías utilizadas.

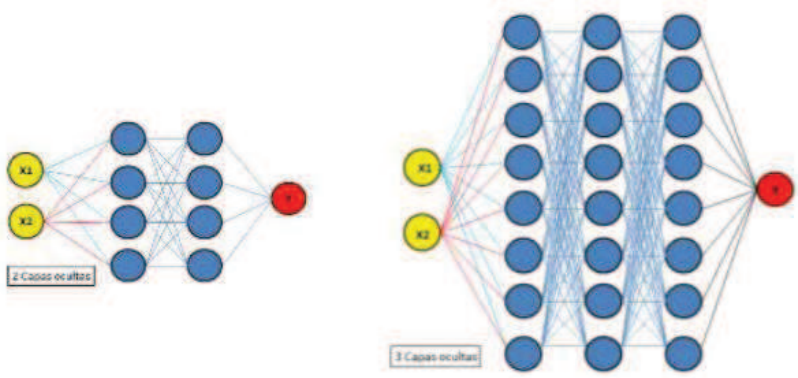


Fig. 6. Topologías con 2 y 3 capas internas (ocultas), con 4 y 8 neuronas en cada capa interna.

Los resultados del tiempo de procesamiento y del error medio de las diferentes topologías estudiadas están sintetizados en el gráfico de la figura 7.

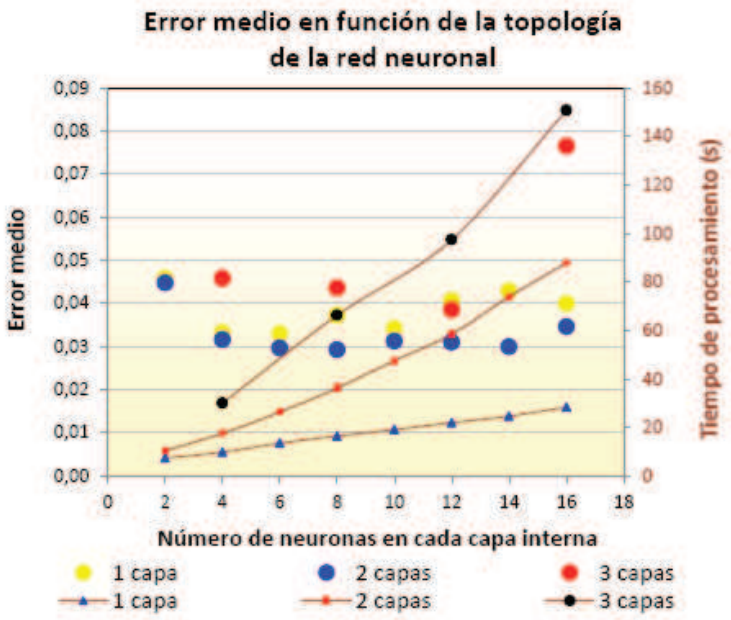


Fig. 7. Error medio en función de la topología de red neuronal.

La primera cosa interesante a ser observada en el gráfico de la Figura 7, es que a diferencia de los casos anteriores, la variación del tiempo de procesamiento no representa una relación lineal con la topología de la red. Esa no linealidad se debe al número de conexiones neuronales que se establecen cuando son adicionadas nuevas capas y nuevas neuronas por capa.

En relación al error medio presente, es necesario tener mucho cuidado al analizar el conjunto de datos obtenidos.

A primeira conclusão a que se pode chegar é que, para este problema, um número mínimo de neurônios por camada intermediária é de quatro neurônios. Os erros apresentados pelas redes que continham apenas dois neurônios por camada intermediária foram significativamente mais elevados. La primera conclusión a la que se puede llegar es que para este problema el número mínimo de neuronas por capa interna es de 4 neuronas. Los errores presentes por las redes que contienen apenas dos neuronas por capa interna fueron significativamente más elevados.

A continuación, es interesante observar que las redes presentan mayores valores de error medio cuando el número de neuronas ultrapasa las 14 neuronas por capa interna.

Ese hecho guarda relación cuando se constata que la red con 3 capas internas presento siempre un error superior al de las redes con una o dos capas internas. En ambos casos, el aumento de la topología de red resulto en un elevado número de conexiones neuronales que son ajustadas para la correcta creación de un patrón neuronal adecuado al problema.

Así es verificada la hipótesis propuesta por [3] donde las redes más complejas, eventualmente pueden representar mejor el problema analizado, sin embargo, requieren de un mayor número de ciclos y un mayor número de puntos en el conjunto de entrenamiento.

Es interesante observar que esa comprobación motivó que se tratase el problema "diseño de la red neuronal" como un problema multi-objetivo donde se desea minimizar el error medio de la red y minimizar el tiempo de procesamiento.

8. ABORDAJE DE PARETO

Para tratar el problema multi-objetivo descrito anteriormente, se realizó un abordaje exploratorio analizando la eficiencia de las diferentes configuraciones de redes neuronales, por medio de evaluación de 50 configuraciones distintas, cambiando de manera sistemática el número de ciclos de entrenamiento, la topología de red y el tamaño del conjunto de entrenamiento.

En el gráfico de la Figura 8, están sintetizados los resultados de esos análisis, siendo posible observar la dispersión de los 50 casos analizados en relación al tiempo de procesamiento y al error medio de cada red estudiada.

En un conjunto de soluciones posibles, una solución no dominada es aquella que presenta los valores menores o iguales a todas las otras soluciones del conjunto; para todas las funciones objetivo.

En un problema multi-objetivo, el conjunto de soluciones no dominadas de las dispuestas en un espacio continuo define una curva dominada *Frontera de Pareto*.

Conforme puede ser observado en el gráfico de la Figura 8, la frontera de Pareto posee tres regiones distintas: una región de bajos valores de tiempo de procesamiento, una región de bajos valores de error medio y una región de equilibrio entre los dos objetivos.

Es justamente sobre esa región de equilibrio, destacada en la Figura 8, que está localizada la región de interés para el problema en cuestión.

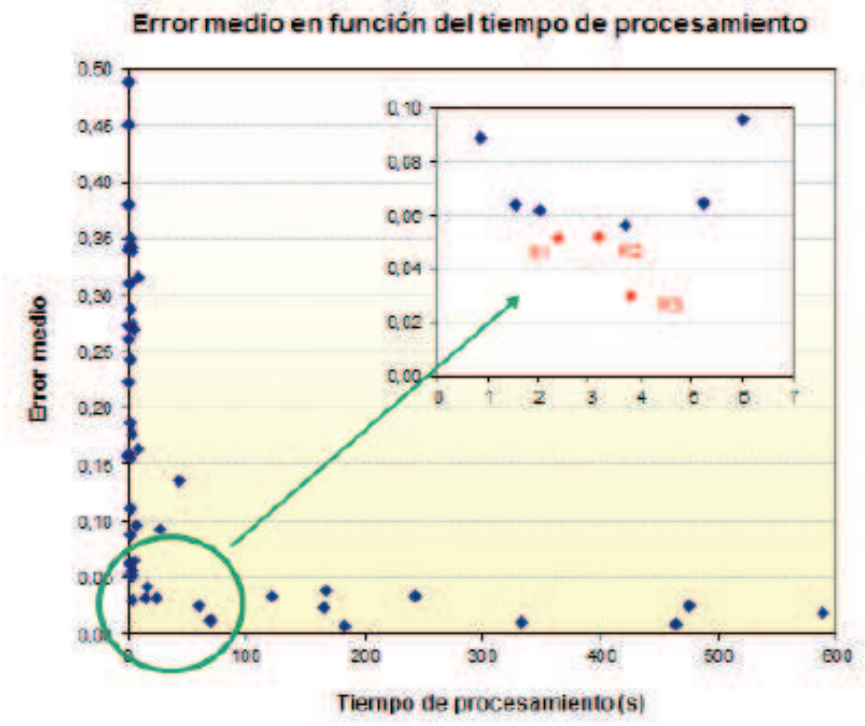


Fig. 8. Frontera de Paretto entre error medio y tiempo de procesamiento.

Para continuar con el estudio del problema, fueron escogidas tres soluciones (o configuraciones de red) pertenecientes a la región de interés. Las soluciones escogidas fueron destacadas en la Figura 8 y denominadas R1, R2 y R3.

Se podría profundizar este estudio incorporando un abordaje basado en técnicas de optimización. No obstante, para los propósitos de este artículo, el abordaje sistemático se mostró bastante adecuado.

Análisis de la región de interés

A continuación es presentada la distribución de los parámetros estudiados. En el gráfico de la Figura 9, es presentada la variación del número de ciclos de entrenamiento a lo largo de la frontera de Pareto, mientras que en el gráfico de la Figura 10 se presenta la distribución del tamaño del conjunto de entrenamiento.

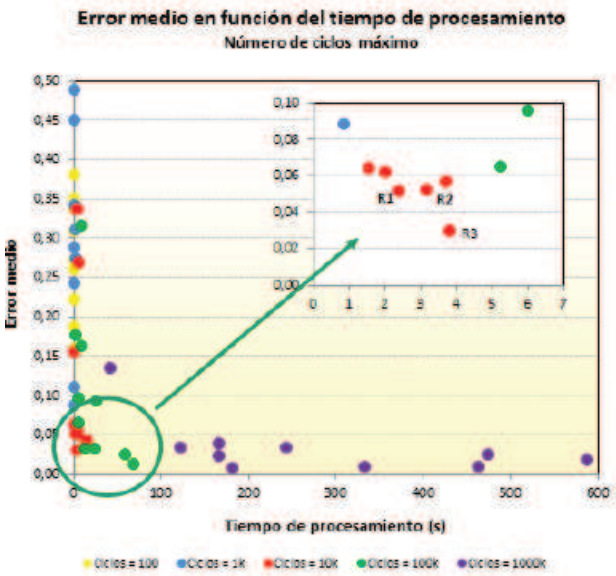


Fig. 9. Distribución del número de ciclos a lo largo de la Frontera de Paretto.

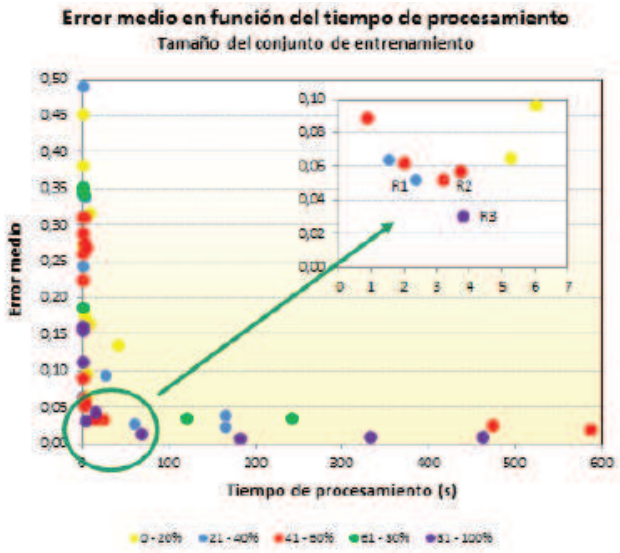


Fig. 10. Distribución del tamaño del conjunto de entrenamiento a lo largo de la Frontera de Paretto.

Se puede fácilmente observar que en la región de interés seleccionada para el problema en cuestión, las redes neuronales que presentan el mejor desempeño poseen predominantemente 10.000 ciclos de entrenamiento y hasta 45 puntos en el conjunto de entrenamiento.

Por fin, es presentado en el gráfico de la Figura 11 la distribución de la topología de red a lo largo de la frontera de Pareto.

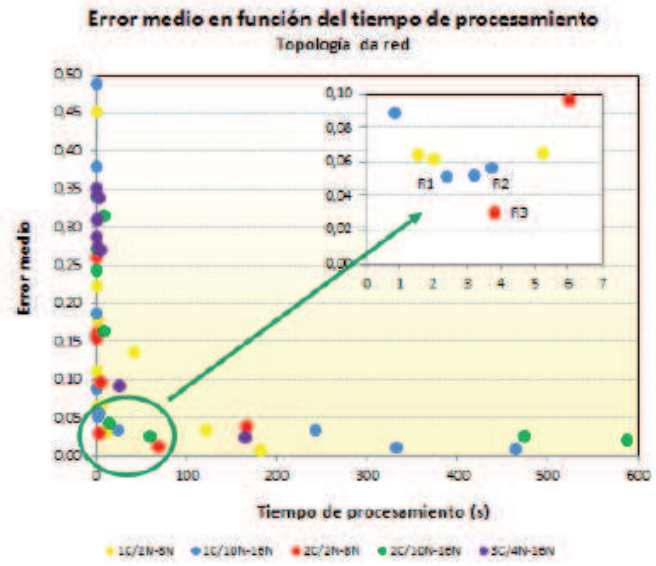


Fig. 11. Distribución de la topología de red a lo largo de la Frontera de Paretto.

En la región de interés del problema, existen diferentes configuraciones de red, sin embargo se observa una tendencia para las redes de topología más simple, predominando las redes con apenas una capa interna.

Se destaca la red denominada R3, que a pesar de poseer dos capas internas, presenta buen desempeño gracias al bajo número de neuronas por capa, y al gran número de puntos en el conjunto de entrenamiento.

9. RESULTADOS: COMPARACION ENTRE LAS 3 REDES NEURONALES ESCOJIDAS

Una vez escogidas las tres superficies neuronales más promisorias para el problema en cuestión, se continuó con el análisis más profundo que es presentado a continuación.

Inicialmente las curvas generadas por las redes neuronales fueron comparadas con las curvas originales propuestas por [1] y que sirven de base para el estudio. El resultado de la comparación entre la superficie neuronal R1 y las curvas originales para cada cantidad de atracadero puede ser visto en el gráfico de la Figura 12.

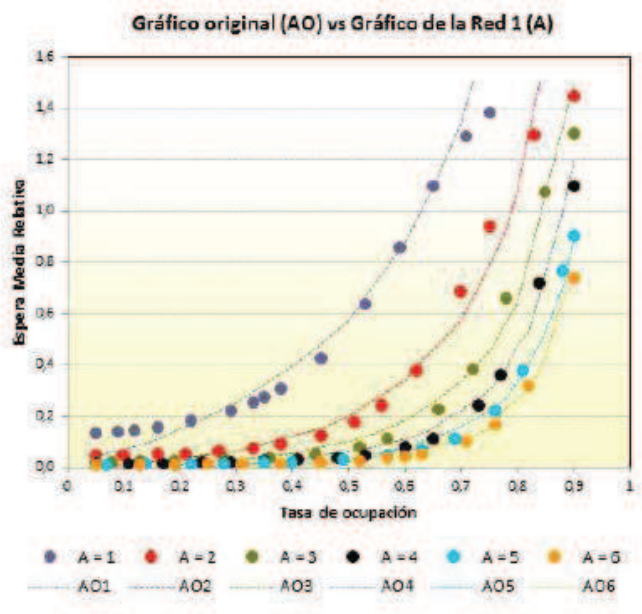


Fig. 12. Comparación entre la red R1 y el modelo inicial.

Observando el gráfico de la Figura 12, se puede constatar que la superficie neuronal presenta buena adherencia con los datos originales y puede fácilmente substituir la consulta manual usando el gráfico de la Figura 2, en procesos automatizados de gestión y toma de decisiones envolviendo el terminal o las embarcaciones de transporte.

Por simplicidad fueron omitidos los gráficos de comparación con R2, R3 y las curvas originales, ya que no representan diferencia significativa en relación al gráfico de la Figura 12. En vez de eso, es presentado en el gráfico de la Figura 13 la comparación de la curva original con la superficie de respuesta de las 3 redes para los casos de 1, 3 y 6 atracaderos.

Se observa en el gráfico de la Figura 13, que las tres superficies neuronales reproducen adecuadamente el modelo original y la decisión para escoger entre una y otra se debe llevar en consideración con otros criterios.

Las redes R1 y R2 poseen topología más simple y por tanto mayor facilidad de manipulación, comprensión e implementación. Por otro lado la red R3, es la que presenta menor error medio entre las 3 redes consideradas.

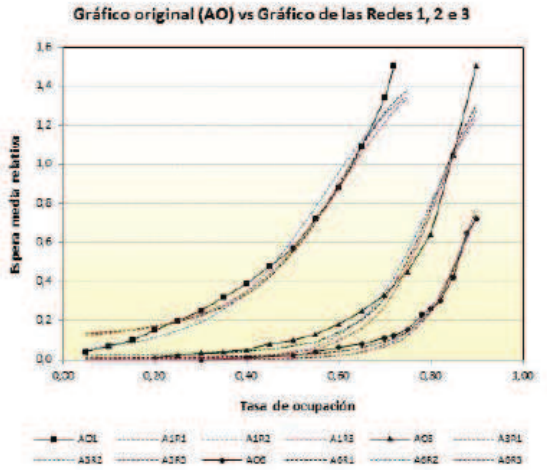


Fig. 13. Comparación entre las redes R1, R2 y R3 y el modelo inicial.

Extrapolación de los datos para nuevas situaciones

Finalmente las superficies construidas fueron analizadas para verificarse cuál es la capacidad de extrapolación que esos modelos poseen en relación a nuevos escenarios.

Para verificar esa capacidad se evaluaron los casos en los que el terminal poseía 1.5 y 2.5 atracaderos. Esos casos aunque parezcan “extraños” y no sean contemplados en el modelo inicial, pueden representar situaciones reales de funcionamiento del terminal.

Un ejemplo de situaciones donde esos casos pueden ocurrir es la existencia de periodos de imposibilidad de operación debido a factores ambientales o laborales.

Otro caso posible es la reserva del atracadero para empresas que tienen contrato de exclusividad o prioridad en parte del periodo.

Los resultados para ambos casos considerados están sintetizados en el gráfico de la Figura 14. Se observa en los resultados sintetizados en el gráfico de la Figura 14, donde puede percibirse que tanto la superficie R1, así como la R3 presentan un comportamiento anómalo, indicando un tiempo de espera para 2.5 atracaderos

menor que para 3 atracaderos, en el caso de que el terminal presenta una tasa de ocupación de 50%.

Por otro lado la superficie R2 presenta un comportamiento más próximo al esperado y se torna el modelo más adecuado y realista en relación al problema propuesto.

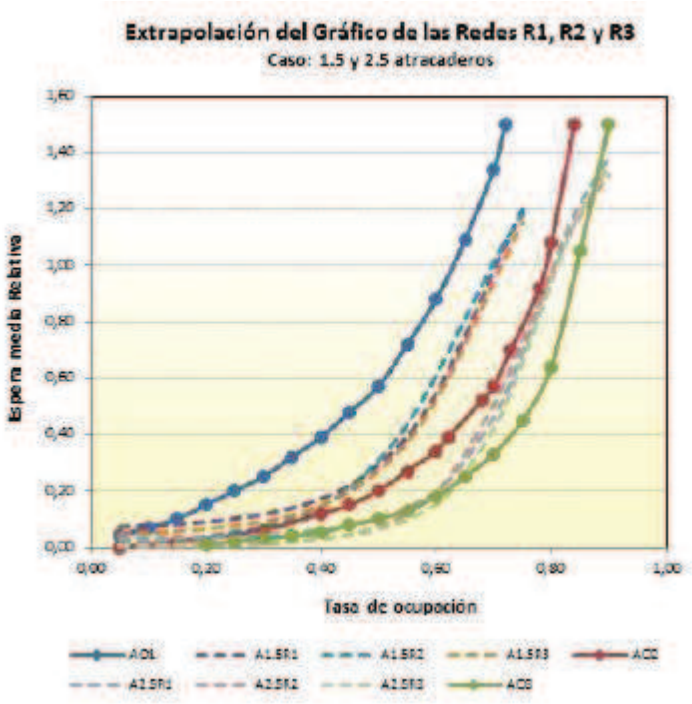


Fig. 14. Extrapolación del modelo em la prediccíon de nuevos casos.

10. CONCLUSION

Se presentó en este artículo un modelo basado en la técnica de redes neuronales artificiales para la construcción de una superficie de respuesta capaz de reducir los costos del proceso de simulación en problemas de logística, así como permitir la automatización; substituyendo la consulta manual de los gráficos de interpolación de los resultados.

Para el problema en cuestión, se determinó que la superficie neuronal que mejor representa el modelo de simulación debe poseer 45 puntos en el conjunto de entrenamiento, una capa interna, con hasta 10 neuronas y ser entrenada por cerca de 10.000 ciclos.

Además de reconstruir los datos originales obtenidos por simulación, la superficie de respuesta neuronal es todavía capaz de extrapolar valores coherentes para nuevos escenarios.

Por último, fue establecida una metodología más amplia para la construcción de modelos predictivos que puedes ser fácilmente aplicada a cualquier problema que envuelve simulación de procesos logísticos.

BIBLIOGRAFÍA

[1] A. C. Orive and N. G. Cancelas, “Optimización y estudio de la capacidad de terminales portuarias mediante modelos de simulación de la explotación. determinación de los niveles de servicio”, Código del Proyecto: PT-2006-004-14IAPM, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, Espanha, 2009.

[2] I. L. Ansorena, “Terminales Multi-clientes vs Terminales dedicadas. Estudio del caso del puerto de valencia”– International Association of Maritime Economists (IAME), Santiago, Chile, 2011.

[3] T. P. Tancredi, “Otimização Multidisciplinar Distribuída aplicada a Projetos de Engenharia”. Tese de doutorado, Universidade de São Paulo, Brasil, 2008.

[4] M. V. O. Bezerra, T. P. Tancredi, H. M. Morishita, “Aplicação de Superfícies de Resposta para Otimização dos Parâmetros de Controle de um Sistema de Posicionamento Dinâmico”, 24º Congresso Nacional de Transporte Aquaviário, Construção Naval e Offshore, Rio de Janeiro, Brasil, 2012.

[5] S. Zeboudj, N. Belhanèche-Bensemra, R. Belabbès, “Use of surface response methodology for the optimization of the concentration of the sweet orange essential oil of Algeria by wiped film evaporator”, Journal of Food Engineering, Volume 67, Issue 4, April 2005, Pages 507-512, ISSN 0260-8774, 10.1016/j.jfoodeng.2004.05.018.

[6] V. T. Chaves, T. P. Tancredi, B. L. R. Andrade, “Modelo de Redes Neurais para estimativa de Peso Estrutural Otimizado de Embarcações”, 24º Congresso Nacional de Transporte Aquaviário, Construção Naval e Offshore, Rio de Janeiro, Brasil , 2012.

[7] R. Z. Venzon, T. P. Tancredi, B. L. R. Andrade, “Aplicação de Redes Neurais para a Determinação do Comportamento em Heave de Plataformas Semi Submersíveis”, 24º Congresso Nacional de Transporte Aquaviário, Construção Naval e Offshore, Rio de Janeiro, Brasil, 2012.

[8] F.M. Shuaeib, A.M.S. Hamouda, S.V. Wong, R.S. Radin Umar, M.M.H. Megat Ahmed, A new motorcycle helmet liner material: The finite element simulation and design of experiment optimization, Materials & Design, Volume 28, Issue 1, 2007, Pages 182-195, ISSN 0261-3069, 10.1016/j.matdes.2005.04.015.

Aplicação de fotogrametria na determinação da geometria de um propulsor: análise numérica de seu desempeho e comparação com estimativas a partir das séries sistemáticas

Lucas Fujiwara Osako
lucas.osako@usp.br
Bernardo Luis Rodrigues de Andrade
beluroan@usp.br
Thiago Pontin Tancredi
thiago.tancredi@poli.usp.br
Laboratório de Otimização e Projeto Integrado
Departamento de Engenharia Naval e Oceânica
Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil

RESUMO

O presente trabalho descreve o procedimento utilizado para a determinação das características geométricas de um propulsor utilizando a técnica da fotogrametria. Esse procedimento permite realizar a avaliação de possíveis diferenças entre projeto e o peça de fato produzida, justificando possíveis variações de desempenho. Através de uma sessão de fotografias digitais, o processo de fotogrametria permite construir um modelo CAD tridimensional para a determinação das características geométricas globais, tais como a relação de área expandida das pás, como também as características geométricas específicas de cada seção, como o rake. A geometria modelada é então comparada à geometria proposta pelas séries sistemáticas para a identificação de possíveis diferenças. Em seguida, é apresentada uma avaliação de desempenho do propulsor realizada por meio de um simulador numérico que utiliza como entrada os dados da geometria obtidos pelo modelo CAD. O principal resultado é uma comparação entre as curvas *características de desempenho (KT x J; 10KQ x J; η x J) determinadas pela metodologia proposta pelo presente trabalho com as curvas de desempenho estimadas pelas séries sistemáticas.*

1. INTRODUÇÃO

A última década consagrou o processo de otimização como ferramenta de vital importância para a busca de novos paradigmas nos projetos de engenharia. O trabalho dos engenheiros não se limitou apenas a superar barreiras, mas fazê-lo da forma mais eficiente possível.

Em geral, essa busca pela “melhor solução” é empreendida de forma intuitiva e depende fortemente da experiência do engenheiro. Contudo, mesmo um engenheiro experiente tem dificuldades em intuir o comportamento de sistemas complexos, e na maioria dos casos adota soluções conservadoras de projeto.

Nos últimos anos, entretanto, uma corrente crescente de pesquisadores tem buscado alternativas para sistematizar e otimizar os projetos de engenharia. Motivados pelo crescente avanço dos recursos computacionais, a busca por metodologias e algoritmos de otimização tem se intensificado.

O mercado extremamente competitivo de embarcações de recreio de alta velocidade insere-se perfeitamente a este novo paradigma de projeto otimizado. Lanchas e embarcações de alta velocidade requerem projetos arrojados que facilmente podem utilizar a metodologia de otimização para adquirirem um diferencial competitivo no mercado.

Por outro lado, ao contrário do que ocorre com cascos de deslocamento construídos em aço, existe uma grande lacuna cientifica no que refere aos modelos de predição de atributos para embarcações de planeio feitas em materiais compósitos.
Desde 2010 o grupo de Pesquisa *LoopIn* (Laboratório de Otimização e Projeto Integrado) do Departamento de Engenharia Naval e Oceânica da Escola Politécnica, regularmente registrado junto ao CNPq trabalha no sentido de desenvolver tais modelos.

O presente trabalho insere-se nesse contexto, dando prosseguimento a este estudo, e desenvolvendo um trabalho conjunto com os demais pesquisadores do grupo. Por meio da técnica da fotogrametria, foi possível realizar a construção de um modelo CAD tridimensional de um propulsor de 270 mm de diâmetro, a fim de realizar um estudo não apenas das propriedades geométricas (e.g. passo e o rake) como também da própria geometria do propulsor (e.g. seções de cada uma das pás). Então, as seções do modelo CAD são comparadas com a geometria obtida em ensaio com apalpadores e com a geometria das séries sistemáticas, a fim de permitir a identificação de possíveis desvios e problemas durante o ensaio de fotogrametria. Em seguida, é realizado um estudo de análise numérico do desempenho em termos das curvas características de desempenho (KT x J; 10KQ x J; η x J), que é então comparado com os valores estimados nas séries sistemáticas.

2. OBJETIVOS

Analisando trabalhos iniciais desenvolvidos pelo grupo constatou-se, por meio de provas de mar (ensaios em escala real), que as velocidades alcançadas pelas embarcações testadas estavam um pouco abaixo da previsão estipulada pelo modelo de síntese originalmente proposto.

Após uma revisão cuidadosa, a suspeita recaiu sobre a eficiência dos propulsores utilizados. Devido aos altos níveis de velocidade e ao elevado carregamento dos propulsores, a maioria das embarcações de planeio atua com certo grau de cavitação, o que acarreta em uma queda da força propulsora fornecida pelo hélice e também sua eficiência. Consequentemente, o problema de cavitação não pode ser ignorado durante a seleção do sistema propulsor.

Em 1976, Gawn e Burrill realizaram uma série de experimentos (com e sem cavitação) com propulsores de três pás de faces planas (Gawn, et al., 1976). Os resultados deram origem à série sistemática de propulsores Gawn-Burrill. Diferentes autores propuseram modelos para estimativas dos coeficientes de propulsão dessa série sistemática. No trabalho de (Radojcic, 2009) é feita uma comparação entre quatro desses modelos.

Baseado em (Radojcic, 1990), foi desenvolvido um módulo para estimativas dos coeficientes de propulsão da série Gawn-Burrill. Posteriormente foram adicionadas algumas restrições para o modelo encontradas em (Radojcic, 2009).

Recentemente, outro modelo dos propulsores de Gawn foi encontrado. Desenvolvido por (Blount, et al., 1981), esse modelo pode ser utilizado para propulsores de quatro pás, diferentemente do modelo anterior, que permite apenas o uso de propulsores de três pás.

Talvez a série de propulsores mais difundida entre os engenheiros navais seja a série B (Carlton, 2007). Essa série não considera a redução dos coeficientes propulsivos devido ao efeito de cavitação.

Porém, o que se verifica é que esses modelos não se enquadram aos propulsores construídos e de fato utilizados nas embarcações. Dentro desta hipótese, na primeira etapa do trabalho foi realizado o levantamento do hélice realmente construído, e na etapa final foi realizada a comparação com o hélice idealmente proposto, realimentando o modelo de síntese.

3. METODOLOGIA

O estudo de eficiência proposto para os propulsores construídos no Brasil, contou com três etapas principais. A primeira foi a captura de um propulsor real utilizando o equipamento de Fotogrametria disponível no Departamento de Engenharia Naval e Oceânica da Universidade de São Paulo. A segunda foi a comparação entre a geometria das seções obtida por meio da fotogrametria, do ensaio de apalpadores e da série B de propulsores. Por fim, o modelo tridimensional levantado foi então analisado no programa de escoamento fluido PPB® (PPB Propeller Analysis Tool - Hamburg ship Model Basin) para a determinação das curvas de eficiência dos hélices efetivamente construídos e permitir a comparação com as curvas teóricas das series sistemáticas utilizadas na fase de projeto. Um exemplo de utilização de

programas de escoamento fluido ao redor de corpos sólidos pode ser visto no recente trabalho (Ramos 2011).

Os resultados obtidos, quando combinados com os trabalhos elaborados pelo grupo, resultarão em um modelo de síntese aprofundado para o projeto de embarcações de planeio construídas em material compósito que será de grande valia aos engenheiros e projetistas navais.

3.1. Utilização da técnica de fotogrametria para a representação do propulsor no programa CAD

A técnica de fotogrametria permite o levantamento do modelo 3D de um objeto sólido com precisão de décimos de milímetros através da captura de marcadores apropriados, posicionados pelo próprio usuário. Pode-se destacar outros exemplos de aplicação da técnica da fotogrametria em outros projetos de engenharia naval em trabalhos de (Menna,2009), (Menna, 2010) e (Ljubenkov, 2010). Contudo, nestes casos a técnica foi utilizada com a finalidade de determinar a superfície da embarcação, em alguns casos incluindo propulsor, mas sem uma avaliação posterior de desempenho.

No presente trabalho foi utilizado o equipamento de Fotogrametria que utiliza o programa TRITOP® (GOM - Gesellschaft für Optische Messtechnik). O TRITOP identifica linhas e pontos através de contrastes entre preto e branco, que podem ser reproduzidos por marcadores do próprio equipamento ou também por fitas adesivas convencionais, o que provê grande liberdade ao usuário para configurar os marcadores de diversas maneiras. Dessa maneira, primeiramente foi conduzido um estudo para determinar a melhor configuração dos marcadores, como mostrado na Figura 1, especialmente para verificar se seria mais adequado o uso de linhas, pontos ou o uso combinado dos dois para a reprodução da superfície das pás quando exportados para o programa de modelagem selecionado, o FRIENDSHIP® (FRIENDSHIP SYSTEMS GL), evidenciado na Figura 2.



Figura 1: Propulsor com diferentes padrões de marcação

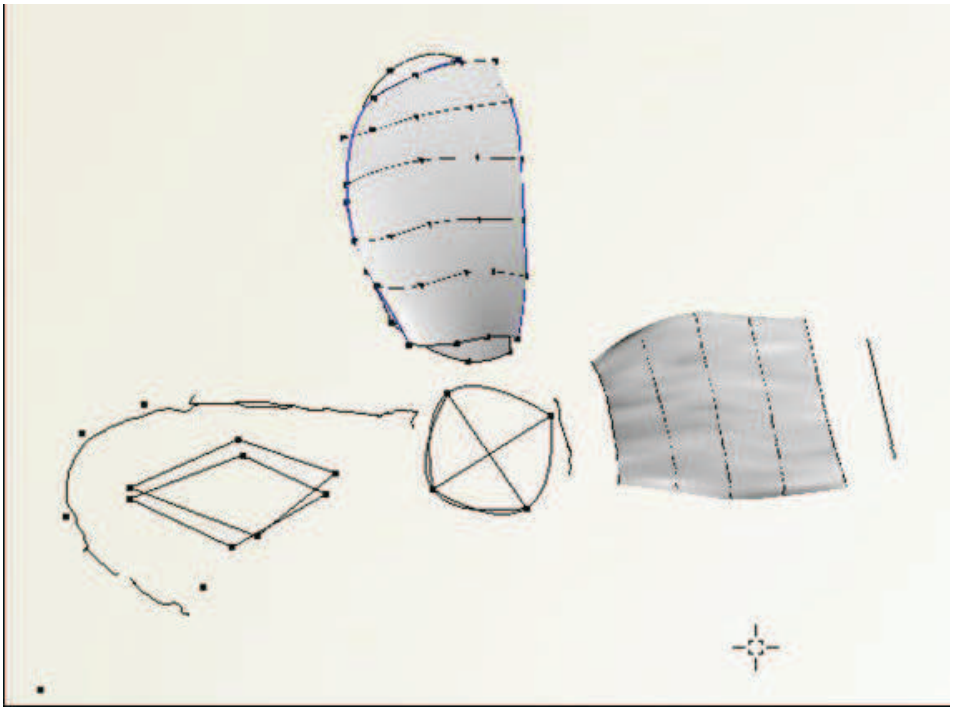


Figura 2: Representação dos diferentes padrões no programa CAD

Neste teste verificou-se que o uso de linhas era a maneira mais adequada para parametrizar a superfície, contudo, também se provou a que demandava mais esforço, pois a identificação das mesmas pelo TRITOP deveria ser feita individualmente e gerava maiores ruídos com relação aos pontos. Já os pontos, apesar de apresentarem grande conveniência por serem gerados automaticamente pelo programa, apresentaram grande dificuldade para reproduzirem sozinhos a superfície completa da pá. Sendo assim, o uso misto de pontos e marcadores mostrou-se o padrão mais eficiente, utilizando as linhas para a criação da superfície e os pontos para realizar a verificação da mesma.

Um segundo ensaio de fotogrametria foi então realizado, como mostrado na Figura 3, tendo como principal objetivo a representação de uma das pás para a posterior condução das análises de desempenho.

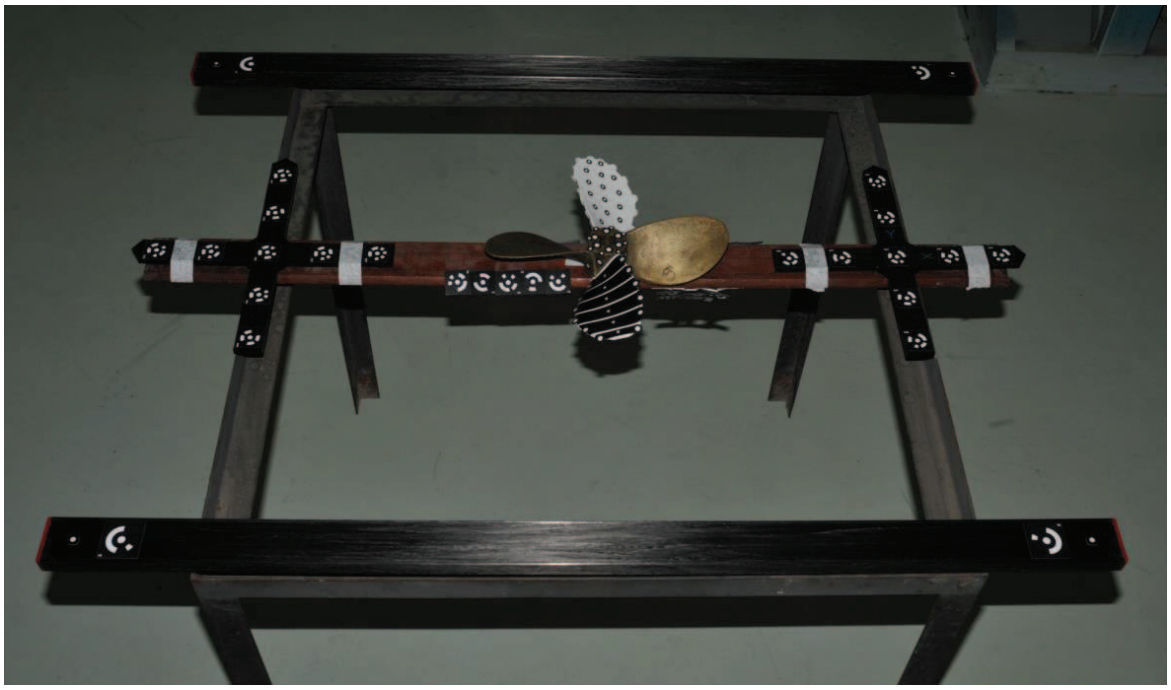


Figura 3: Segundo ensaio de Fotogrametria.

A Figura 4 evidencia as posições de cada uma das fotografias tiradas durante o ensaio de fotogrametria, em ferramenta do programa TRITOP.

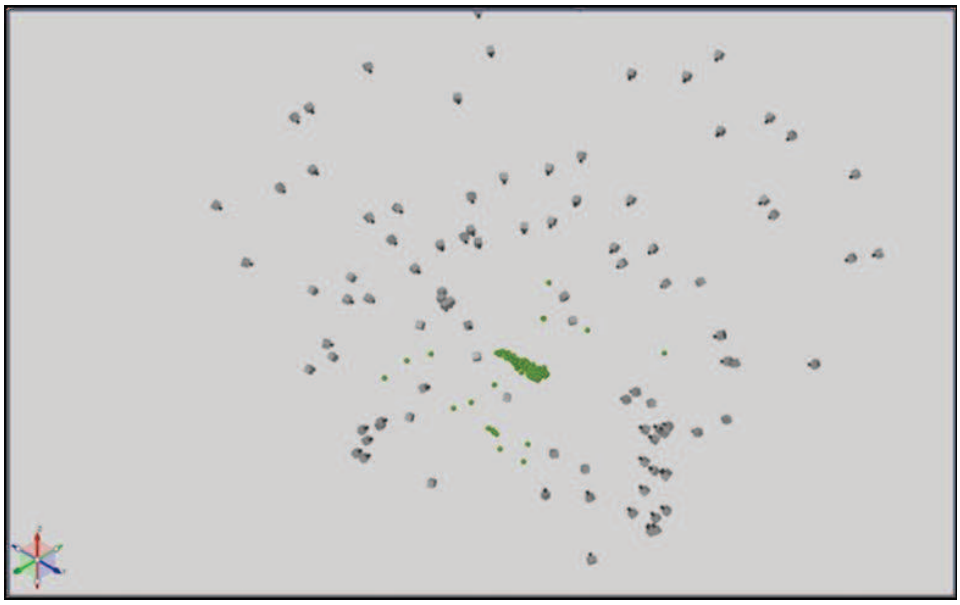


Figura 4: Representação das posições de cada fotografia no TRITOP.

Numa etapa posterior, foi realizado um terceiro ensaio a fim de realizar uma verificação dos resultados obtidos no ensaio anterior, desta vez posicionando-se o propulsor na vertical, como evidenciado na Figura 5.

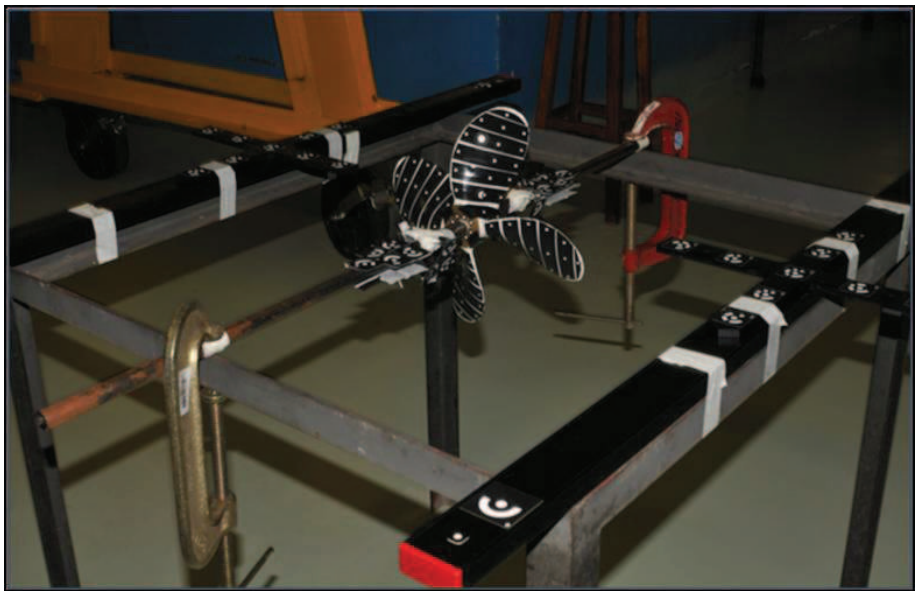


Figura 5: Terceiro ensaio de fotogrametria.

3.2. Tratamento dos dados no programa FRIENDSHIP

Inicialmente os arquivos obtidos pelo TRITOP na segunda seção de fotogrametria apresentavam a configuração conforme a Figura 6 quando importados no

FRIENDSHIP. Assumindo que as quatro pás eram suficientemente semelhantes entre si, decidiu-se trabalhar com a modelagem de apenas uma delas, e as propriedades geométricas nela obtidas seriam representativas para as demais pás do propulsor.

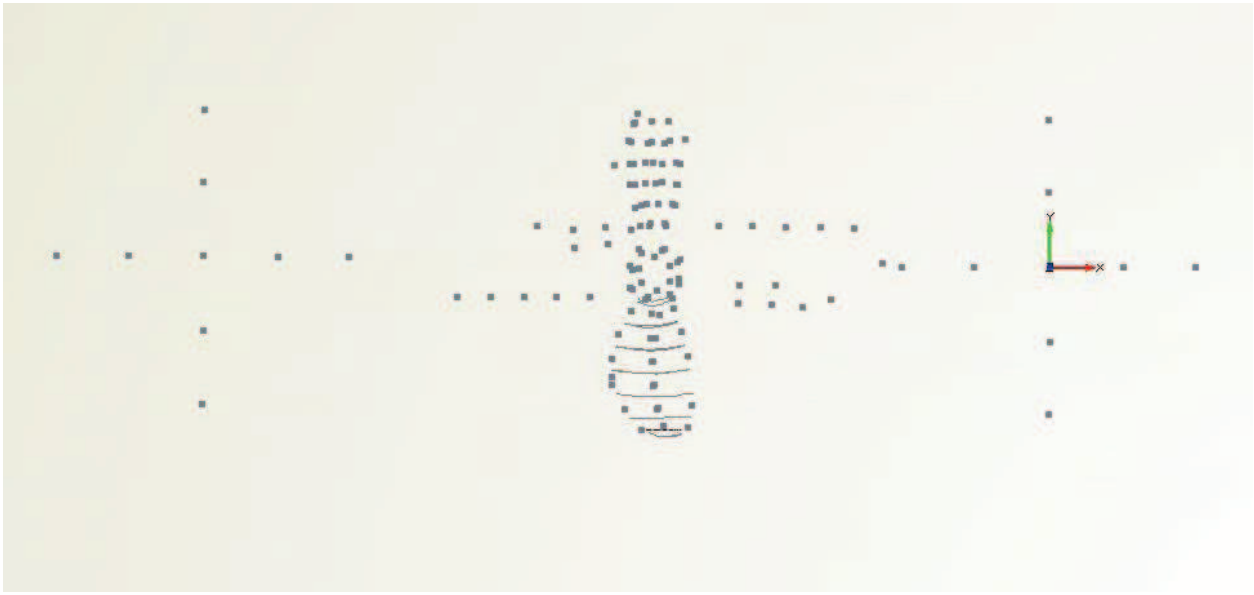


Figura 6: Pontos e linhas importados no FRIENDSHIP.

O FRIENDSHIP permite a introdução de rotinas criadas pelo usuário, chamadas Features, que permitem realizar diversas funções, como automatizar processos de alteração geométrica. Ao notar que havia um ruído visível nas linhas importadas, como mostrado na Figura 7, foi criada uma *Feature* que calculava a média das coordenadas entre pontos adjacentes, o que permitiu realizar a criação de uma superfície do tipo *loft*, que melhor se aproxima das curvas dadas, contínua o suficiente para o programa não notificar erros de construção, como mostrado na Figura 8.



Figura 7: Detalhe das linhas de contorno da pá do propulsor.

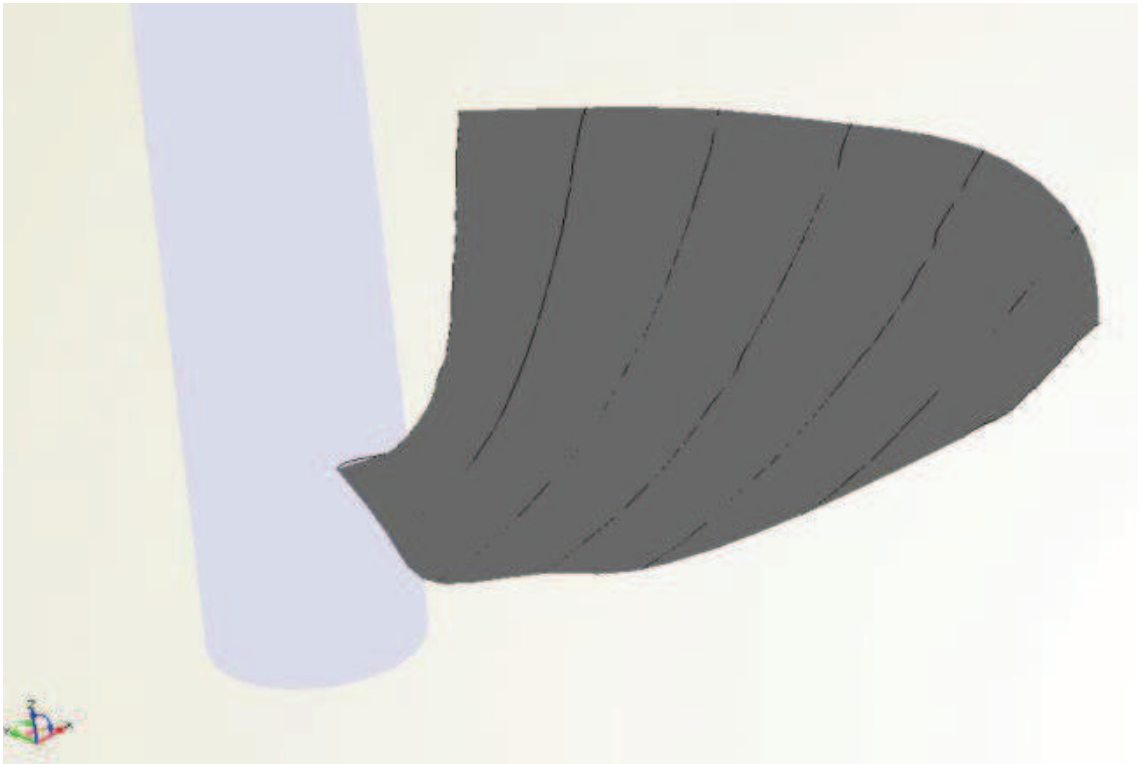


Figura 8: Superfície criada para as linhas do dorso da pá.

Com o auxílio do programa CAD RHINOCEROS® (Robert McNeel & Associates), o centro do eixo propulsor foi encontrado por meio de marcadores que haviam sido

posicionados nas faces do bosso. Então, cilindros concêntricos ao eixo foram criados, como mostra a Figura 9, a fim de obter as seções de intersecção entre as superfícies da pá e dos cilindros, como proposto por (Carlton, 2007), e ilustrado na Figura 10.

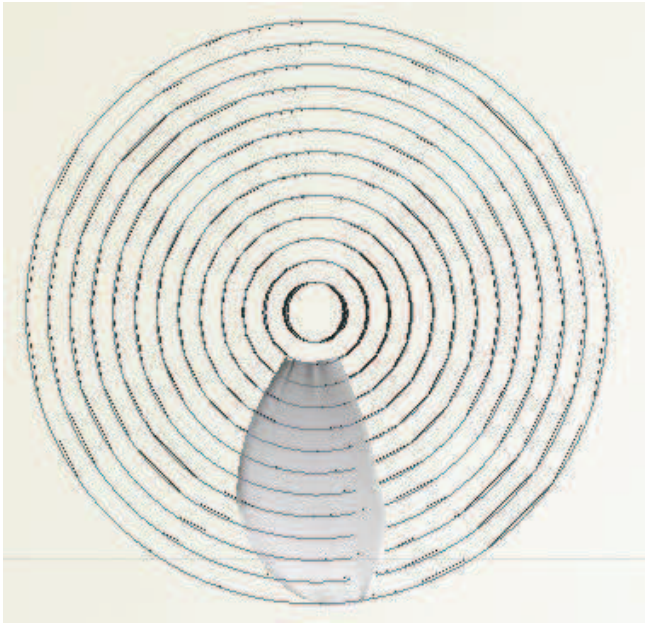


Figura 9: Cilindros interseccionando a superfície criada.

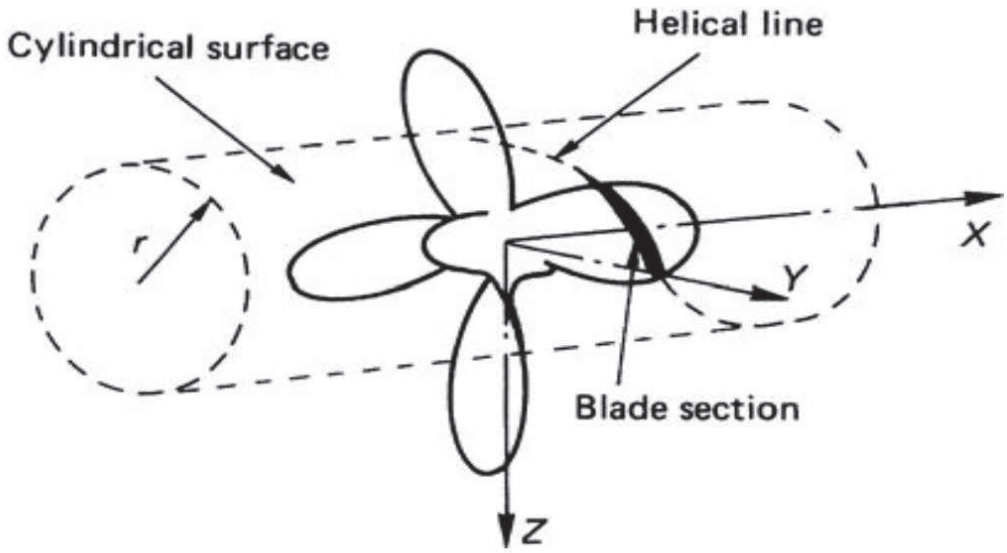


Figura 10: Ilustração retirada de (Carlton, 2007) que ilustra a intersecção da pá com a superfície do cilindro.

Os resultados das intersecções estão apresentados na Figura 11. Posteriormente mais cilindros foram criados próximos à região do bosso para melhor capturar a geometria dessa região.

O próximo passo foi criar uma *Feature* que permitisse ligar as curvas obtidas para superfícies do dorso e da face da pá, a fim de obter seções completas. Vários métodos foram testados para tentar realizar essa conexão, e chegou-se à conclusão de que o método que apresentava visualmente os melhores resultados, ou seja, os resultados que mais se assemelhavam a uma curva NACA convencional, era a aplicação de uma curva interpoladora ligando os pontos localizados nas posições 2%, 5%, 9%, 14%, 20%, 80%, 86%, 91%, 95% e 98% ao longo de cada uma das linhas, considerando 0% o começo de cada linha e 100% o final. A finalidade dessa distribuição foi de concentrar mais pontos de referência na região das bordas de cada linha, a fim de preservar a sua curvatura. A distribuição dos pontos está evidenciada na Figura 12, sendo que os pontos em vermelho representam as posições de cada ponto.



Figura 11: Curvas de intersecção dos cilindros com a pá do propulsor, obtidas no segundo ensaio.

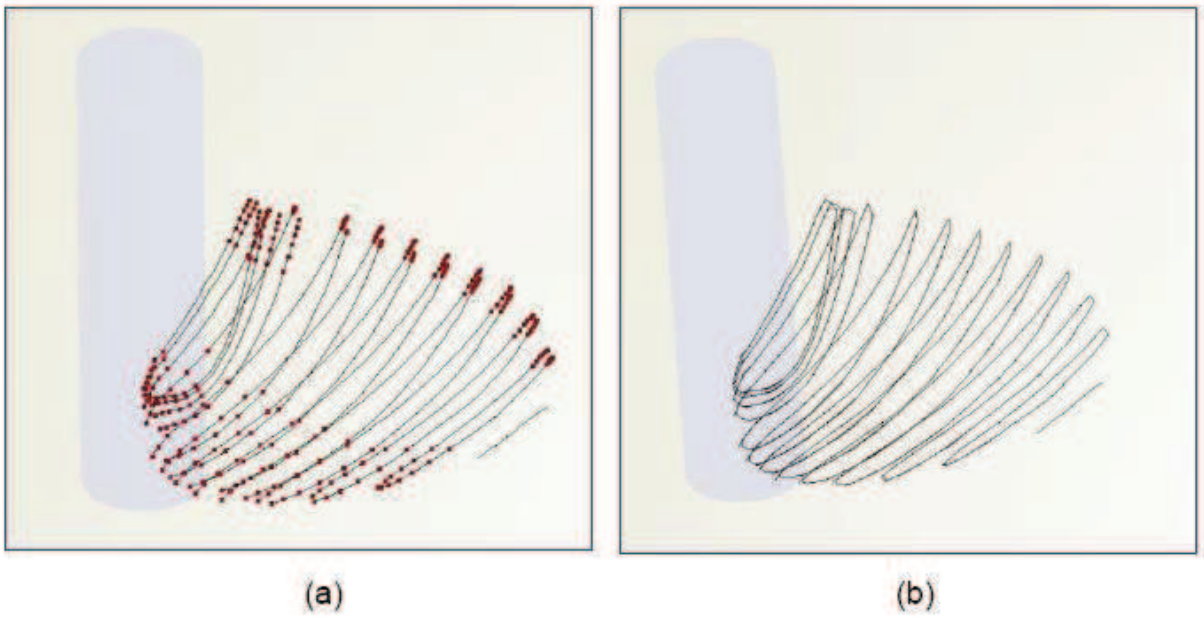


Figura 12: Distribuição de pontos ao longo das linhas (a) e representação das seções já com as curvas interpoladoras ligando as linhas (b).

Aplicando-se o mesmo procedimento para o terceiro ensaio, foi possível conseguir a representação ilustrada na Figura 13. Acredita-se que a posição vertical favoreceu a captura das linhas, fornecendo mais informações sobre as regiões das bordas.

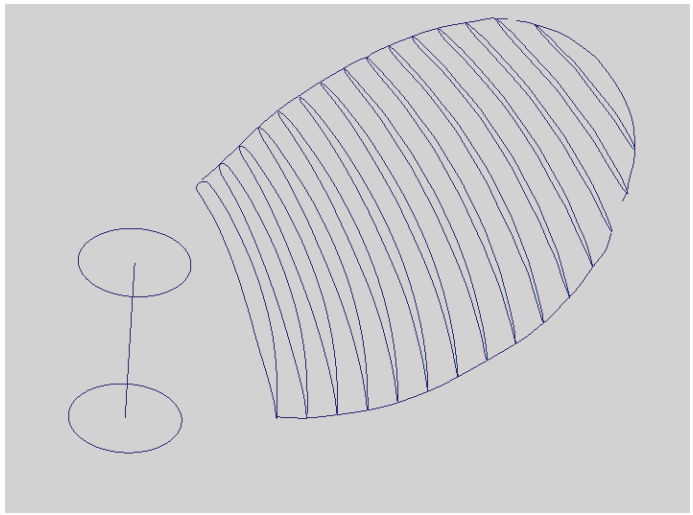


Figura 13: Representação para o propulsor obtida no terceiro ensaio de fotogrametria

3.3. Comparação entre seções

Desde o começo deste trabalho, era esperado que o propulsor em estudo possuísse as características de acordo com o a Série-B de propulsores, como era sugerido por suas proporções – por exemplo, a razão 1/6 entre bosso e diâmetro.Assim, para verificar não apenas a validade dessa premissa, como também na tentativa de realizar um estudo da precisão da técnica empregada, realizou-se uma comparação das seções a 0,3R, 0,5R e 0,7R para dois ensaios de fotogrametria (o segundo e o terceiro descritos no presente trabalho), um ensaio de apalpadores e os valores esperados para um propulsor da série B ideal com as mesmas medidas de diâmetro, relação entre áreas expandida e desenvolvida, e número pás, de acordo com (Kuiper, 1992).

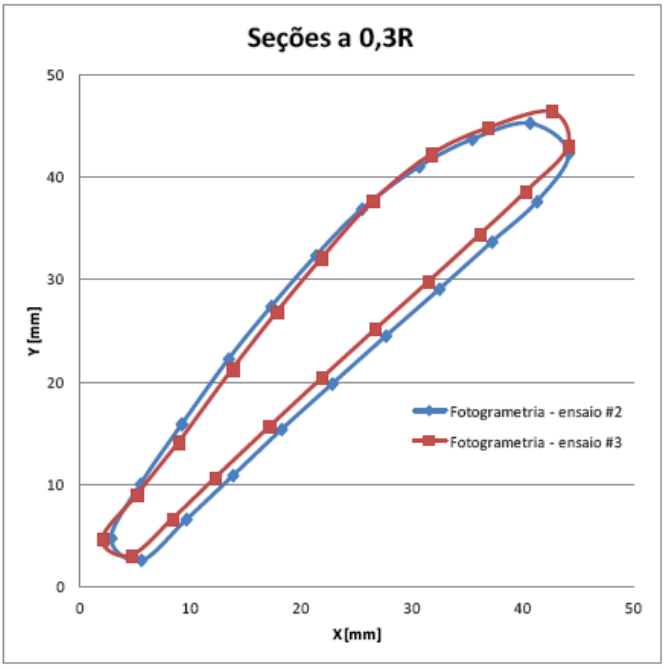


Figura 14: Ensaio com apalpador 0102030405001020304050Y [mm]X [mm]Seções a 0,3RFotogrametria -ensaio #2Fotogrametria -ensaio #3

O ensaio com apalpador foi realizado posicionando-se o propulsor em uma mesa divisora, avançando-se 6 graus a cada medida, com um apalpador fixo a um suporte de ajuste fino, como ilustrado na Figura 14.

3.3.1. Comparação entre os ensaios de Fotogrametria

Os dois ensaios de fotogrametria diferem entre si pela posição do propulsor, como ilustrado anteriormente, sendo que o segundo ensaio foi feito com o propulsor na posição horizontal e o terceiro na posição vertical. Durante o procedimento de identificação das linhas pelo TRITOP, percebeu-se que o programa teve maior facilidade em registrar as linhas do terceiro ensaio, logo também era de se esperar que ele tenha fornecido resultados mais precisos.



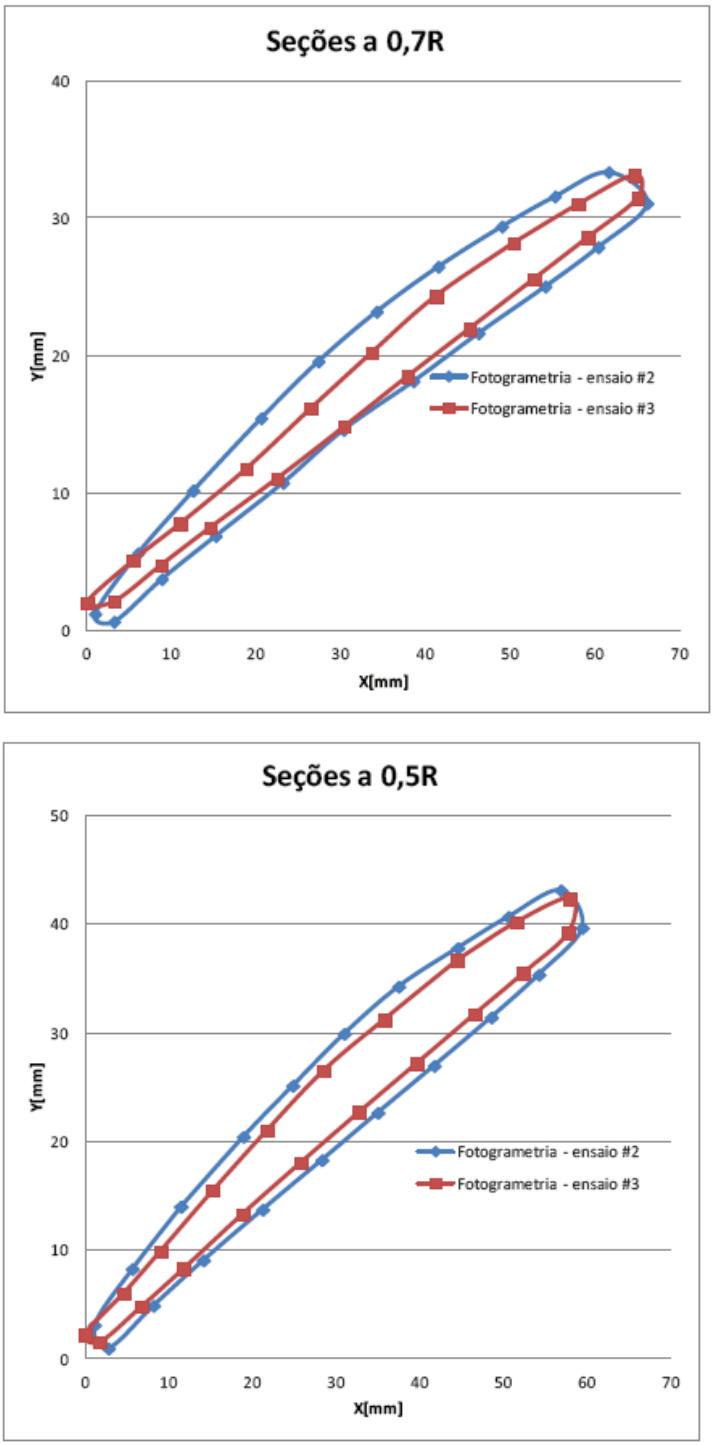
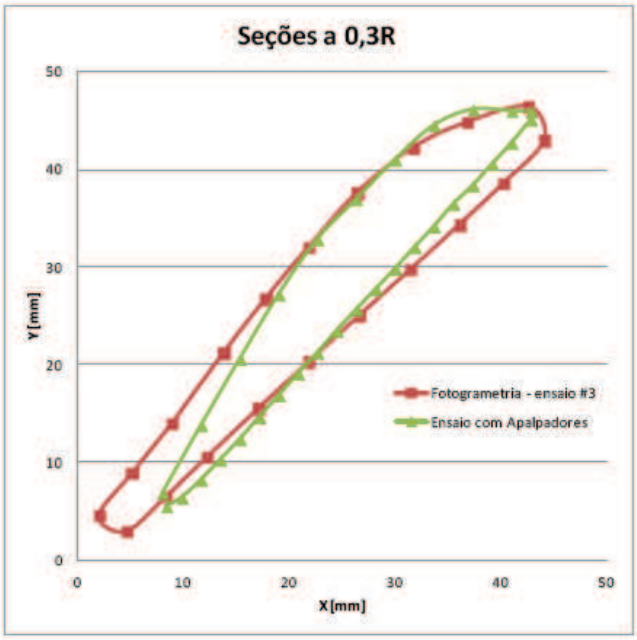


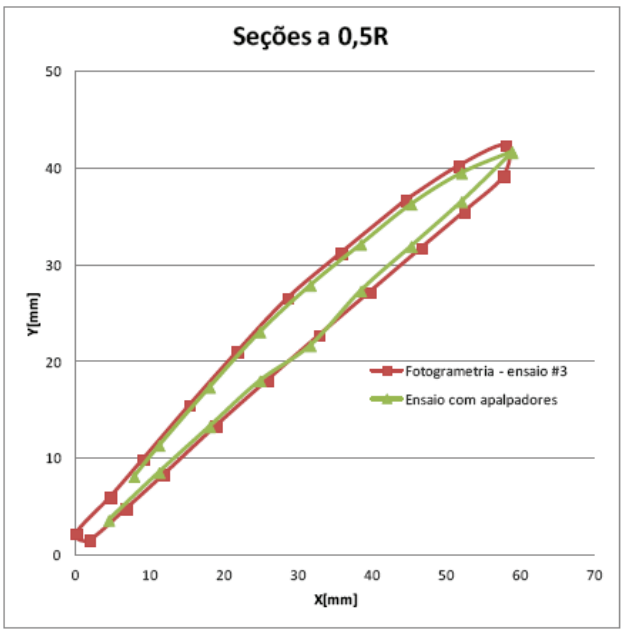
Figura 15: Comparação entre os ensaios de Fotogrametria

Observa-se que os dois ensaios forneceram resultados bastante próximos em questão dos ângulos de passo e de comprimento das cordas de cada seção. Nota-se apenas uma pequena diferença na espessura, mais assentuada a 0,7R, da ordem de milímetros. Nos próximos casos será usado o terceiro ensaio como base

para as comparações, mas considera-se que ambos forneceram resultados igualmente satisfatórios quanto à captura da geometria.

3.3.2. Comparação entre os ensaios de Fotogrametria e com Apalpador





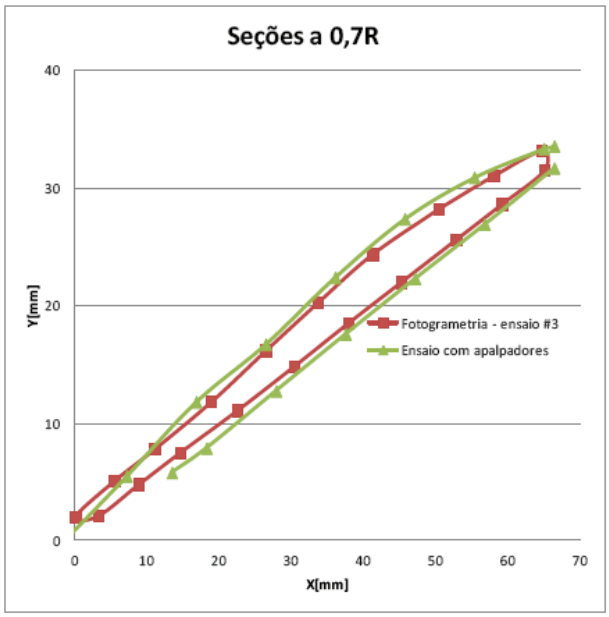


Figura 16: Comparação entre os ensaios de Fotogrametria e com Apalpador

Observa-se desta comparação que as seções obtidas apresentam espessuras bastante satisfatórias, mas nem sempre os bordos de fuga e de ataque mostraram-se coincidentes, o que pode ter sido ocasionado por falhas experimentais por parte de ambos os ensaios.O desvio no ângulo de passo, mais visível na seção a 0,3R, pode ser mais provavelmente atribuído ao ensaio com apalpadores, uma vez que a posição radial utilizada na medição também possui falhas experimentais, e a região mais próxima à região do bosso apresenta variações mais abruptas desse ângulo. Observa-se pela Figura 17 que a há uma coincidência maior com a seção a 0,25R.

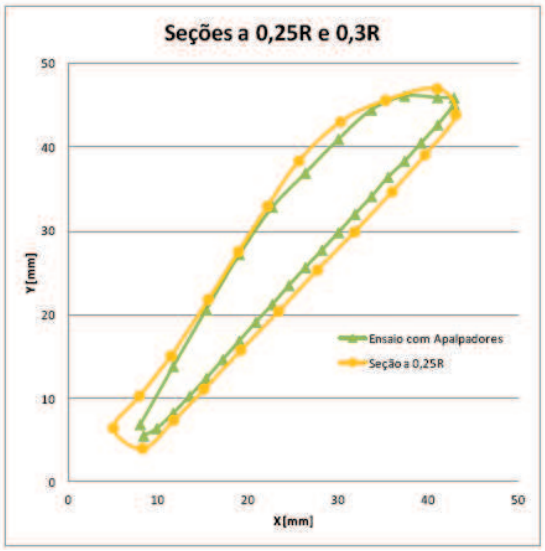
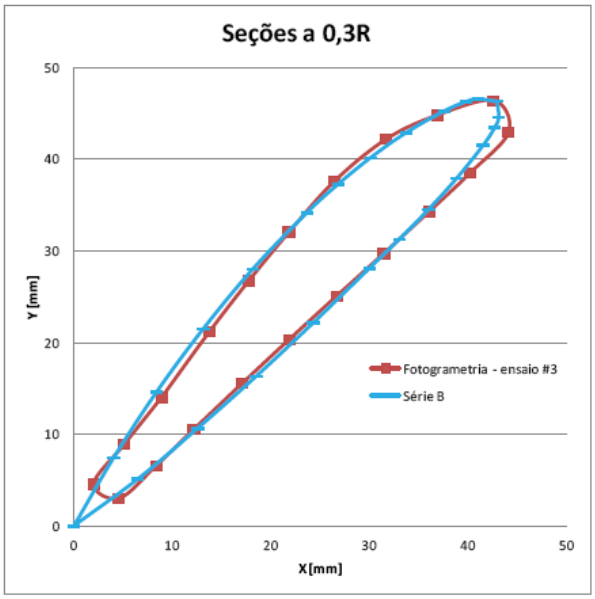
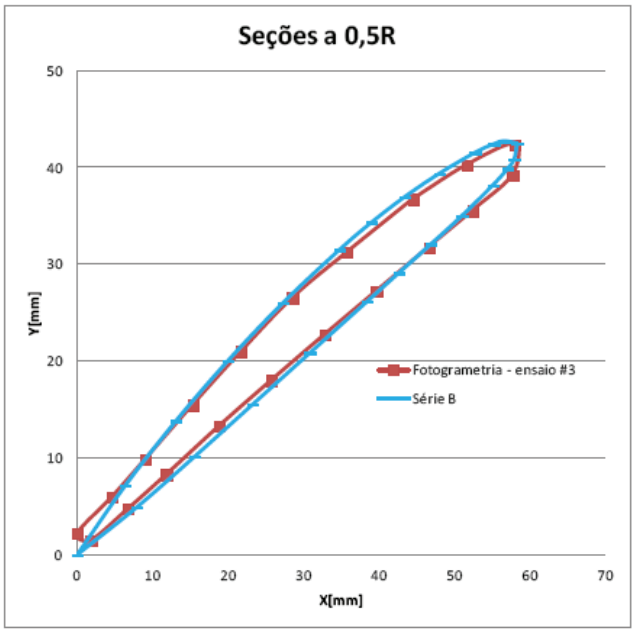


Figura 17: Comparação entre as seções a 0,3R e 0,25R

3.3.3. Comparação com a geometria esperada da Série B

A descrição da geometria de cada uma das seções utilizou como principais dados de entrada o diâmetro do propulsor (270mm), a relação entre área expandida e área desenvolvida (0,497) e o número de pás (4), segundo os cálculos apresentados em (Kuiper, 1992).





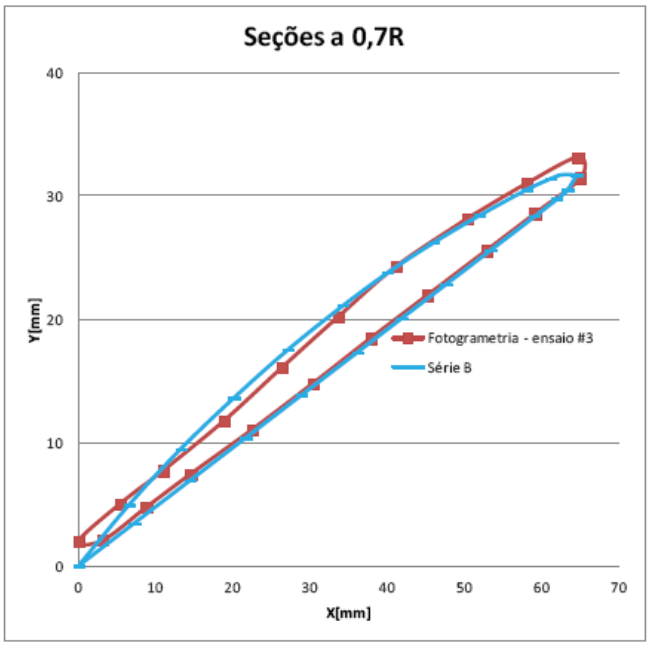


Figura 18: Comparação com a geometria esperada da Série B

Observa-se que há uma grande semelhança nas espessuras e no comprimento de corda nos três casos, o que corrobora a hipótese de que o propulsor em questão apresenta as características de um propulsor da série B.

3.4. Obtenção das propriedades geométricas do propulsor

Para cada uma das seções obtidas na etapa anterior, foi realizado o levantamento de todas as propriedades geométricas necessárias para caracterizar o propulsor no programa de simulação PPB. Mais uma vez foram criadas diferentes *Features* para cada uma dessas propriedades, assim como ilustrado na Figura 20, sendo elas: a posição normalizada da posição radial da seção com relação ao eixo, o tamanho da corda, *ce*, a máxima espessura e 20 valores de espessura da seção ao longo da corda, *rake*, a relação passo/diâmetro, 20 medidas do câmber ao longo da corda e a variação da derivada do câmber nos mesmos pontos. A Figura 19 ilustra algumas dessas propriedades.

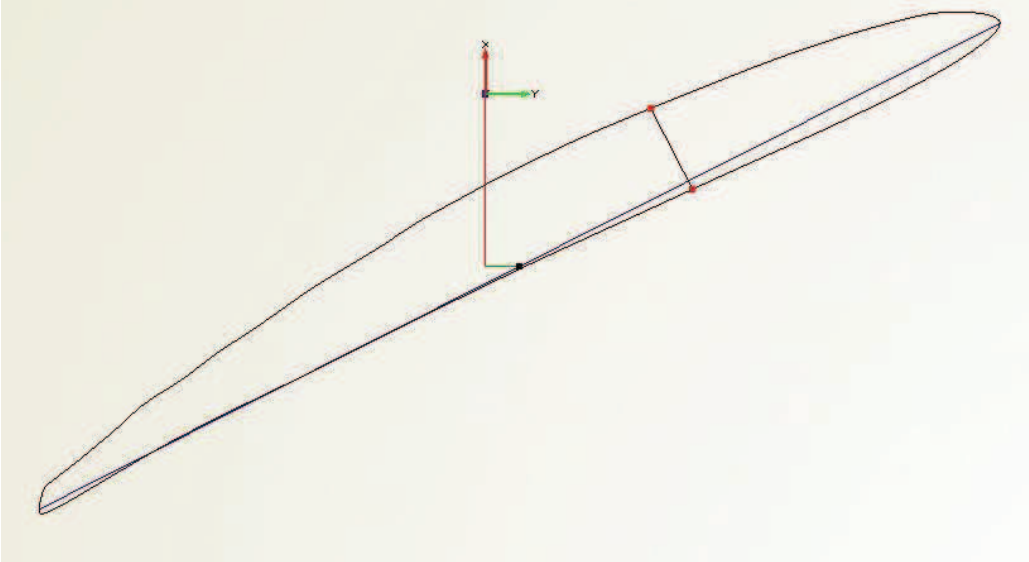


Figura 19: Ilustração dos parâmetros obtidos no FRIENDSHIP

Diferentemente das seções NACA, as seções obtidas apresentavam deformações geométricas e não apresentavam as mesmas características ao longo do perfil, como um bordo de ataque e um bordo de fuga bem definidos. Portanto, para determinar as demais propriedades, partiu-se do princípio de que e a corda dentro de cada seção seria o maior segmento de reta inscritível no interior da seção, ilustrado pela linha de cor azul na Figura 19.

A curva vermelha representa o *rake*, isto é, a distância no eixo X da linha diretriz ao ponto médio da corda.

A curva preta entre dois pontos representa a medida da espessura para um ponto ao longo da corda.

O *ce* foi medido como sendo a distância do bordo de ataque à linha geratriz.

O câmber foi adotado como sendo a linha média entre os pontos da face e do dorso ao longo da corda.

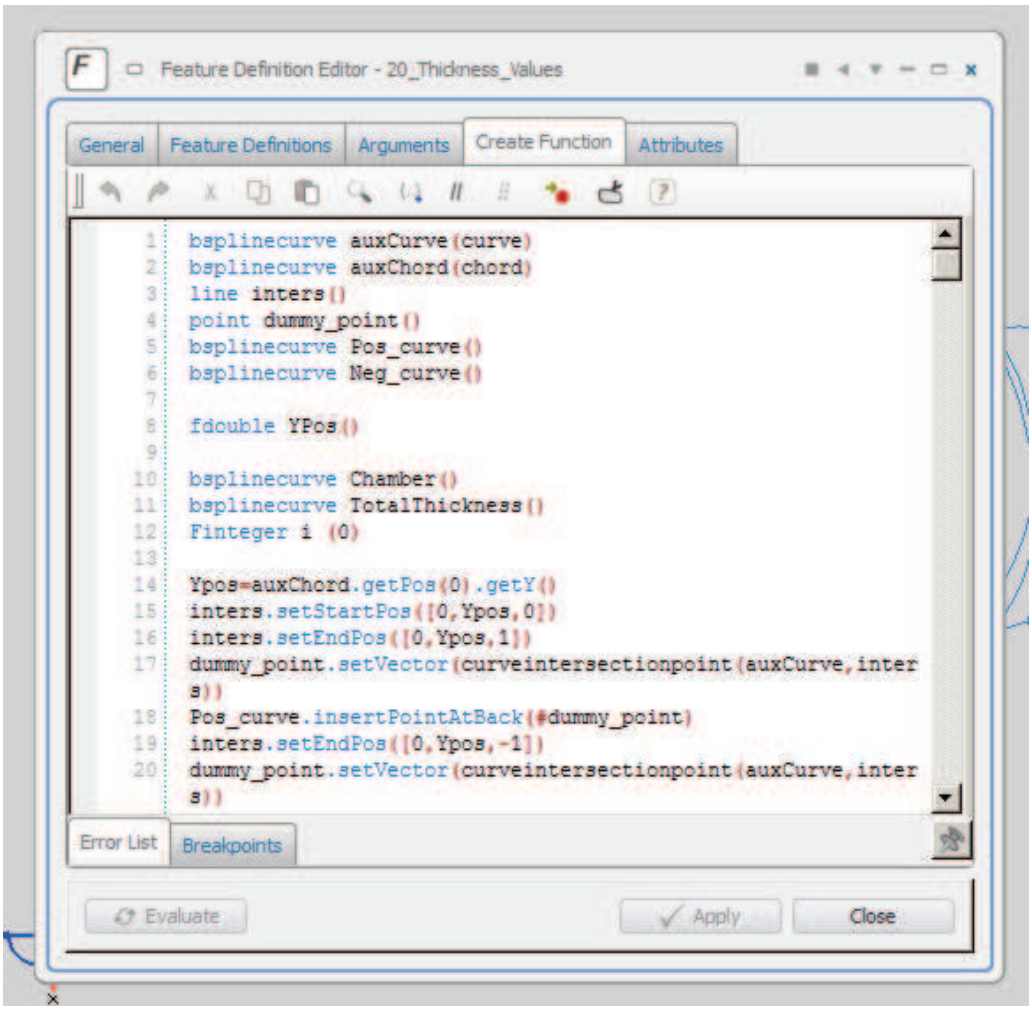


Figura 20: Ilustração de Feature criada no programa FRIENDSHIP

3.5. Análise de desempenho no programa PPB

Com as propriedades geométricas de cada seção obtidas, foram construídos os arquivos de entrada para utilização do PPB, utilizando-se o próprio FRIEDNSHIP para exportar os dados.

Os dados foram então utilizados estimar os coeficientes de desempenho do propulsor, simulando-se um teste em água aberta através da análise por painéis.

O principal objetivo foi realizar a comparação com os resultados esperados de um propulsor da série B que apresentasse mesmo diâmetro, mesmo número de pás e mesma razão de área expandida e área desenvolvida.

3.5.1. Comparação da geometria

Além dos resultados, também é possível gerar uma representação 3D do propulsor em estudo, como ilustrado na Figura 21. A representação da esquerda refere-se ao terceiro ensaio, enquanto a da direita refere-se ao segundo ensaio. As cores referem-se aos campos de pressão atuantes na superfície.



Figura 21:Comparação entre as geometrias geradas para os dois ensaios de fotogrametria, em vista superior;

Em comparação com o modelo gerado no FRIENDSHIP, tem-se:

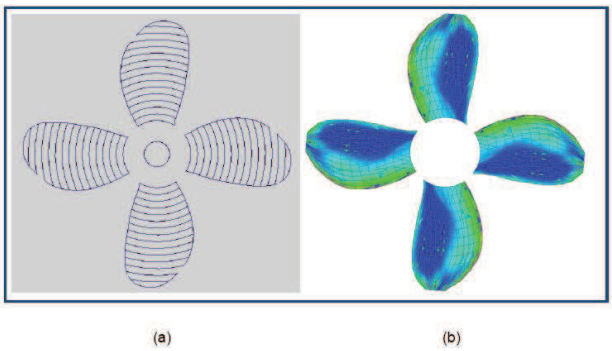


Figura 22: Comparação entre modelo gerado no FRIENDSHIP (a) e no PPB (b), em vista superior.

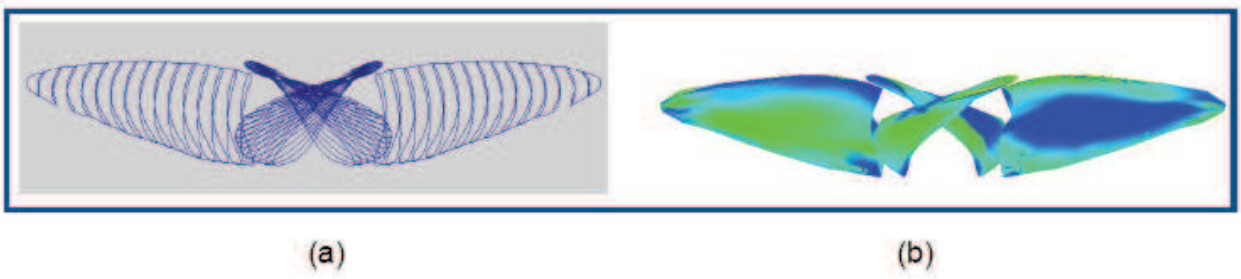


Figura 23:Comparação entre modelo gerado no FRIENDSHIP (a) e no PPB (b), em vista lateral.

3.5.2. Comparação das curvas de desempenho

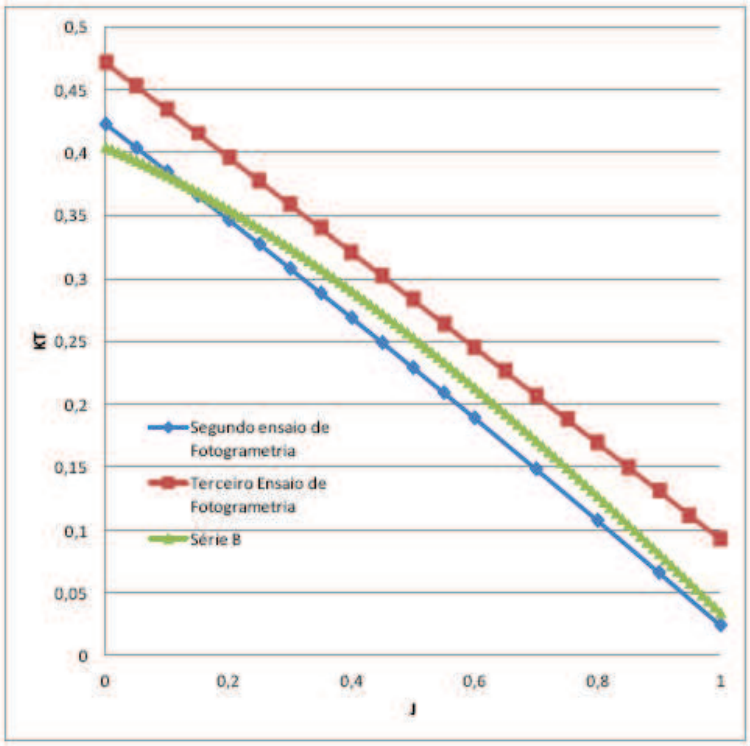


Figura 24: Comparação entre as curvas de KTxJ

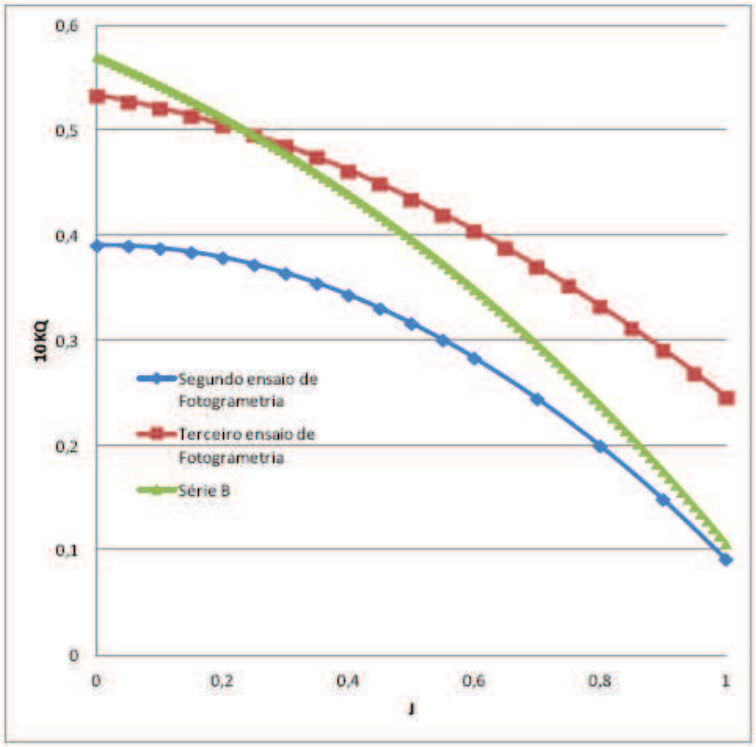


Figura 25: Comparação entre as curvas de 10KqxJ

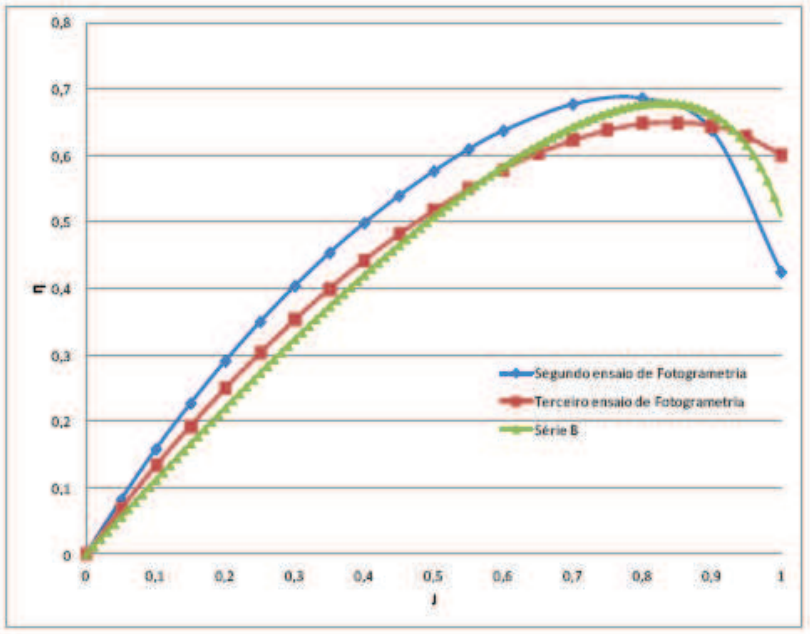


Figura 26: Comparação entre as curvas de ηxJ

Observa-se que há bastante semelhança entre as curvas obtidas e a curva esperada, supondo-se tratar de um propulsor com características da Série B.

Por outro lado, observa-se que, apesar de os dois ensaios de fotogrametria terem reproduzido propulsores visualmente bastante semelhantes, as curvas provenientes deles são as que apresentam maior disparidade entre si, mostrando-se um método bastante sensível de análise.

4. RESULTADOS FINAIS

O presente trabalho contemplou a realização de ensaios de fotogrametria, ensaio com apalpadores, modelagem da geometria do propulsor em software CAD e análise númerica das curvas de desempenho, com posterior comparação com os resultados esperados pela série sistemática. Considera-se também que houve uma ganho igualmente notável com a criação de uma metodologia e de ferramentas para o processo de extração das propriedades geométricas de um propulsor a partir da utilização da técnica de fotogrametria.

5. ANÁLISE

A extração das propriedades geométricas do propulsor mostrou-se uma etapa muito mais trabalhosa do que esperado inicialmente.A técnica e os programas utilizados no presente projeto são pouco difundidos, e há pouca informação disponível sobre os mesmos, o que alongou bastante a primeira etapa do trabalho – a extração das propriedades geométricas do propulsor – em detrimento da realização de uma análise mais profunda sobre os resultados obtidos.

6. CONCLUSÕES

O presente tarabalho teve como finalidade realizar a aplicação da técnica de fotogrametria como ferramenta para viabilizar a análise numérica de desempenho para um propulsor construído, com posterior comparação aos resultados esperados pelas séries sistemáticas.

A técnica de fotogrametria identifica coordenadas espaciais de pontos e de linhas devidamente representados por contrastes entre branco e preto, por meio de marcadores aplicados à superfícies em estudo. No programa CAD é realizada a filtragem dos dados e a construção de um modelo 3D com os dados obtidos, com posterior extração das propriedades geométricas para cada uma das seções radiais. Por meio das propriedades geométricas do prouplsor, é possível realizar a elaboração das curvas de desempenho por meio de um programa de simulação numérico.

Foi identificado que a técnica de fotogrametria demanda bastante atenção do operador, tanto no posicionamento dos marcadores e do objeto de estudo, quanto na identificação das linhas e pontos a serem trabalhados, uma vez que consiste em uma técnica bastante sensível. Por outro lado, mostrou-se uma ferramenta podereosa quando integrada ao programa CAD para realizar a extração das propriedades geométricas do propulsor.

Assim, os resultados obtidos no presente trabalho indicam um potencial promissor para a aplicação desta técnica na avaliação de propusores construídos. Quanto a trabalhos futuros, pretende-se realizar um estudo aprofundado para diferentes tipos de propulsores, incluindo a exploração de casos de assimetria, deformação e desgaste.

7. AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer ao suporte do Santander e da Universidade de São Paulo por apoiarem este projeto de pesquisa. Os autores também gostariam de agradecer o suporte do *Instituto de Pesquisas Tecnologicas* (IPT) pelo fornecimento do equipamento para a realização do ensaio com apalpadores.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Blount, D. L. and Hubble, E. N. 1981. Sizing Segmental Section Commercially Avaiable Propellers for Small Craft. *Propellers '81 Symposium, SNAME.* Virgina Beach, USA, pp.111-138, 1981.

Gawn, R. W. L. and Burrill, L. C. 1976. Effect of Cavitation on the Performance of a Series of 16 in. Model Propellers. *Transactions INA.* 1976, Vol. 84.

Grubisic, Izvor. 2008. Realiability of Weight Prediction in the Small Craft Concept Design. *Apresentado no HIPER'08 -Itália.* agosto, 2008, disponível em <http://www.hiper08.unina.it/cd%20 hiper%2008/HTML/Papers/18%20-20Grubisic.pdf>.

Hadler, J. B. and Hubble, E. Nadine. 1971. Prediction of the Power Performance of the Series 62 Planing Hull Forms. *SNAME Transactions.* 1971, Vol. 79.

Hadler, J. B. 1966. The Prediction of Power Performance on PLaning Craft. *Trans. SNAME.* 1966, Vol. 74.

Kowalyshyn, Dina H. and Metcalf, Bryson. 2007. A USCG Systematic Series of High Speed Planing Hulls. *Marine Technology.* 2007.

Kuiper, G., 1992. *The Wageningen Propeller Series*. s.l.:Marin Publication.

Ljubenkov B., Zaplatić T., Žiha K., Bosančić F., 2010. Measurements for reliability of ship production and operation interaction. *Advanced Ship Design for Pollution Prevention* – Guedes Soares & Parunov (eds), Taylor & Francis Group, London, ISBN 978-0-415-58477-7.

Menna F., Ackermann S., Scamardella A., Troisi S., Nocerino E., 2009. *Digital photogrammetry: a useful tool for shipbuilding applications*, 13th Congress of Intl. Maritime Assoc. of Mediterranean, IMAM 2009, İstanbul,Turkey.

Carlton, J. S. 2007. *Marine Propeller and Propulsion.* s.l. : Elsevier, 2007. 978-07506-8150-6.

FLOWTECH, SHIPFLOW 4.2, User Manual Mediterranean, IMAM 2009, İstanbul, Turkey.

Menna F., Troisi S., 2010. low cost reverse engineering techniques for 3d modelling of propellers, *InternationalArchives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Vol. XXXVIII, Part 5 Commission V Symposium, Newcastle upon Tyne, UK. 2010.

Nakanishi, H. C. 2011. Modelo de síntese e otimização para embarcações de planeio. Trabalho de formatura, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2011.

Radojcic, D. 1985. An Approximate Method for Calculation of Resistance and Trim of the Planing Hulls. SNAME Power Boat Symposium. Florida, Feb., 1985.

Radojcic, Dejan. 2009. Fifty Years of the Gawn-Burrill KCA Propeller Series. Transactions Rina. jul-dec, 2009, Vol. 151, Part B2, Intl J Small Craft Tech.

Ramos, A. A.; Velez, L. B.; Tancredi, T. P. and Sampaio, C. M. P., 2011 Influência da variação do comprimento do corpo médio paralelo na resistência ao avanço de um submarino. In: 22º Congresso Pan-Americano de Engenharia Naval, Transporte Marítimo e Engenharia Portuária, 2011, Buenos Aires. 22º Congresso Pan-Americano de Engenharia Naval, Transporte Marítimo e Engenharia Portuária, 2011.

Aplicação de fotogrametria na determinação da geometria de um propulsor: comparação com séries sistemáticas

Lucas Fujiwara Osako
lucas.osako@usp.br
Thiago Pontin Tancredi
thiago.tancredi@poli.usp.br
Bernardo Luis Rodrigues de Andrade
beluroan@usp.br
Laboratório de Otimização e Projeto Integrado
Universidade de São Paulo
São Paulo, Brasil

RESUMO

O presente trabalho descreve o procedimento utilizado para a determinação das características geométricas de um propulsor utilizando a técnica da fotogrametria. Esse procedimento permite realizar a avaliação de possíveis diferenças entre projeto e o peça de fato produzida, justificando possíveis variações de desempenho. Através de uma sessão de fotografias digitais, o processo de fotogrametria permite construir um modelo CAD tridimensional para a determinação das características geométricas globais, tais como a relação de área expandida das pás, como também as características geométricas específicas de cada seção, como o rake. A geometría modelada é então comparada à medida realizada com auxilio de apalpadores mecânicos e à geometria proposta pelas séries sistemáticas para a identificação de possíveis diferenças.

1. INTRODUÇÃO

A última década consagrou o processo de otimização como ferramenta de vital importância para a busca de novos paradigmas nos projetos de engenharia. O trabalho dos engenheiros não se limitou apenas a superar barreiras, mas fazê-lo da forma mais eficiente possível. Em geral, essa busca pela “melhor solução” é

empreendida de forma intuitiva e depende fortemente da experiência do engenheiro. Contudo, mesmo um engenheiro experiente tem dificuldades em intuir o comportamento de sistemas complexos, e na maioria dos casos adota soluções conservadoras de projeto.

O mercado extremamente competitivo de embarcações de recreio de alta velocidade insere-se perfeitamente a este novo paradigma de projeto otimizado.

Lanchas e embarcações de alta velocidade requerem projetos arrojados que fácilmente podem utilizar a metodologia de otimização para adquirirem um diferencial competitivo no mercado.

Por outro lado, ao contrário do que ocorre com cascos de deslocamento construídos em aço, existe uma grande lacuna cientifica no que refere aos modelos de predição de atributos para embarcações de planeio feitas em materiais compósitos.

O presente trabalho insere-se nesse contexto, dando prosseguimento a este estudo, e por meio da técnica da fotogrametria, apresenta a modelagem tridimensional de um propulsor de 270 mm de diâmetro, a fim de realizar um estudo não apenas das propriedades geométricas (e.g. passo e o rake) como também da própria geometria do propulsor (e.g. seções de cada uma das pás). Então, as seções do modelo CAD são comparadas com a geometria obtida em ensaio com apalpadores e com a geometría das séries sistemáticas, a fim de permitir a identificação de possíveis desvios e problemas durante o ensaio de fotogrametria.

2. OBJETIVOS

Em muitos casos as velocidades desenvolvidas por embarcações em provas de mar (ensaios em escala real), são um pouco abaixo das previsões teóricas realizadas, levantando duvidas a cerca das características dos propulsores instalados.

Devido aos altos níveis de velocidade e ao elevado carregamento dos propulsores, a maioria das embarcações de planeio atua com certo grau de cavitação, o que

acarreta em uma queda da força propulsora fornecida pelo hélice e também sua eficiência. Consequentemente, o problema de cavitação não pode ser ignorado durante a seleção do sistema propulsor.

Em 1976, Gawn e Burrill realizaram uma série de experimentos (com e sem cavitação) com propulsores de três pás de faces planas (Gawn, et al., 1976). Os resultados deram origem à série sistemática de propulsores Gawn-Burrill. Diferentes autores propuseram modelos para estimativas dos coeficientes de propulsão dessa série sistemática. No trabalho de (Radojcic, 2009) é feita uma comparação entre quatro desses modelos.

Baseado em (Radojcic, 1990), foi desenvolvido um módulo para estimativas dos coeficientes de propulsão da série Gawn-Burrill. Posteriormente foram adicionadas algumas restrições para o modelo encontradas em (Radojcic, 2009).

Recentemente, outro modelo dos propulsores de Gawn foi encontrado. Desenvolvido por (Blount, et al., 1981), esse modelo pode ser utilizado para propulsores de quatro pás, diferentemente do modelo anterior, que permite apenas o uso de propulsores de três pás.

Talvez a série de propulsores mais difundida entre os engenheiros navais seja a série B (Carlton, 2007). Essa série não considera a redução dos coeficientes propulsivos devido ao efeito de cavitação.

Porém, o que se verifica é que esses modelos não se enquadram aos propulsores construídos e de fato utilizados nas embarcações. Dentro desta hipótese, propõem-se neste trabalho um procedimento para o levantamento da geometria do hélice efetivamente instalada na embarcação, para com isso avaliar o desempenho do navio.

A principal contribuição apresentada é a possibilidade de realizar tal levantamento em campo, sem a necessidade de remover o hélice da embarcação. A metodologia proposta consiste de três etapas principais. A primeira foi a captura de um propulsor

em tamanho real utilizando o equipamento de fotogrametría disponível no Departamento de Engenharia Naval e Oceânica da Universidade de São Paulo. A segunda foi a comparação entre a geometria das seções obtida por meio da fotogrametria com as medidas realizadas com apalpadores e por fim, a comparação da geometria modelada com a geometria da série B de propulsores.

3. METODOLOGIA

A técnica de fotogrametria permite o levantamento do modelo 3D de um objeto sólido com precisão de décimos de milímetros através da captura de marcadores apropriados, posicionados pelo próprio usuário. Pode-se destacar outros exemplos de aplicação da técnica da fotogrametria em projetos de engenharia naval nos trabalhos (Menna, 2009), (Menna, 2010) e (Ljubenkov, 2010). Contudo, nestes casos a técnica foi utilizada com a finalidade de determinar a superfície da embarcação, em alguns casos incluindo propulsor, mas sem uma avaliação posterior de desempenho.

No presente trabalho foi utilizado o equipamento de fotogrametria que utiliza o programa TRITOP® (GOM, Gesellschaft für Optische Messtechnik). O TRITOP identifica linhas e pontos através de contrastes entre preto e branco, que podem ser reproduzidos por marcadores do próprio equipamento ou também por fitas adesivas convencionais, o que provê grande liberdade ao usuário para configurar os marcadores de diversas maneiras. Por essa razão, primeiramente foi conduzido um estudo para determinar a melhor configuração dos marcadores, como mostrado na Figura 1. Essa análise preliminar visa determinar qual a abordagem mais adequada para o levantamento da geometria de propulsores: o uso de linhas, o uso de pontos ou uma combinação de ambos.

Os elementos determinados pela fotometria são então exportados para o programa de modelagem CAD para que o modelo computacional seja completado. São apresentados na Figura 2 os resultados preliminares importados no FRIENDSHIP® (FRIENDSHIP SYSTEMS GL).

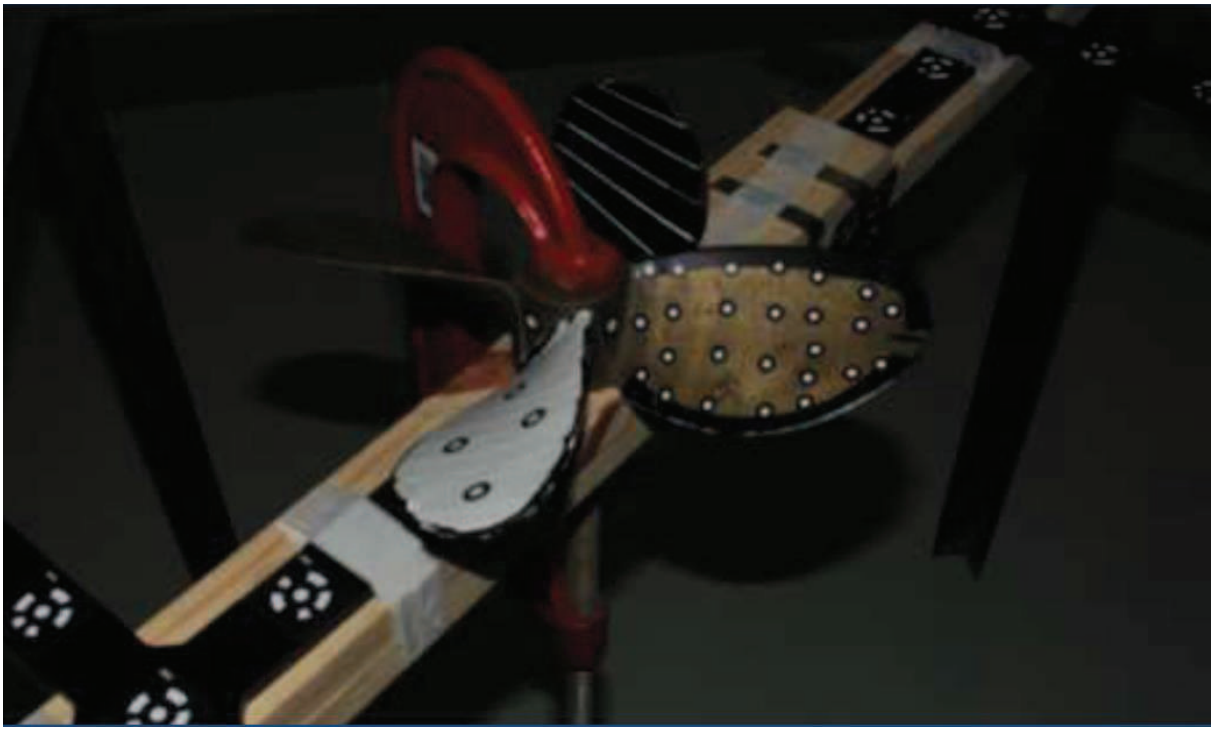


Figura 1: Propulsor com diferentes padrões de marcação

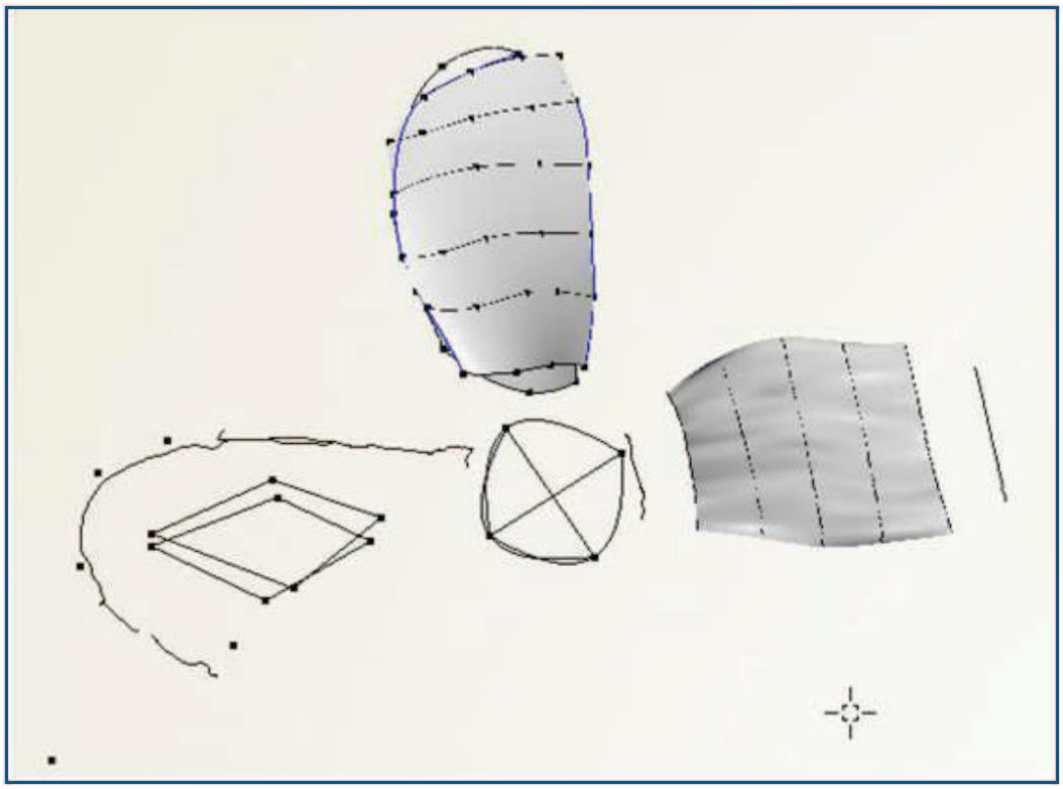


Figura 2: Representação dos diferentes padrões no programa CAD

Nesse teste verificou-se que o uso de linhas era a maneira mais adequada para parametrizar a superfície, contudo, também se verificou que esta abordagem demandava mais esforço por parte do usuário, pois a identificação das linhas pelo TRITOP deve ser feita individualmente e gerava maiores ruídos em relação aos pontos.

Já a abordagem baseada em pontos, apesar de apresentar grande conveniência por ser gerada automaticamente pelo programa, apresenta grande dificuldade para reproduzir a superfície completa da pá. Sendo assim, o uso misto de pontos e marcadores mostrou-se o padrão mais eficiente, utilizando as linhas para a criação da superfície e os pontos para realizar a verificação da mesma.

Um segundo ensaio de fotogrametria foi então realizado, como mostrado na Figura 3, tendo como principal objetivo a representação de uma das pás para a posterior modelagem em CAD da geometria do propulsor.

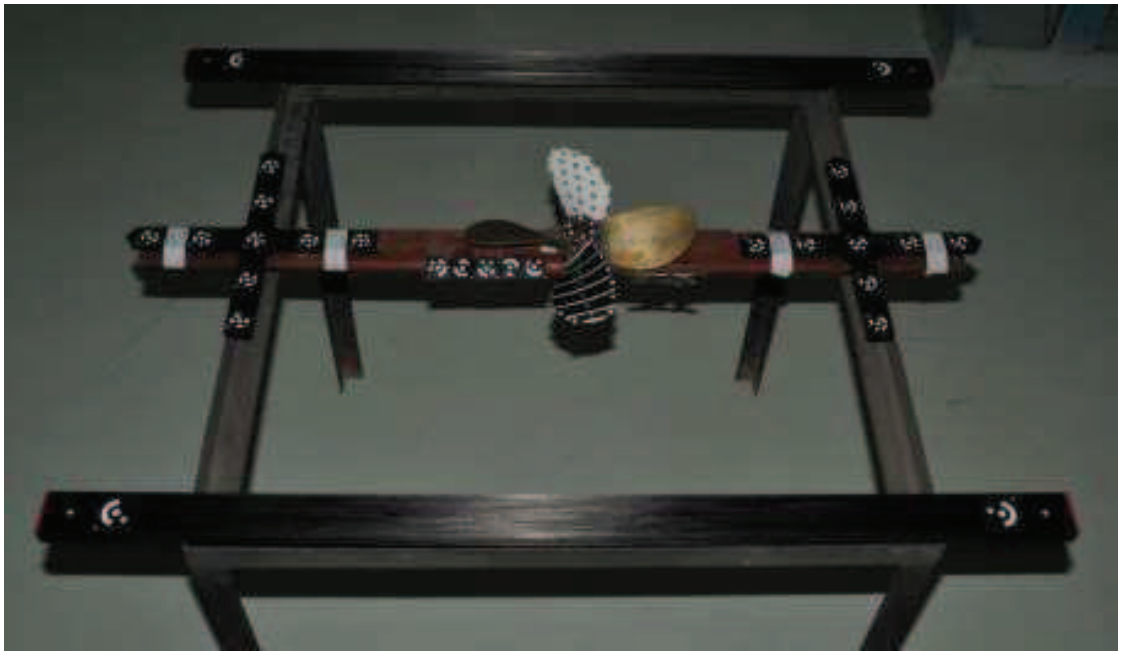


Figura 3: Segundo ensaio de fotogrametria

A Figura 4 evidencia as posições de cada uma das fotografias tiradas durante o ensaio de fotogrametria.

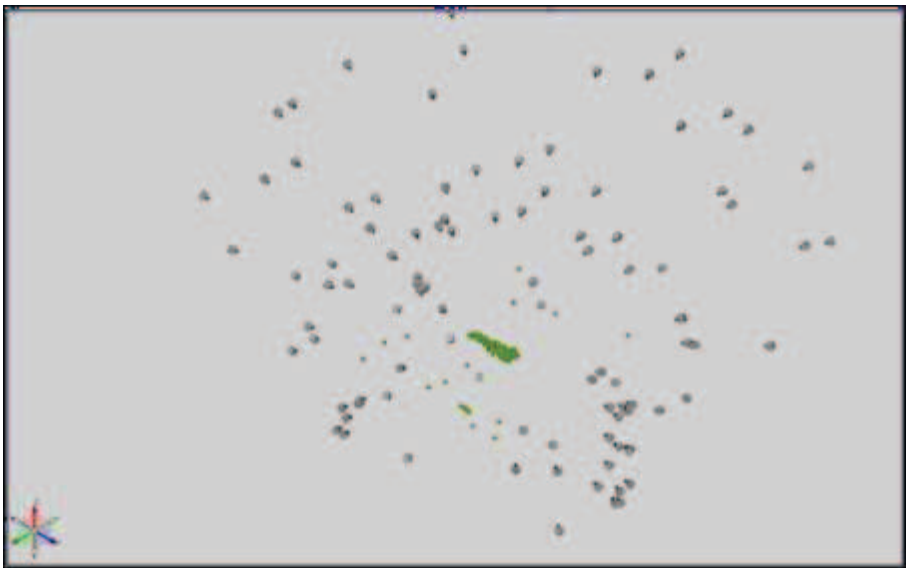


Figura 4: Representação das posições de cada fotografia no TRITOP.

É conveniente mencionar que o funcionamento e características do programa de fotogrametria fogem ao escopo desse trabalho e podem ser facilmente encontradas na literatura associada ao programa

Numa etapa posterior, foi realizado um terceiro ensaio a fim de realizar uma verificação dos resultados obtidos no ensaio anterior, desta vez posicionando-se o propulsor na vertical, como evidenciado na Figura 5.

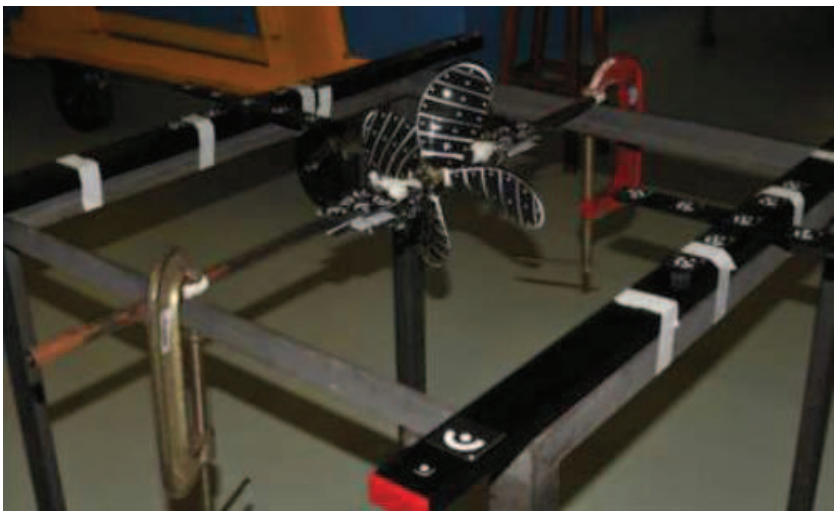


Figura 5: Terceiro ensaio de fotogrametria.

4. TRATAMENTO DOS DADOS

Os pontos e linhas obtidos na segunda seção de fotogrametria são apresentados na Figura 6. Assumindo que as quatro pás possuem semelhanças entre si, decidiu-se, como prova de conceito, trabalhar com a modelagem de apenas uma pá, e as propriedades geométricas obtidas seriam representativas das demais pás do propulsor.

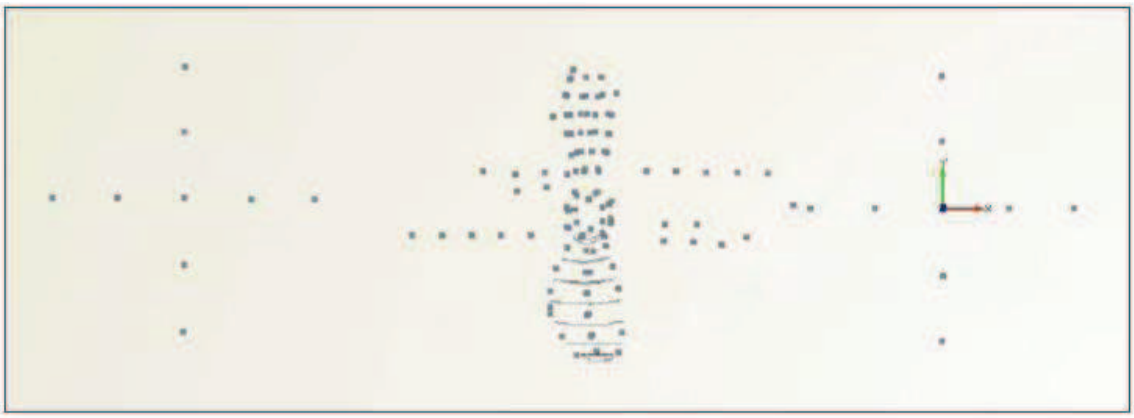


Figura 6: Pontos e linhas importados no FRIENDSHIP

O procedimento de fotogrametria seguido da identificação manual das linhas resultou em curvas com muito "ruído" ("trepidados"), como visto na Figura 7. Para suavizar as curvas importadas, foi desenvolvido um procedimento que calcula a média das coordenadas entre pontos adjacentes, permitindo a criação de uma superficie contínua do tipo loft, que melhor aproxima as curvas capturadas.



Figura 7: Detalhe das linhas de contorno da pá do propulsor.

Com o auxílio do programa RHINOCEROS® (Robert McNeel & Associates), a linha de eixo foi determinada por meio da intersecção de marcadores posicionados nas faces do bosso. Então, cilindros concêntricos ao eixo foram criados, como mostra a Figura 8, a fim de obter as seções de intersecção entre as superfícies da pá e os cilindros, como proposto por (Carlton, 2007), e ilustrado na Figura 9.



Figura 8: Cilindros interseccionando a superfície da pá.

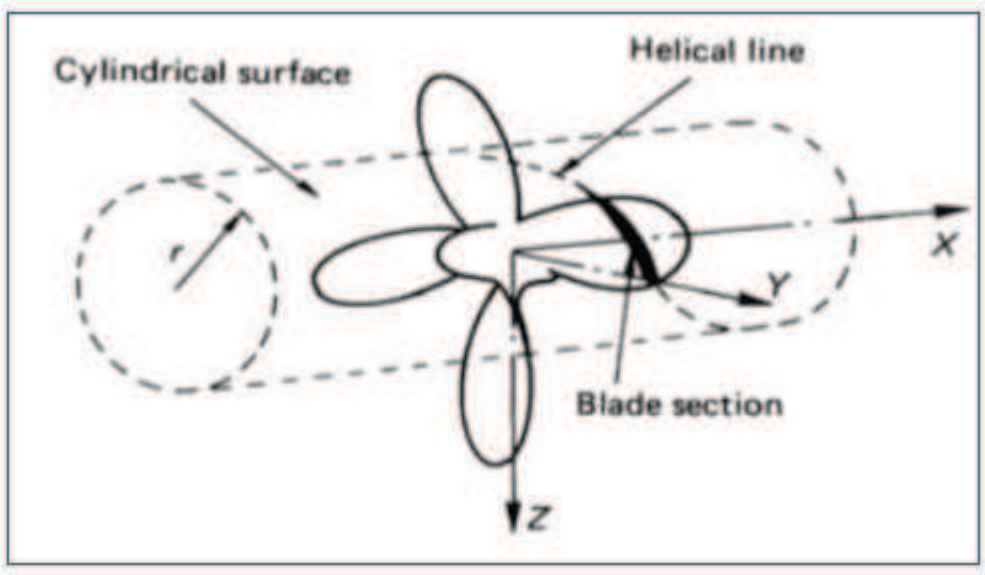


Figura 9: Intersecção da pá com a superfície do cilindro. Fonte (Carlton, 2007).

Os resultados das intersecções são apresentados na Figura 10. É importante destacar que um número maior de cilindros foi criado próximo à região do bosso para melhor capturar a geometria dessa região.



Figura 10: Curvas de intersecção dos cilindros com a pá do propulsor.

O próximo passo foi desenvolver um procedimento que permitisse unir as curvas obtidas para o dorso e a face da pá, a fim de obter seções completas. Vários métodos foram testados, e chegou-se à conclusão de que o método que apresentava os melhores resultados, ou seja, os resultados que mais se assemelhavam a uma curva

NACA convencional, era a aplicação de uma curva interpoladora ligando os pontos localizados nas posições 2%, 5%, 9%, 14%, 20%, 80%, 86%, 91%, 95% e 98% ao longo de cada uma das linhas, considerando 0% o começo de cada linha e 100% o final. A finalidade dessa distribuição foi de concentrar mais pontos de referência na região das bordas de cada linha, a fim de preservar a sua curvatura. A distribuição dos pontos é apresentada em vermelho na Figura 11.

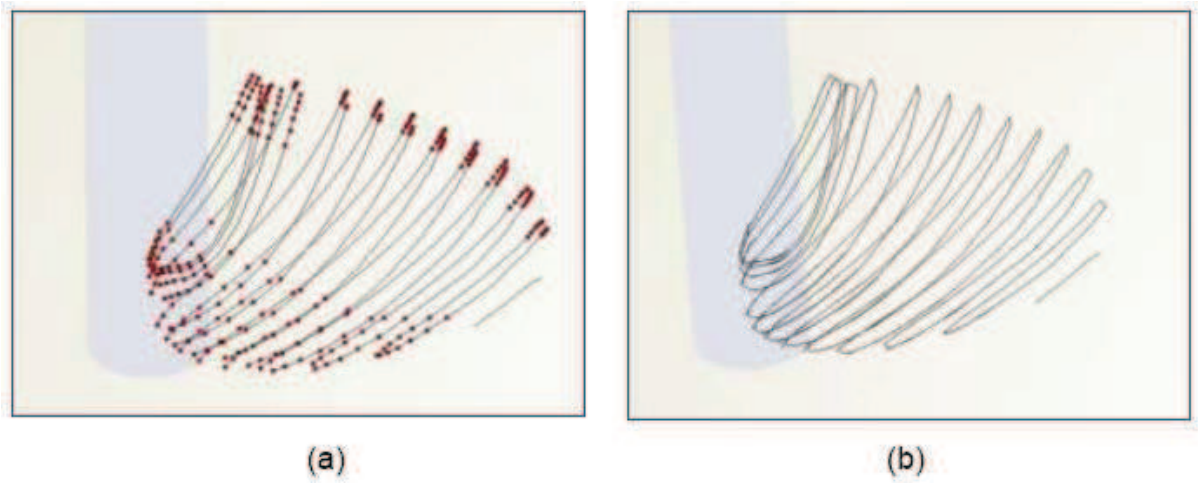


Figura 11: Distribuição de pontos ao longo das linhas (a) e seções interpoladas (b).

Aplicando-se o mesmo procedimento para o terceiro ensaio, foi possível conseguir a representação apresentada na Figura 12. Acredita-se que a posição vertical favoreceu a captura das linhas, fornecendo mais informações sobre as regiões próximas as bordas.

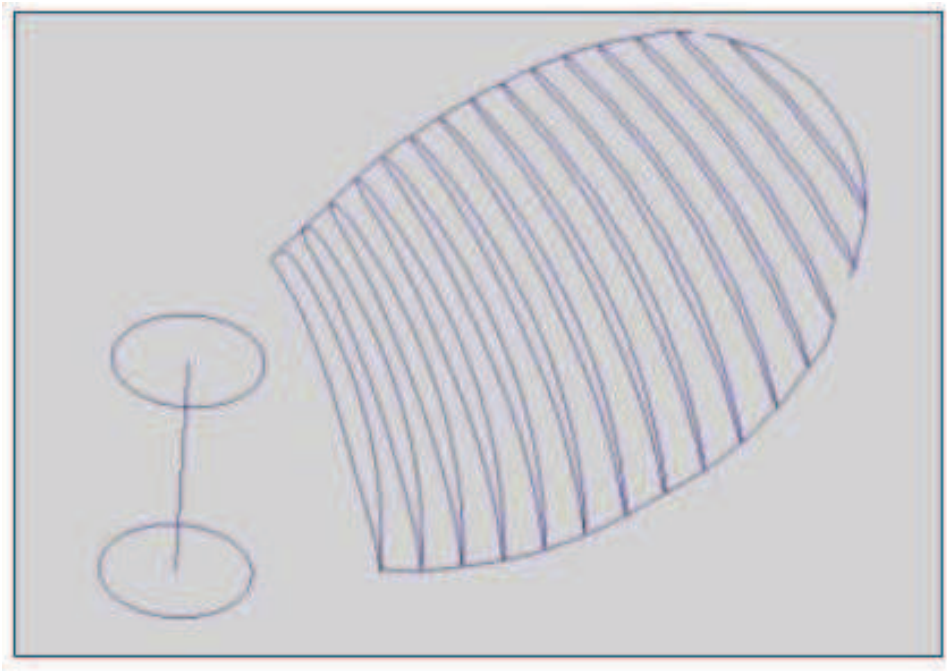


Figura 12: Representação para o propulsor obtida no terceiro ensaio de fotogrametria

5. COMPARAÇÃO ENTRE OS ENSAIOS DE FOTOGRAMETRIA

Os dois ensaios de fotogrametria diferem entre si pela posição do propulsor, (propulsor na horizontal ou na posição vertical). Durante o procedimento de identificação das linhas, percebeu-se que o programa teve maior facilidade em registrar as linhas com o propulsor na vertical, logo é de se esperar que este tenha fornecido resultados mais precisos.

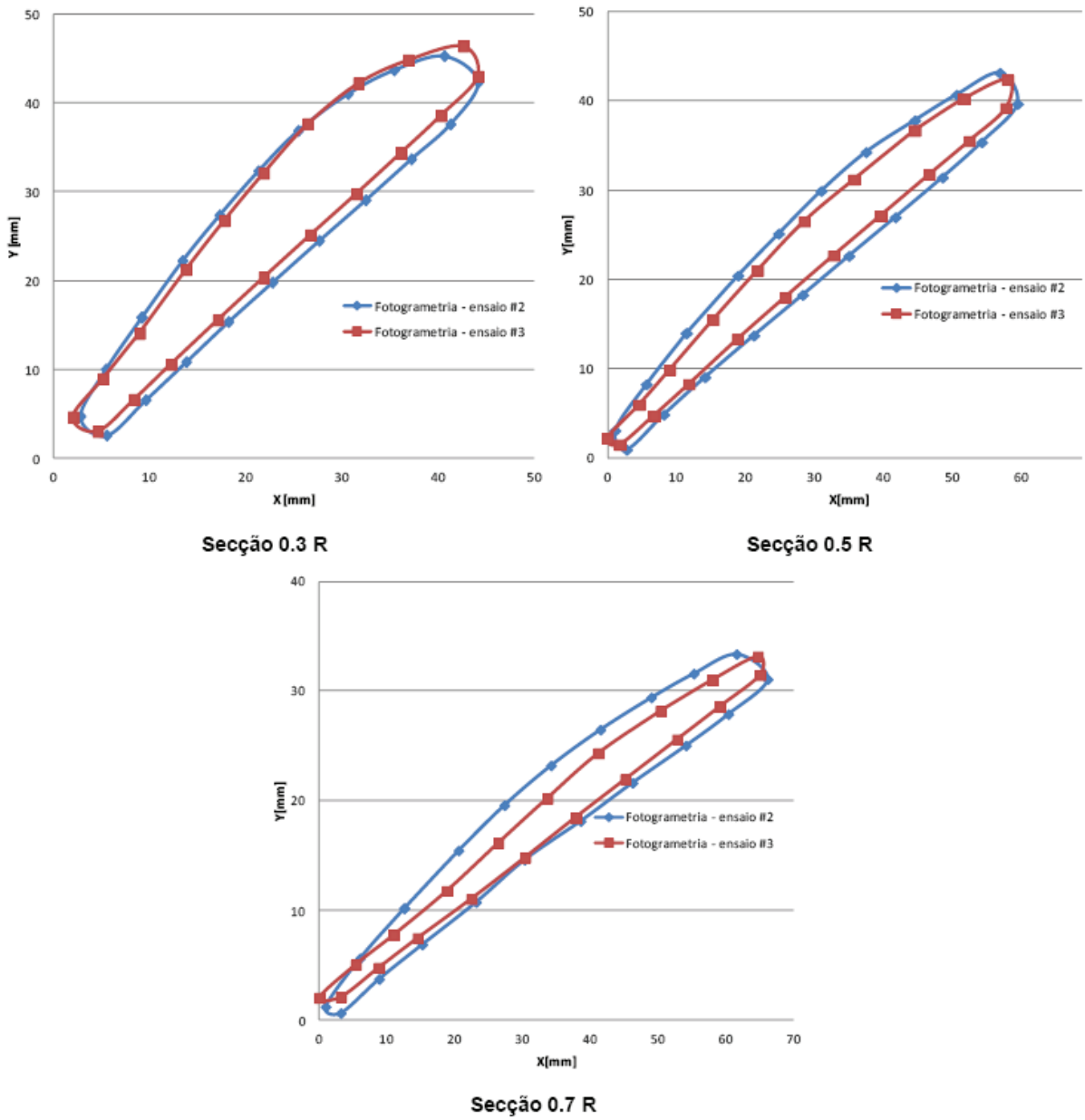


Figura 13: Comparação entre os ensaios de fotogrametria

Observa-se que os dois ensaios forneceram resultados próximos em relação ao ângulo de passo e o comprimento das cordas de cada seção. Nota-se apenas uma pequena diferença na espessura, mais assentuada a 0.7R, da ordem de milímetros. O terceiro ensaio será usada como base de comparação, mas considera-se que ambos os ensaios fornecem resultados igualmente satisfatórios quanto à captura da geometria.

6. ENSAIO COM APALPADOR

Para verificar a validade e a precisão da técnica empregada, realizou-se a comparação das seções a 0.3R, 0.5R e 0.7R entre os dois ensaios de fotogrametria e um ensaio com apalpadores mecânicos.

O ensaio com apalpador foi realizado posicionando-se o propulsor em uma mesa divisora, avançando-se 6 graus a cada medida, com um apalpador fixo a um suporte de ajuste fino, como ilustrado na Figura 14.



Figura 14: Ensaio com apalpador

Na Figura 15 é apresentada a comparação entre os ensaios de fotogrametria e o ensaio com apalpador.

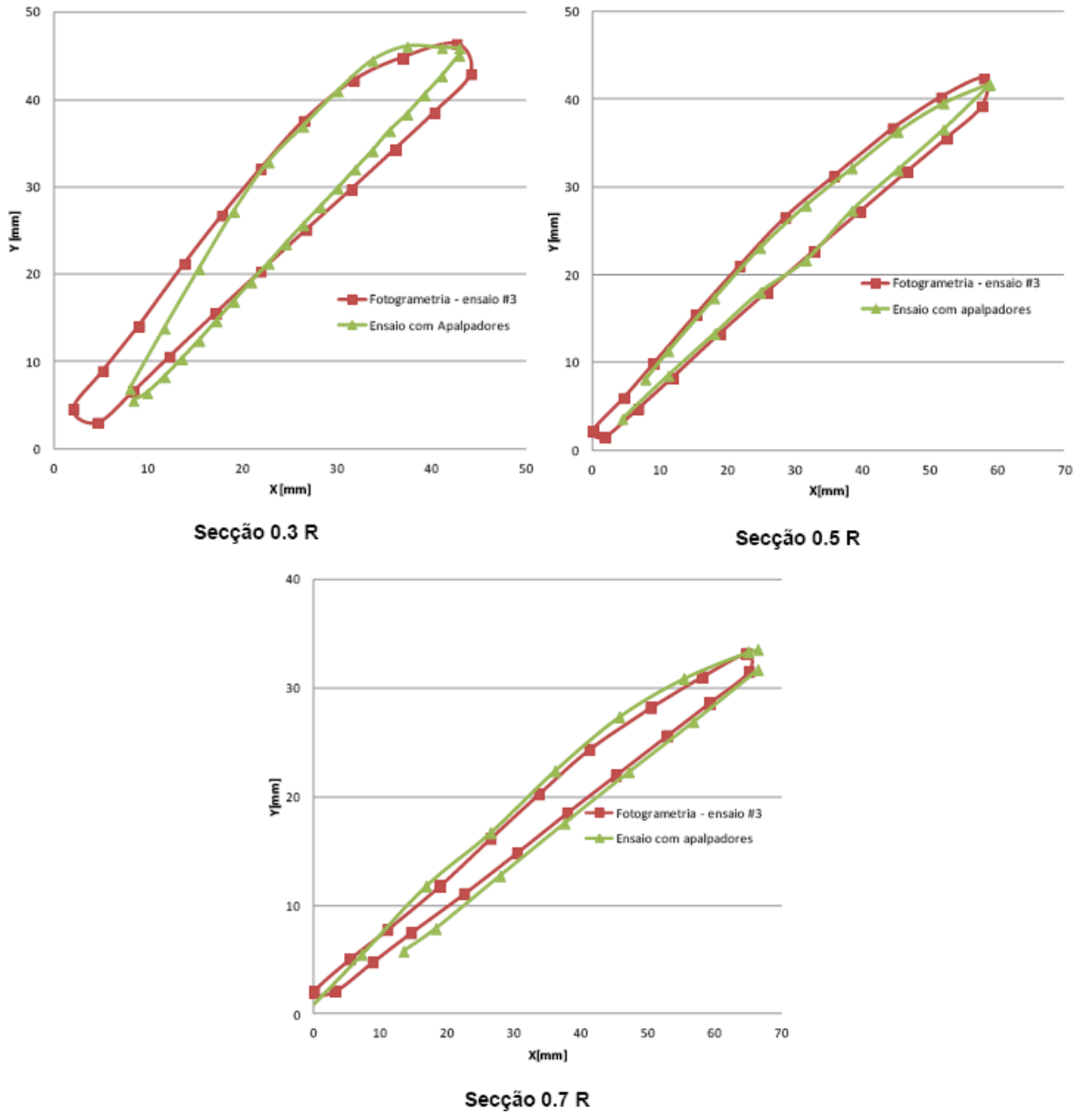


Figura 15: Comparação entre os ensaios de fotogrametria e com apalpador

Observa-se que os resultados foram bastante satisfatórias, mas nem sempre os bordos de fuga e de ataque mostraram-se coincidentes, o que pode ter sido ocasionado por falhas experimentais em ambos os ensaios. O desvio no ângulo de passo, mais visível na seção a 0.3R, provavelmente é atribuído ao ensaio com

apalpadores, uma vez que a posição radial utilizada na medição também possui falhas experimentais, e a região mais próxima à região do bosso apresenta variações mais abruptas desse ângulo. Observa-se pela Figura 16 que a há uma coerencia maior com a seção a 0.25R.

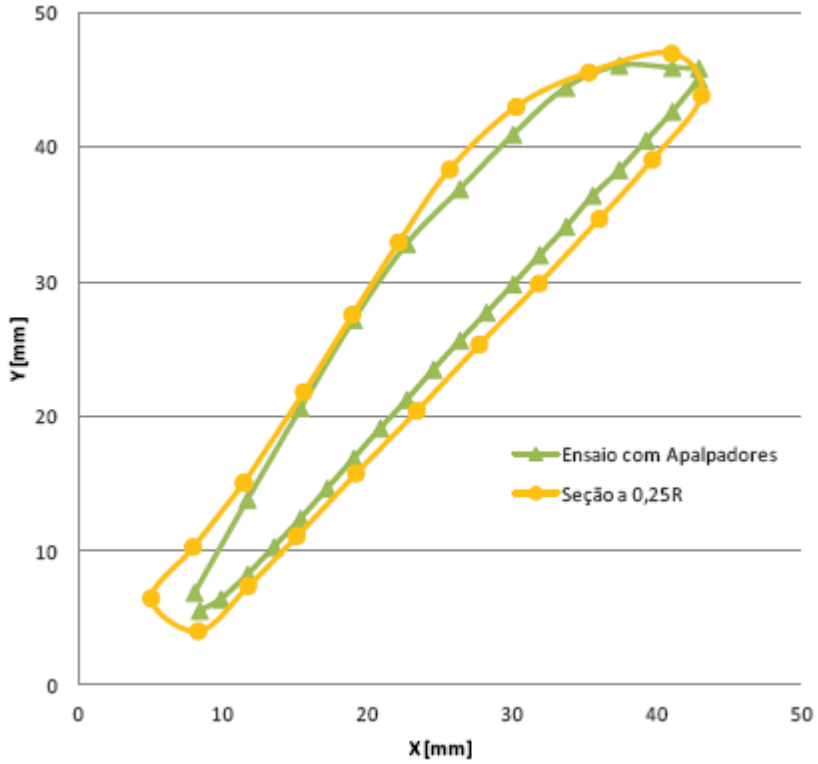


Figura 16: Comparação entre as seções a 0.25R

7. COMPARAÇÃO COM A GEOMETRIA DA SÉRIE B

A proporção de 1/6 entre bosso e diâmetro do propulsor sugere que o propulsor em estudo tem a geometria compatível com a Série-B. Para verificar a validade dessa premissa e a precisão da técnica empregada, realizou-se uma comparação das seções a 0.3R, 0.5R e 0.7R para os dois ensaios de fotogrametria com os valores esperados para um propulsor da série B ideal com as mesmas medidas de diâmetro, relação entre áreas expandida e desenvolvida, e número pás, de acordo com (Kuiper, 1992).

A descrição da geometria de cada uma das seções utilizou como principais dados de entrada o diâmetro do propulsor (270mm), a relação entre área expandida e área

desenvolvida (0,497) e o número de pás (4), segundo os cálculos apresentados em (Kuiper, 1992).

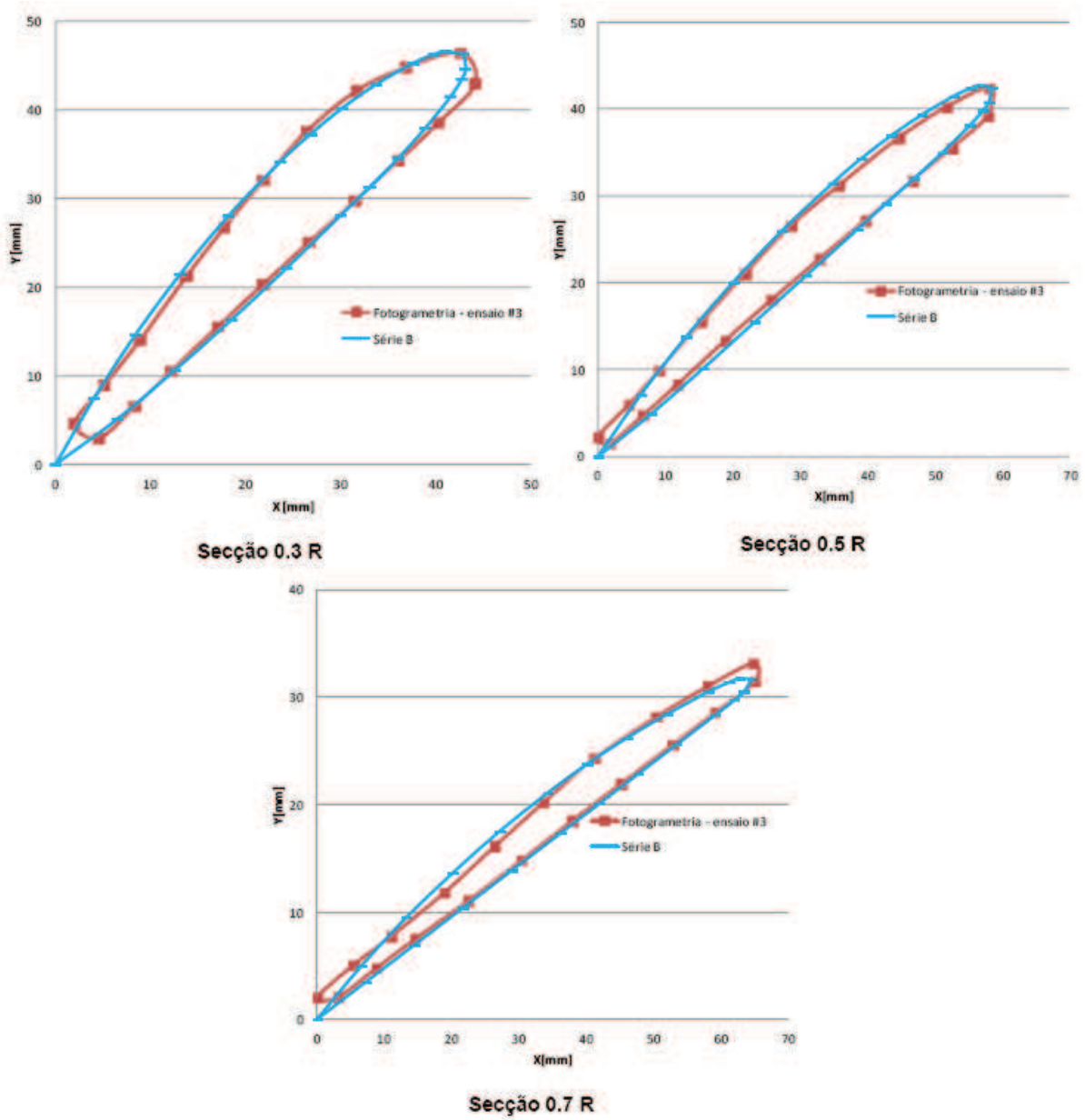


Figura 17: Comparação com a geometria esperada da Série B

Observa-se que há uma grande semelhança nas espessuras e no comprimento de corda nos três casos, o que corrobora a hipótese de que o propulsor em questão apresenta as características de um propulsor da série B.

8. OBTENÇÃO DAS PROPRIEDADES GEOMÉTRICAS DO PROPULSOR

Para cada uma das seções obtidas na etapa anterior, foi realizado o levantamento de todas as propriedades geométricas necessárias para descrever o propulsor em um programa de simulação numérica de desempenho (PPB). Foram desenvolvidas diferentes procedimentos para cada uma das propriedades, sendo elas: a posição radial normalizada da seção em relação ao eixo, o tamanho da corda, a máxima espessura, 20 valores de espessura da seção ao longo da corda, ce, rake, a relação passo/diâmetro, 20 medidas do câmber ao longo da corda e a variação da derivada do câmber em cada um dos 20 pontos considerados. A Figura 18 ilustra algumas dessas propriedades.

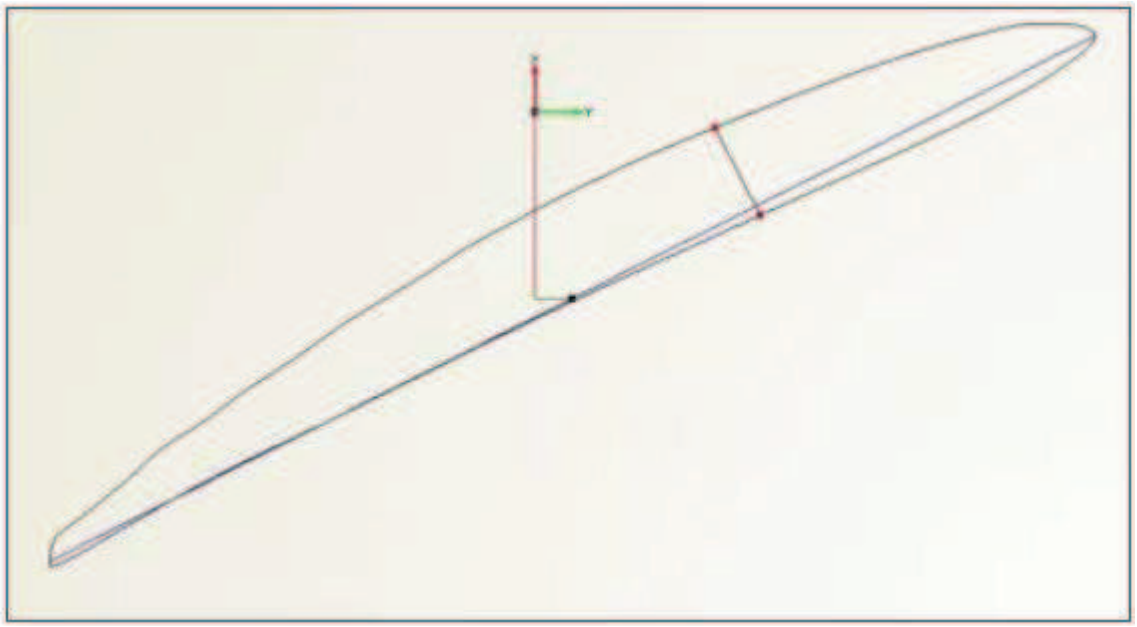


Figura 18: Ilustração dos parâmetros obtidos no FRIENDSHIP

Diferentemente das seções NACA, as seções obtidas apresentavam deformações geométricas e não apresentavam as mesmas características ao longo do perfil, como um bordo de ataque e um bordo de fuga bem definidos. Portanto, para determinar as demais propriedades, partiu-se do princípio de que e a corda dentro de cada seção seria o maior segmento de reta inscrito no interior da seção, ilustrado pela linha de cor azul na Figura 18.

A curva vermelha representa o rake, isto é, a distância no eixo X da linha diretriz ao ponto médio da corda. A curva preta entre dois pontos representa a medida da espessura para um ponto ao longo da corda. O ce foi definido como sendo a distancia do bordo de ataque à linha geratriz. O câmber foi adotado como sendo a linha média entre os pontos da face e do dorso ao longo da corda.

9. COMPARAÇÃO DA GEOMETRIA

Além dos resultados, também é possível gerar uma representação 3D do propulsor em estudo, como ilustrado na Figura 19. A representação da esquerda referese ao terceiro ensaio, enquanto a da direita refere-se ao segundo ensaio. As cores referem-se aos campos de pressão atuantes na superfície.



Figura 19: Comparação entre as geometrias geradas para os dois ensaios de fotogrametria.

Em comparação com o modelo gerado no FRIENDSHIP, tem-se:

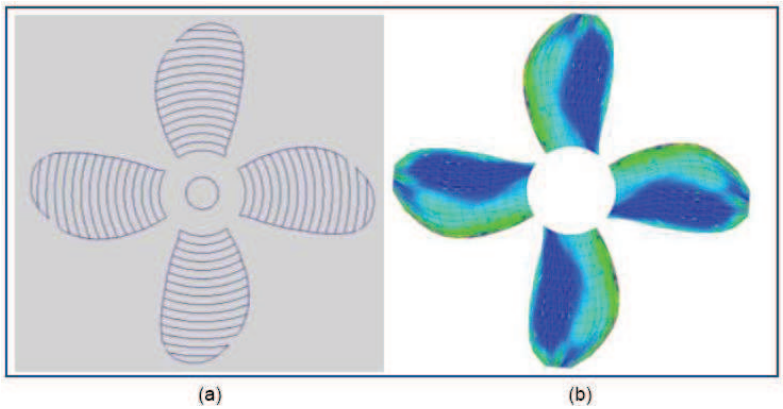


Figura 20: Comparação entre modelo gerado no FRIENDSHIP (a) e no PPB (b), vista superior.

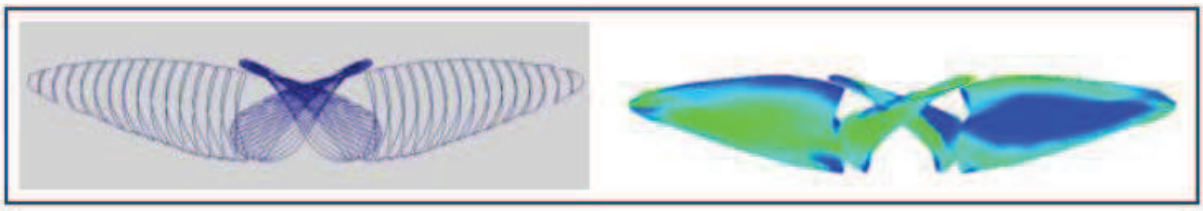


Figura 21: Comparação entre modelo gerado no FRIENDSHIP (a) e no PPB (b), vista lateral.

10. CONCLUSÕES

O presente trabalho contemplou a realização de ensaios de fotogrametria, ensaio com apalpadores, modelagem da geometria do propulsor em software CAD e comparação com os resultados esperados pela série sistemática. Considera-se também que um importante resultado foi a criação de uma metodologia para a extração das propriedades geométricas de um propulsor a partir da utilização da técnica de fotogrametria.

A técnica de fotogrametria identifica coordenadas espaciais de pontos e de linhas devidamente representados por contrastes entre branco e preto, por meio de marcadores aplicados à superfícies em estudo. No programa CAD é realizada a filtragem dos dados e a construção de um modelo 3D com os dados obtidos, com posterior extração das propriedades geométricas para cada uma das seções radiais. Por meio das propriedades geométricas do propulsor, é possível realizar a elaboração das curvas de desempenho por meio de um programa de simulação numérico.

Foi identificado que a técnica de fotogrametria demanda bastante atenção do operador, tanto no posicionamento dos marcadores e do objeto de estudo, quanto na identificação das linhas e pontos a serem trabalhados, uma vez que consiste em uma técnica bastante sensível. Por outro lado, mostrou-se uma ferramenta podereosa quando integrada ao programa CAD para realizar a extração das propiedades geométricas do propulsor em campo, sem a necessidade de remover o propulsor da embarcação.

Assim, os resultados obtidos no presente trabalho indicam um potencial promissor para a aplicação desta técnica na avaliação de propusores construídos e/ou instalados.

Quanto a trabalhos futuros, pretende-se realizar um estudo aprofundado para diferentes tipos de propulsores, incluindo a exploração de casos de assimetria, deformação e desgaste.

11. AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer ao suporte do Santander e da Universidade de São Paulo por apoiarem este projeto de pesquisa. Os autores também gostariam de agradecer o suporte do Instituto de Pesquisas Tecnologicas (IPT) pelo fornecimento do equipamento e auxilio na realização do ensaio com apalpadores.

12. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Blount, D. L. and Hubble, E. N. 1981. Sizing Segmental Section Commercially Avaiable Propellers for Small Craft. *Propellers '81 Symposium, SNAME.* Virgina Beach, USA, pp.111-138, 1981.

Carlton, J. S. 2007. Marine Propeller and Propulsion. s.l. : Elsevier, 2007. 978-07506-8150-6.

Flowtech, Shipflow User Manual v4.2, 2012.

Gawn, R. W. L. and Burrill, L. C. 1976. Effect of Cavitation on the Performance of a Series of 16 in. Model Propellers. *Transactions INA.* 1976, Vol. 84.

Grubisic, Izvor. 2008. Realiability of Weight Prediction in the Small Craft Concept Design. *Apresentado no HIPER'08 -Itália.* agosto, 2008, disponível em

<http://www.hiper08.unina.it/cd%20 hiper%2008/HTML/Papers/18%20-20Grubisic.pdf>.

Hadler, J. B. and Hubble, E. Nadine. 1971. Prediction of the Power Performance of the Series 62 Planing Hull Forms. *SNAME Transactions.* 1971, Vol. 79.

Hadler, J. B. 1966. The Prediction of Power Performance on PLaning Craft. *Trans. SNAME.* 1966, Vol. 74.

Kowalyshyn, Dina H. and Metcalf, Bryson. 2007. A USCG Systematic Series of High Speed Planing Hulls. *Marine Technology.* 2007.

Kuiper, G., 1992. *The Wageningen Propeller Series*. s.l.:Marin Publication.

Ljubenkov B., Zaplatić T., Žiha K., Bosančić F., 2010. Measurements for reliability of ship production and operation interaction. *Advanced Ship Design for Pollution Prevention* – Guedes Soares & Parunov (eds), Taylor & Francis Group, London, ISBN 978-0-415-58477-7.

Menna F., Ackermann S., Scamardella A., Troisi S., Nocerino E., 2009. *Digital photogrammetry: a useful tool for shipbuilding applications*, 13th Congress of Intl. Maritime Assoc. of Mediterranean, IMAM 2009, İstanbul, Turkey.

Menna F., Troisi S., 2010. low cost reverse engineering techniques for 3d modelling of propellers, *InternationalArchives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Vol. XXXVIII, Part 5 Commission V Symposium, Newcastle upon Tyne, UK. 2010.

Nakanishi, H. C. 2011. Modelo de síntese e otimização para embarcações de planeio. Trabalho de formatura, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2011.

Radojcic, D. 1985. An Approximate Method for Calculation of Resistance and Trim of the Planing Hulls. SNAME Power Boat Symposium. Florida, Feb., 1985.

Radojcic, Dejan. 2009. Fifty Years of the Gawn-Burrill KCA Propeller Series. Transactions Rina. jul-dec, 2009, Vol. 151, Part B2, Intl J Small Craft Tech.

Estudo do clima organizacional em uma embarcação e os reflexos no comportamento e segurança da tripulação.

Padroni, Rosa Maria[1]; Colenci Junior, Alfredo[2]; Colenci Trevelin, Ana Teresa[3]; Rosseto, Humberto[1]; Colenci, Alfredo Junior[4]; Trevelin, Ana Tereza Colenci[5]; Rosseto, Humberto[6]
[1]Fatec Jahu;
[2]USP;
[3]Fatec Taquaritinga;
[4]Universidade de São Paulo;
[5]Faculdade de tecnologia de Taquaritinga- FATEC;
[6]Faculdade de tecnologia de Jahu - FATEC

RESUMO

Com o crescente aumento das organizações a partir do século XXI e diante de um cenário de transformações rápidas oriundas do processo de globalização que afetam as organizações como um todo, alterando relações de trabalho, hábitos e até mesmo a própria cultura da organização, desencadeando conflitos entre os líderes e seus colaboradores. No âmbito do mercado de trabalho, cada profissão apresenta suas características e particularidades que merecem atenção especial, como é o caso dos profissionais que atuam na Marinha Mercante Fluvial, eles trabalham a bordo das embarcações, em espaço confinado, em alguns casos vários dias, num ambiente de total isolamento onde o próprio descanso ocorre no espaço de trabalho sem o convívio familiar ou social. Isto faz da embarcação um lugar atípico para se trabalhar que pode gerar certa interferência no clima organizacional. Por clima organizacional entende-se a atmosfera do ambiente que é percebida pelos tripulantes da embarcação durante a jornada de trabalho. Assim, o objetivo deste trabalho é analisar as ameaças e oportunidades do clima organizacional em que estão inseridos os tripulantes de uma embarcação, analisando o bem estar dos oficiais embarcados na Marinha Fluvial e sua segurança. Este trabalho foi realizado através da análise dos resultados do questionário aplicado nos fluviários e a comparação com o clima organizacional visto in loco.

PALAVRAS-CHAVE: Clima Organizacional, Segurança Tripulação

1- INTRODUÇÃO

Segundo Chiavenato (2002), as organizações são constituídas de pessoas e dependem delas para atingir seus objetivos de gerar produção e produtividade e assim cumprir sua missão, e as pessoas dependem das organizações para gerar o seu meio de sustento e assim alcançar vários objetivos pessoais, com um mínimo custo de tempo, de esforço e de conflito.

A busca incessante de qualidade e rapidez nos serviços oferecidos aos clientes das organizações que operam no ramo da navegação fluvial, aliados a um trabalho onde os funcionários ficam muitas vezes em um regime de semiconfinamento, sem a possibilidade de estar em terra firme com os seus familiares acabam por gerar uma situação de desgaste dos mesmos, seja na condição de comandados/comandante ou até mesmo entre os próprios comandados.

Bons serviços oferecidos pelas empresas devem estar relacionados à qualidade dos colaboradores ou capital intelectual que a organização apresenta, ou seja, políticas de recrutamento, seleção, treinamento, desenvolvimento de competências, cargos e salários e outras análises se tornam fatores prioritários para entender e aprimorar o nível de satisfação dos colaboradores com relação ao seu trabalho desenvolvido na empresa e consequentemente a qualidade prestada. Uma forma de avaliar e acompanhar o desenvolvimento dos colaboradores é através da Pesquisa de Clima Organizacional que representa um importante instrumento para que a Organização possa identificar pontos que devam ser objetos de ação para melhoria contínua.

2- METODOLOGIA E OBJETIVOS

A metodologia utilizada em um primeiro momento consisti de pesquisa/revisão bibliográfica seletiva sobre o tema “Clima Organizacional”, abrangendo os aspectos determinantes do tema de forma categórico-dedutiva e em um segundo momento, desenvolvimento de pesquisa de campo através de um questionário, que, de acordo com Marconi:Lakatos (2006), é “um instrumento de coleta de dados constituído por uma serie ordenada de perguntas, que devem ser respondidas por escrito e sem a

presença do entrevistador", a qual servirá como uma "fotografia" dos sentimentos e anseios daqueles que contribuíram para tal.

Essa pesquisa será realizada tendo como universo de colaboradores e gestores da área de tecnologia da informação.

3- OBJETIVO PRINCIPAL

O objetivo deste trabalho é de identificar como o clima organizacional é percebido por colaboradores da área de navegação fluvial e fatores que venham a possibilitar a formação de um ambiente de trabalho mais favorável e motivador, gerando satisfação e comprometimento por estes.

4- CLIMA ORGANIZACIONAL

O clima organizacional é um retrato que o pesquisador ou observador obtém ao mapear e analisar o ambiente interno de uma organização em determinado momento, revelando os anseios e expectativas, satisfação ou insatisfação gerados pelos colaboradores da mesma. Luz (2003, p.10) afirma que "Clima organizacional é a qualidade ou propriedade do ambiente organizacional, que é percebida ou experimentada pelos membros da organização e influencia o seu comportamento".

Ainda, segundo Luz (1995, p. 06), o "clima organizacional é o reflexo do estado de espírito ou de ânimo das pessoas, que predomina em uma organização, em um determinado período". O autor cita que o fator tempo é essencial para entender o conceito de clima organizacional, pois por ser o clima resultado de uma variedade de situações, torna-se instável, caracterizando-se, muitas vezes, por estado de apatia e insatisfação em alguns momentos e relações de animação e satisfação em outros.

O clima é o sentimento que o colaborador tem com relação ao seu ambiente de trabalho. Este sentimento pode ser de tranquilidade e confiança ou então de medo e desconfiança. O clima propício para o aumento da eficácia da organização é gerado

através da satisfação das necessidades dos participantes e a motivação destes para a realização dos objetivos da organização.

Para Chiavenato (1999, p. 142) o clima organizacional é “os sentimentos das pessoas e a maneira como elas interagem entre si, com os clientes ou elementos externos”. É importante lembrar que, as pessoas possuem percepções diferentes e por isso percebem o clima de forma distinta, prevalecendo o sentimento que predomina na organização.

Assim, pode-se perceber que a organização possui um bom clima quando seu quadro é motivado e envolvido com projetos da empresa, onde a participação do mesmo não é cobrada via posição hierárquica de seu superior imediato.

4.1- Fatores organizacionais que afetam o clima organizacional

As organizações, através de algumas variáveis, exercem influência sobre seus colaboradores. Essa influência pode atuar de forma a integrar e enriquecer o ambiente ou podem manipular e separar as pessoas. As atitudes coercitivas muitas vezes inibem o talento da maioria dos colaboradores, gerando manifestações comportamentais inadequadas e negativas individualmente ou em grupos.

O clima organizacional é determinado pelas respectivas motivações dos indivíduos, de outros aspectos como estilos de liderança, comunicação, trabalho em equipe, salários, perspectivas de desenvolvimento, que afetam os relacionamentos e são por eles influenciados. Todas as organizações criam o seu próprio clima de acordo com a maneira que esses fatores ou variáveis são trabalhadas e vistas pelos colaboradores.

Neste trabalho, são elencados alguns fatores, os quais possam ser utilizados pelos gestores, sejam eles, diretores de empresas de navegação fluvial, comandantes das embarcações ou pessoas da área interessados no assunto, como forma de instrumento de análise para melhoria do clima da organização.

4.2.- Planejamento

A maioria das organizações analisa este tópico apenas pela visão financeira dos gerentes, a qual enfatiza que planejar é visualizar o futuro, traçar metas e objetivos, mas esquecem de voltar seus olhos para o seu ativo intangível, a mão de obra de quadro funcional.

Ao planejar a organização do trabalho, os gestores estabelecem critérios ou políticas de recrutamento, seleção – Interno ou externo – e treinamento, chamando para o preenchimento de vagas ou para uma capacitação, apenas aqueles que estão em sintonia com o perfil da organização além de propiciar o surgimento ou desenvolvimento de formas mais efetivas e eficazes de trabalho. A melhoria do planejamento e da organização do trabalho não tem que ser, necessariamente, um processo complicado, caro, ou prolongado.

4.3- Comprometimento e envolvimento

O comprometimento é um processo contínuo que evolui durante toda a vida.

Chiavenato (2002), explica que em qualquer etapa da vida, especialmente no início e no meio da idade adulta, as pessoas podem sofrer consideráveis mudanças de personalidade, algumas suficientemente profundas para ser qualificadas de transformação. Afirma que parece não haver ambiguidade no fato de que as experiências que um homem tem, sobretudo na idade adulta e especialmente em seu trabalho e no contato com os meios de comunicação de massa, são pelo menos tão importantes para determinar o nível de modernidade individual que ele irá atingir quanto às expectativas do início da vida.

As organizações que se destacam em tecnologia da informação, que no passado eram possuidoras de grandes estruturas, com uma hierarquia prolongada e com excesso de burocracia, são nos dias atuais as mais frágeis e deficientes em termos de comprometimento e envolvimento de seus funcionários e não raras vezes são denominadas de “dinossauros”.

Organizações que buscam harmonizar, envolver e comprometer seus colaboradores com seus projetos em busca do fortalecimento da instituição e seu quadro são as que se destacam neste mercado. Pessoas envolvidas e comprometidas produzem mais e geram novas ideias, além de evitar conflitos entre companheiros e superiores.

4.4- Comunicação

Do surgimento da escola de relações humanas, com os estudos inovadores de Elton Mayo sobre aspectos comportamentais, motivacionais e grupos informais, percebe-se que já naquela época os efeitos positivos da comunicação eram sentidos pelos gerentes e empresários, principalmente quanto a comunicação entre funcionários.

Se no passado, devido a uma comunicação truncada e protegida pela hierarquia dura e severa o que provocava índices alarmantes de falhas humanas em empresas de todos os segmentos, hoje a comunicação interna vem ocupando cada vez mais espaço dentro das organizações, com políticas de divulgação da missão, valores e objetivos da empresa, facilitando o acesso e desburocratizando as relações entre subordinado e superior. O próprio uso das tecnologias como a internet, intranet e outras formas de comunicação facilitam o trabalho e minimiza atritos. (Maximiano, 2012)

4.5- Liderança

A liderança é uma das mais fortes variáveis que afetam o clima de uma organização. Um bom líder deve estar atento aos sinais que se mostram através dos indicadores do clima organizacional. Com o ambiente de mudanças atual, as atenções não devem estar voltadas apenas para o mercado e cliente, mas também para o ambiente de trabalho na organização.

Muitos erros são cometidos pelos líderes no ambiente externo. Para Luz (1995) o desrespeito com os colaboradores como pessoas é um dos fatores críticos. Alguns

líderes invadem a privacidade, tratam as pessoas como objetos e utilizam o poder de forma a diminuir o colaborador.

Existem ainda líderes, que pela rigidez nas suas relações, não permitem abertura para discutir sobre problemas de suas funções, ou mesmo, problemas particulares que muitas vezes interferem no trabalho e no ambiente organizacional.

Outro erro grave é não apoiar e subestimar a responsabilidade do colaborador. Á partir do momento em que o líder deposita confiança no trabalho e nas ideias de sua equipe, ele transmite responsabilidade que valoriza e motiva o colaborador a criar e crescer.

Sabe-se que a liderança é um processo no qual o líder busca, sob a influência e a aceitação do próprio grupo, o alcance de metas e objetivos específicos através de mobilização, motivação, informação e comunicação, manejo e solução de conflitos, estabelecimento de estratégias e definição de políticas e que não existe um tipo ideal de líder para todo tipo organização, mas que o respeito, delegação de poder e autoridade, bem como a busca da satisfação e comprometimento da equipe, favorece o desempenho e relações entre lideres e liderados. (LUZ, 1995)

4.6.- Equipe

Atualmente o estilo de supervisão focada apenas no gerente ou supervisor está perdendo espaço para as chamadas equipes de trabalho ou equipes autogeridas.

Segundo Amarú (2006), a delegação de autoridade e o aprimoramento da comunicação dentro de um grupo de trabalho são mecanismos para criar uma equipe autogerida, que além de apresentar vantagens como facilidade na comunicação, autonomia para decidir, responsabilidade pelos próprios resultados, também desonera o custo das atividades de supervisão ou gerenciamento e facilitam o desempenho das atividades.

4.6- Motivação

A motivação tem sido um dos temas mais estudados em gestão de pessoas e, mesmo assim, permanece um dos aspectos mais preocupantes do cotidiano das organizações. São inúmeras tentativas para motivar os empregados, há muitos investimentos em novos e retumbantes programas motivacionais e, passado pouco tempo, volta-se a situação inicial. Mas o que, ou como motivar uma equipe ou um colaborador?

Em sentido mais amplo, na psicologia, motivação corresponde “a uma modificação do organismo que o faz mover-se, até que se reduza essa modificação” (Piéron, 1964). Motivação é definida como um impulso a ação. E também traduzida como necessidade ou tendência (Piéron, 1964; Archer, 1997). Por tratar-se de impulso ou necessidade, é obvio que é originada basicamente no interior dos indivíduos.

A motivação tem sido vista como uma saída para melhorar o desempenho profissional no que diz respeito tanto à produtividade quanto à saúde organizacional e à satisfação dos trabalhadores.

O gestor poderá apropriar de teorias motivacionais e comportamentais deixados pelos precursores da administração de recursos humanos, dentre eles, Maslow com sua Teoria das necessidades, contemplando que todo indivíduo tem necessidades pessoais e profissionais e ao ser realizada uma de suas necessidades ele reage de forma positiva a novos estímulos.

A literatura sobre este tema é vasta, mas não absoluta ou definitiva, cabendo ao gestor buscar formas eficazes para atingir este objetivo,seja por treinamento, ambiente mais agradável, melhor remuneração ou alguma coisa que perceba que sua equipe ou funcionário necessite.

4.7- **Iniciativa**

Henry Fayol ao elencar os seus princípios secundários de sua teoria descreve como iniciativa o ato fazer aumentar o zelo e a atividade dos agentes.

Iniciativa pode ser entendida também como o ato de agir, não esperar que outro faça por você, de assumir responsabilidade. Atualmente, as empresas buscam profissionais que além do comprometimento e envolvimento com o trabalho, com a equipe e com a própria organização, também tenham o discernimento e a capacidade de gerar opiniões próprias e criar o seu modelo de trabalho, evitando-se sobrecarga de atividades rotineiras nas mãos dos gestores ou tomadores de decisões.

5- PESQUISA DE CLIMA ORGANIZACIONAL

Segundo Toledo e Milioni (apud Luz, 1995, p.41) a pesquisa de clima organizacional "é o levantamento do clima organizacional ou cultura da organização, buscando identificar e avaliar as atitudes e padrões de comportamento, com vistas a orientar políticas de ação e correção de problemas", gerando assim um verdadeiro diagnóstico do clima interno das organizações.

A pesquisa aponta como os colaboradores se sentem como integrantes da organização e permite identificar e avaliar as atitudes e comportamentos negativos, para a realização de um trabalho de mudanças e correções dos problemas que afetam o bom clima.

Para Luz, "a pesquisa indica também as tendências de comportamento dos empregados, como por exemplo, a sua predisposição para apoiar ou rejeitar campanhas promovidas pelas empresas, bem como programas de qualidade, aumento da produtividade ou até mesmo de consciência ambiental.

A finalidade da pesquisa de clima é melhorar o ambiente interno, mapeando os problemas para procurar solução e não culpados. A alta direção da empresa deve

realizar um trabalho com seus gestores buscando a superação de tais problemas, fornecendo todo o apoio e as orientações necessárias para o desenvolvimento desses profissionais.

As pesquisas de clima são realizadas geralmente através de questionários que são aplicados aos colaboradores para obter a percepção dos mesmos em relação à organização. Nela são levantadas perguntas abertas ou fechadas, sobre algumas variáveis de uma organização, como a visão que os colaboradores tem do trabalho que executam, o relacionamento entre as pessoas e setores, o salário, a liderança, a comunicação, os benefícios, a participação, o trabalho em equipe, a motivação, o planejamento, entre outros.

Para Sucesso (2002), o grande fator de sucesso da pesquisa é a correta utilização dos dados coletados. O resultado irá apontar os itens a serem trabalhados e as oportunidades de melhoria. Quando se inicia um processo de pesquisa de clima cria muitas expectativas nos colaboradores, por essa razão todo o processo deve ser conduzido com transparência e sem medo de expor dados, que devem ser discutidos abertamente e em clima profissional e com maturidade.

5.1- Aplicação da pesquisa de clima organizacional

Para que a aplicação da pesquisa seja clara e forneça dados que traduzam a realidade do ambiente da organização, segundo Luz (1995) é necessário que sejam tomados alguns cuidados:

a) A pesquisa não deve solicitar a identificação dos colaboradores, o que afetaria o resultado bruscamente, devido ao medo de represarias por parte da liderança. A única identificação recomendável e a da unidade ou departamento onde o colaborador trabalha;
b) A pesquisa deve ser conduzida por pessoas que não façam parte da liderança da unidade ou que gerem qualquer tipo de constrangimento do colaborador;
c) Os pontos abordados devem ser possíveis de serem trabalhados, pois as questões geram expectativas e perguntas sobre um assunto que a

empresa não possa dar respostas satisfatórias e o mesmo que não validar todo o processo;

d) A pesquisa pode ser aplicada a todos os empregados de uma organização ou a uma amostra representativa, para que os dados obtidos sejam reflexo da realidade do ambiente;

e) O questionário pode ser aplicado individualmente ou em grupo. O colaborador não deve levar o questionário para casa ou para a área de trabalho, estes fatos que poderão influenciar as respostas com opiniões de terceiros;

f) A pesquisa deve ser aplicada em períodos, que não devem ser inferiores a dois anos, salvo se ocorra alguma mudança capaz de provocar alteração no clima organizacional;

g) Devem ser realizadas perguntas sobre o mesmo assunto, em momentos diferentes e abordados de forma distinta, para que a validade das respostas seja confirmada;

h) A pesquisa não deve ser aplicada após o acontecimento de algum fato, interno ou externo, que tenha provocado extrema alegria ou tristeza, desta forma o resultado seria mascarado.

Assim, entende-se que a pesquisa de clima organizacional é essencial para identificar os fatores relevantes na relação do indivíduo com a organização e que a seriedade e profissionalismo na sua elaboração, aplicação e análise são fatores chave para o sucesso e credibilidade de todo o processo de mudanças.

5.2- Tabulação e resultados da pesquisa do clima organizacional.

5.1- O Trabalho Embarcado e suas especificidades

Como vem sendo dito até o momento, o pressuposto que fundamenta a presente investigação está pautada na idéia de que o trabalho realizado em navio na margem do rio, com acesso restrito à comunicação pode causar impactos na vida dos trabalhadores no clima organizacional.

Tripulação Fluvial – Convés

- *Capitão Fluvial*
- *Piloto Fluvial*
- *Mestre Fluvial*
- *Contra Mestre*
- *Marinheiro Fluvial de Convés*
- *Cozinheiro*

Tripulação Fluvial – Máquinas

- *Supervisor Maquinista*
- *Condutor Maquinista*
- *Marinheiro Fluvial de Máquinas*

5.2.- Estudo de Caso

Foi realizada uma pesquisa através de um questionário para uma amostra aos oficiais da Marinha Fluvial que estão embarcados da hidrovia Tiete-Paraná. Para analisar o comportamento dos oficiais no ambiente e como esse comportamento influencia no clima organizacional e vise versa.

Responderam os questionários:

Para analisar o comportamento dos oficiais, responderam a pesquisa - Marinha Fluvial-,45 oficiais

5.3.- Idade dos avaliados

- Fluviais: 22 a 59 anos

5.4.- Jornada de Trabalho, Sistema de Turnos e Pausas

O regime de trabalho dos fluviários varia entre 5 dias a 25 dias e 5 dias de descanso.

Um dos elementos diferenciadores do trabalho embarcado é justamente esse tempo de descanso, pois estando embarcados durante esses dias, as horas de descanso são utilizadas no próprio local de trabalho, ou seja confinados.

5.5.- Tabulação dos questionários

E – Excelente

B – Bom

R - Regular

P - Péssimo

Tabela1 – Resultados da pesquisa

questão	excelente	bom	regular	péssimo
1	10	35	0	0
2	23	11	11	0
3	7	32	3	3
4	11	29	0	3
5	0	16	23	6
6	13	32	0	0
7	30	9	6	0
8	12	25	8	0
9	35	5	5	0
10	41	4	0	0
11	0	25	11	9

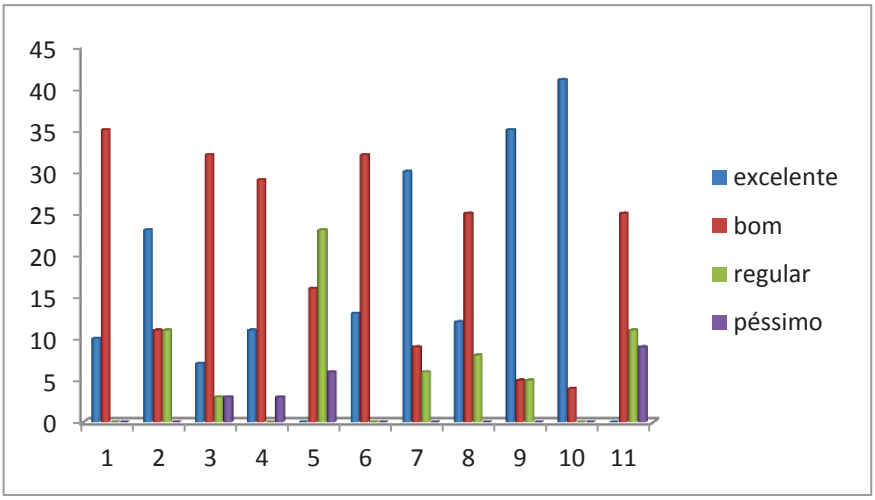
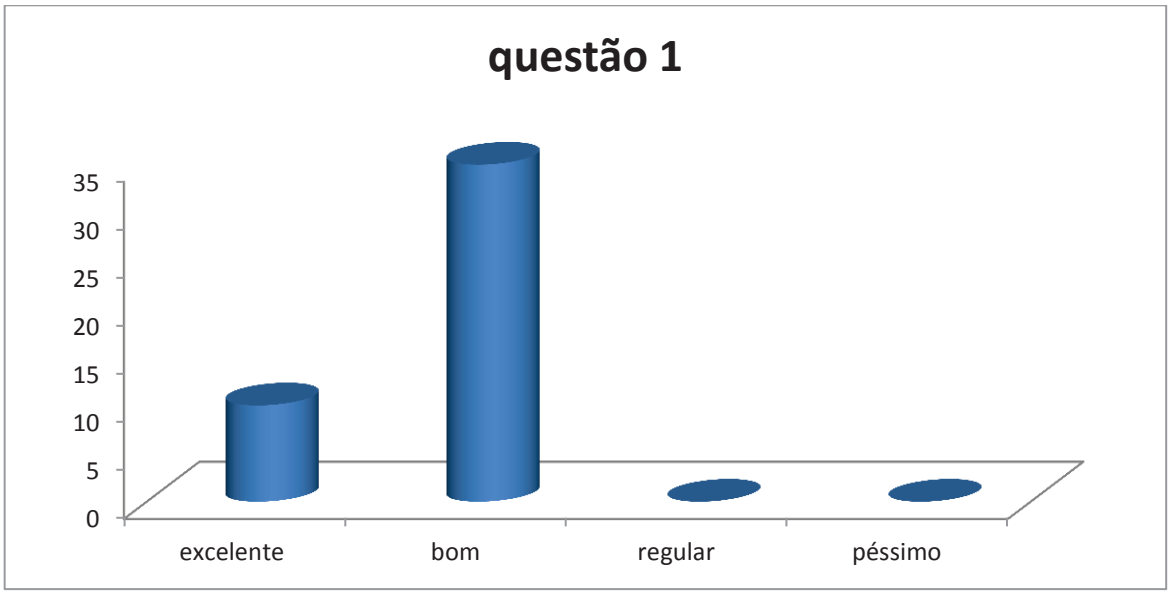
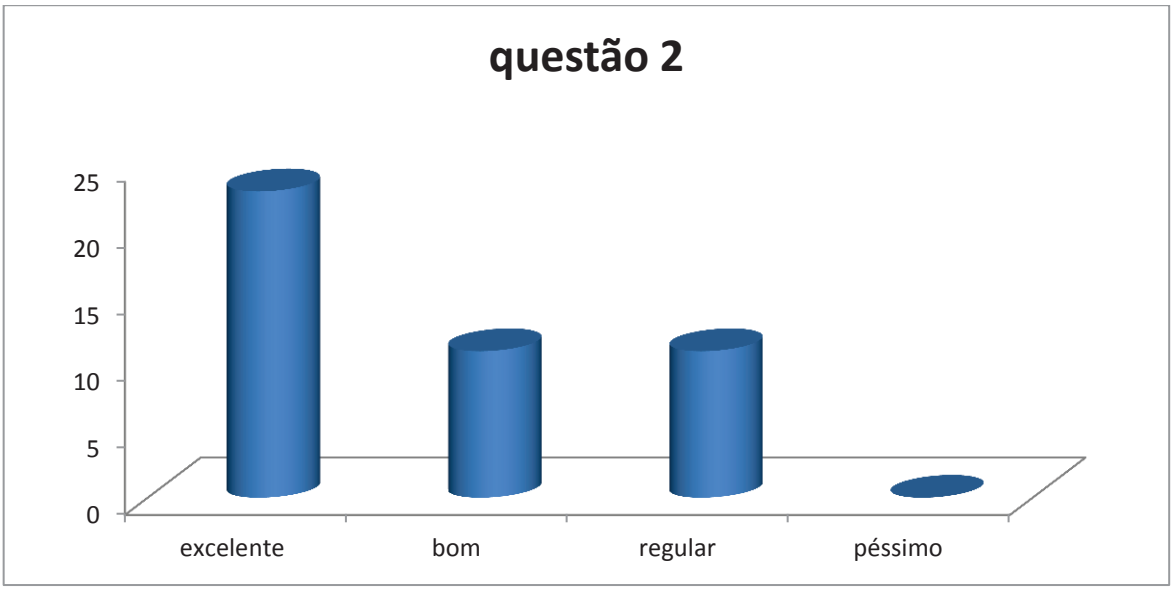


Gráfico: tabulação geral

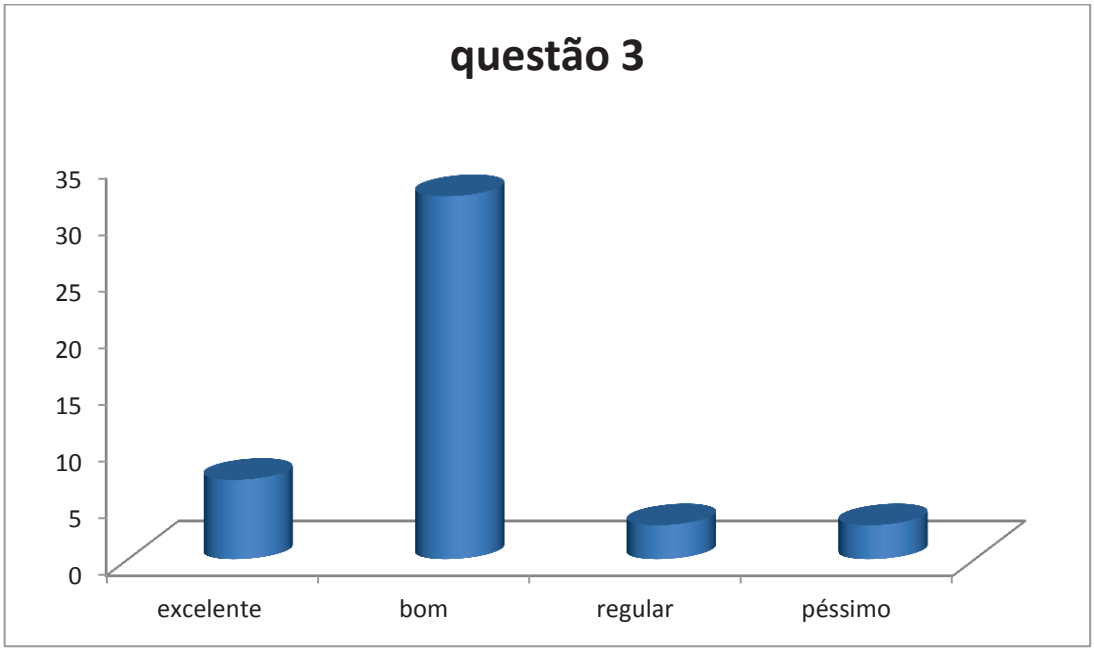
Questão 1- Como você julga o trabalho embarcado?



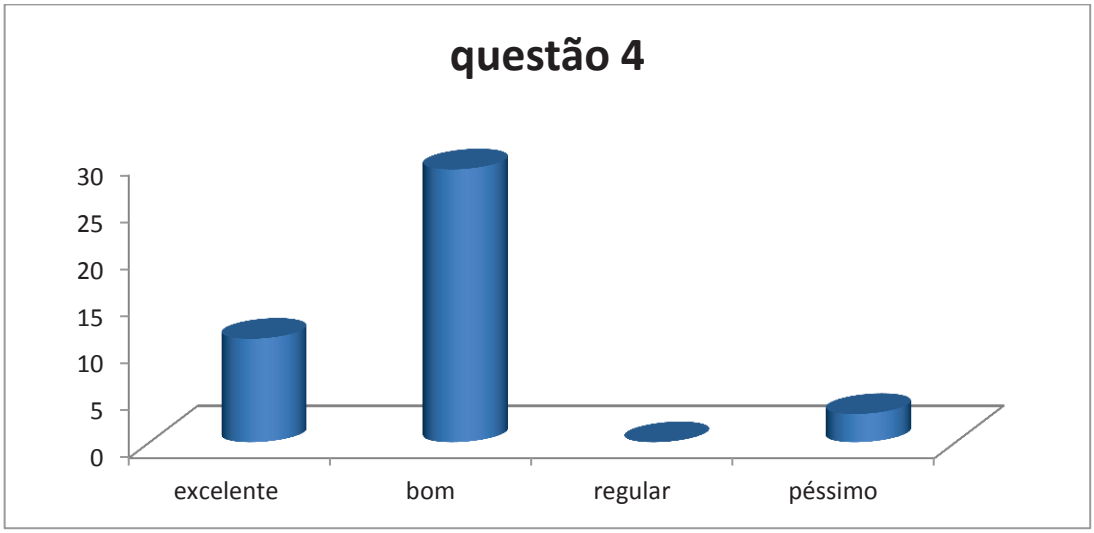
Questão 2.- No início do embarque como você se encontra?



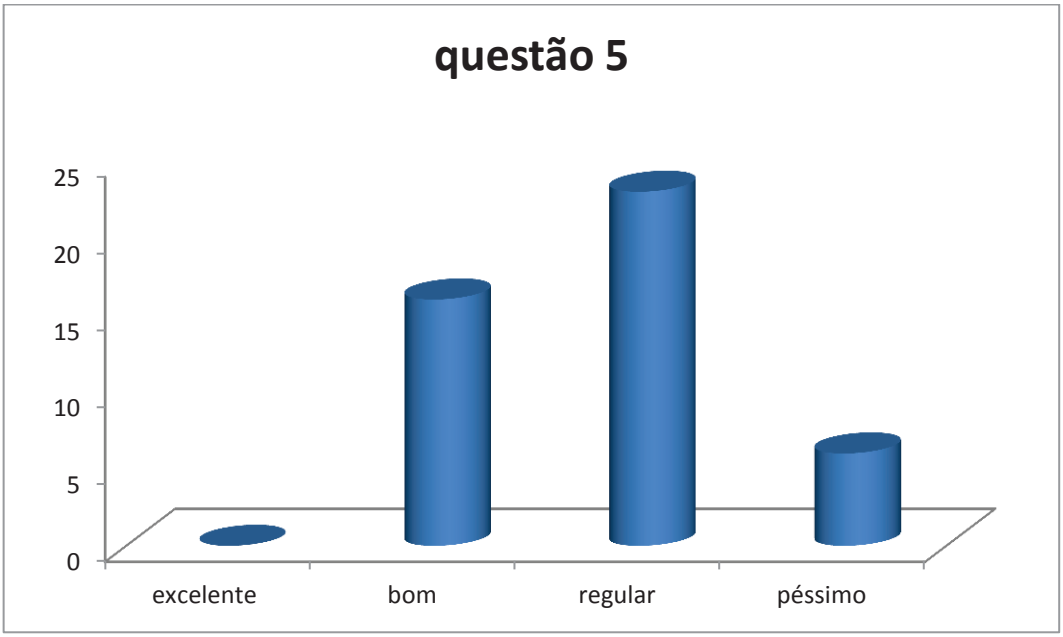
Questão 3 - Como foi o período de adaptação ao trabalho embarcado



Questão 4 - Como é a sua relação com os colegas quando desembarca?



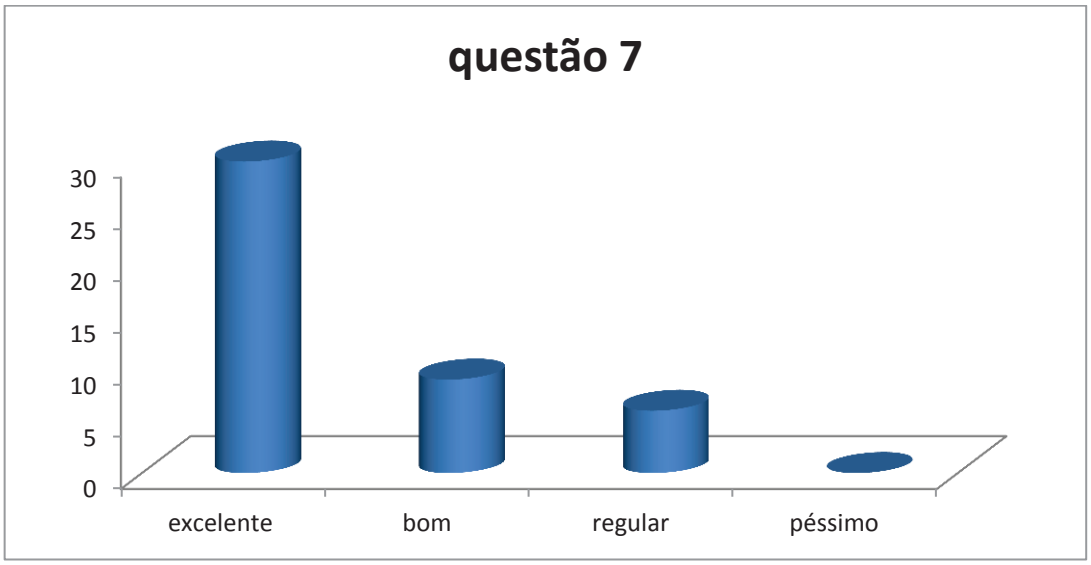
Questão 5- O que você pensa sobre o isolamento/confinamento no navio



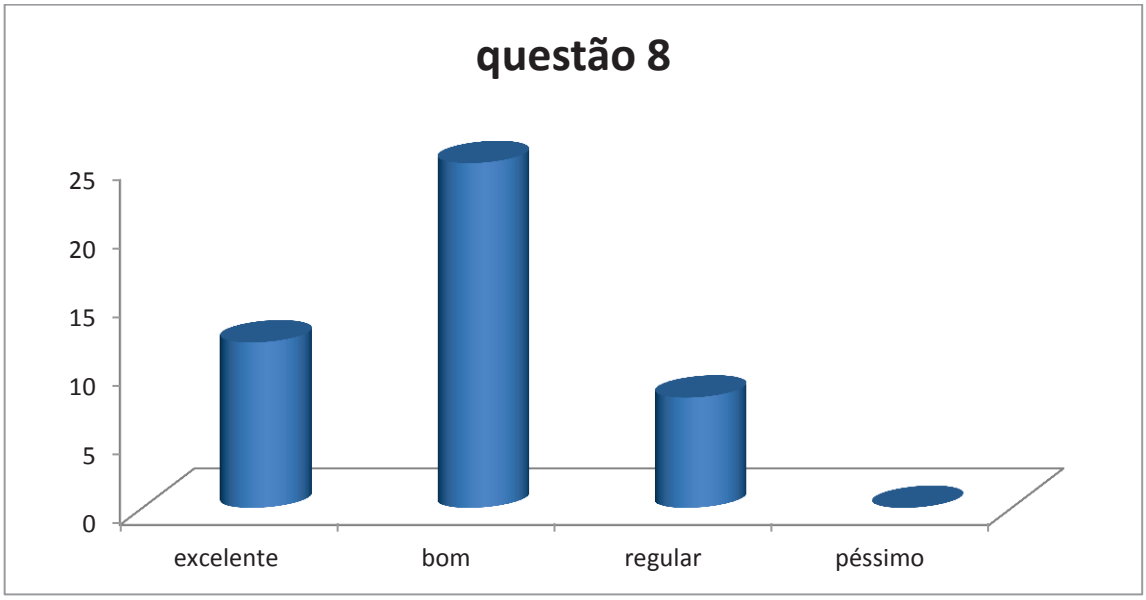
Questão 6 - Como é a segurança no trabalho embarcado para você?



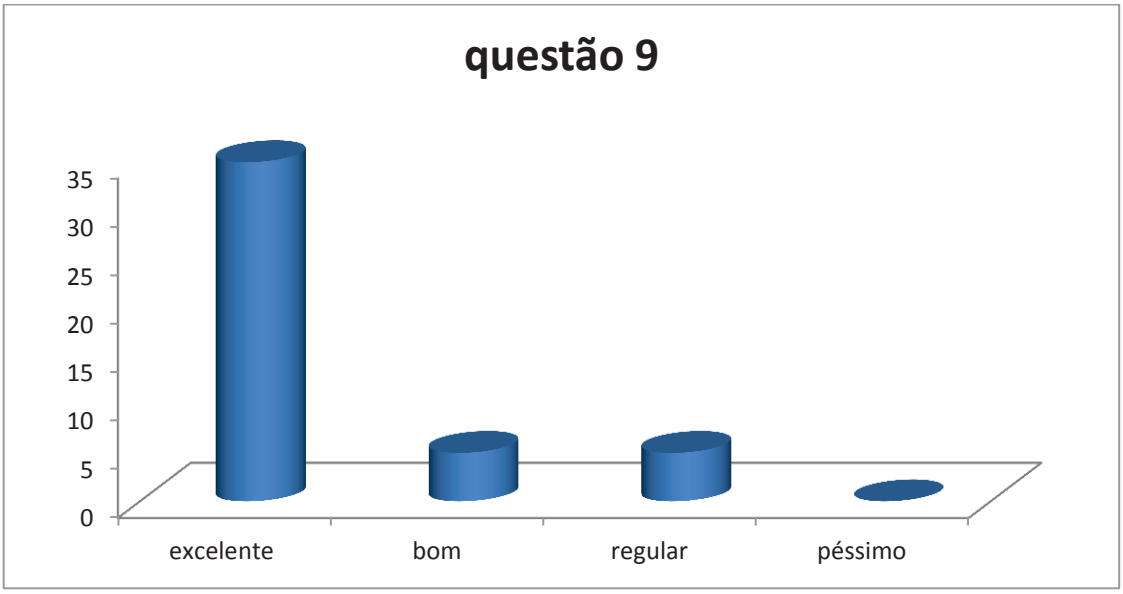
Questão 7 – Como é o espaço físico da embarcação



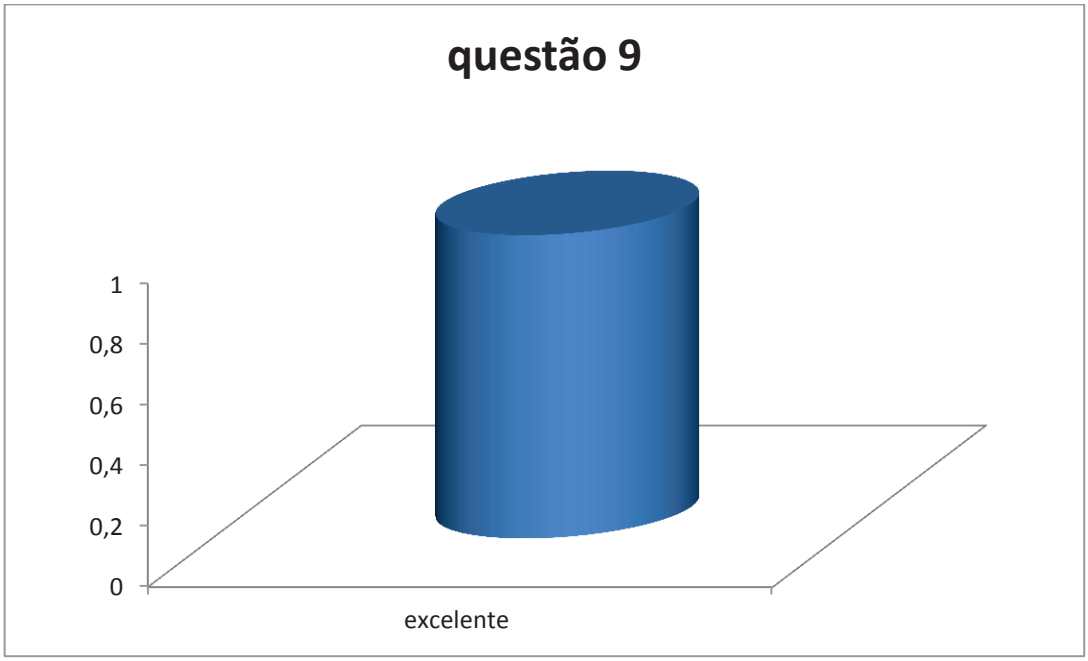
Questão 8- Como é o lazer dentro da embarcação durante o período embarcado



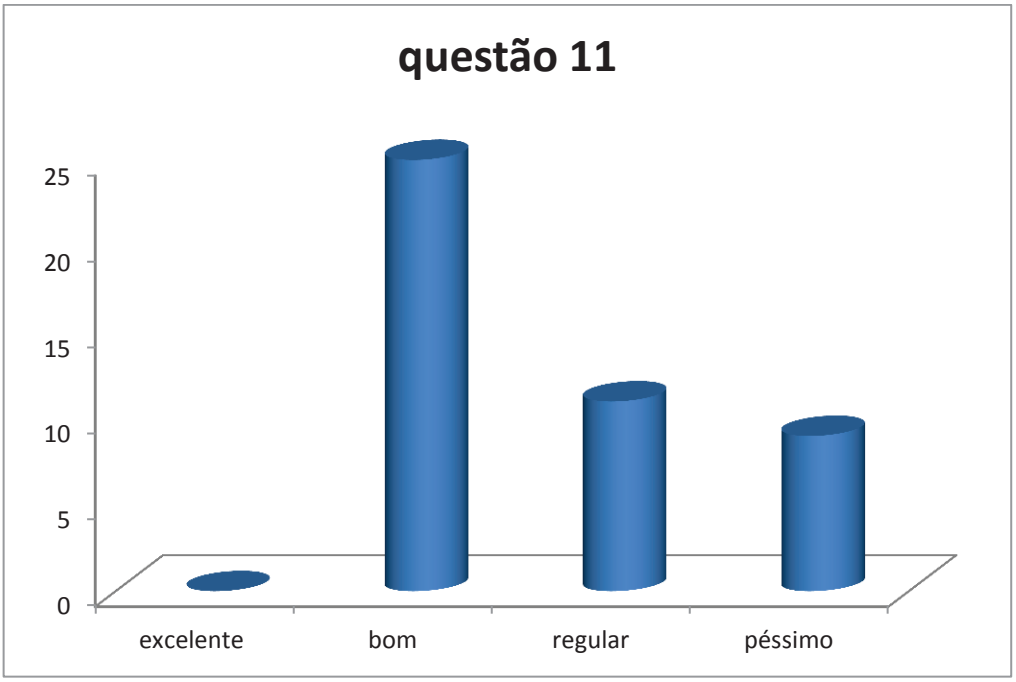
Questão 9 - Como é a alimentação na embarcação



Questão 10 - Qual a sensação na hora do desembarque

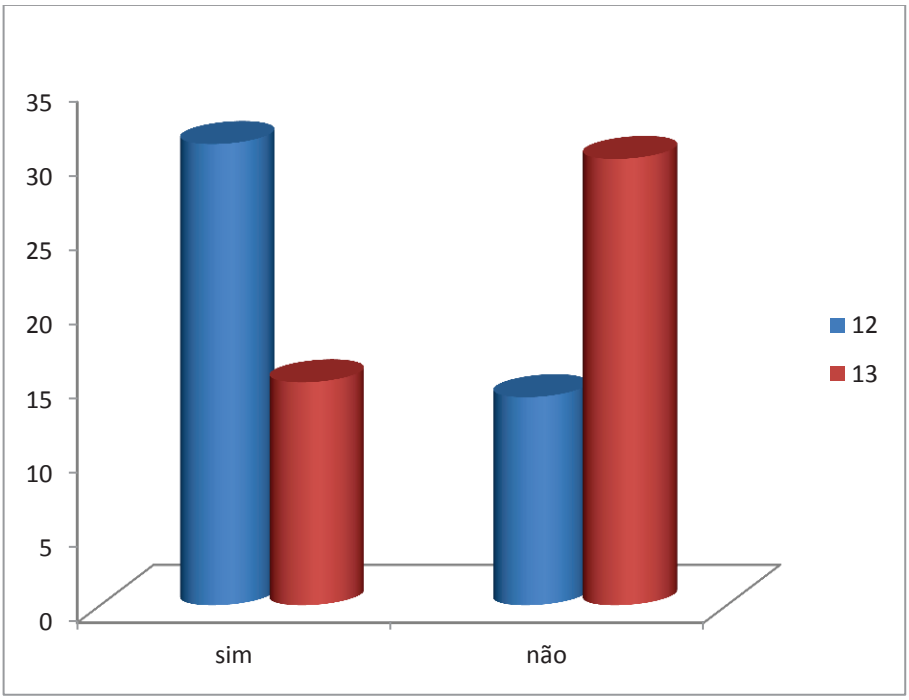


Questão 11 - Como você avalia a influencia do comportamento humano (sentimentos – raiva, agressividade, calma, tristeza,alegria, etc...) no trabalho embarcado?

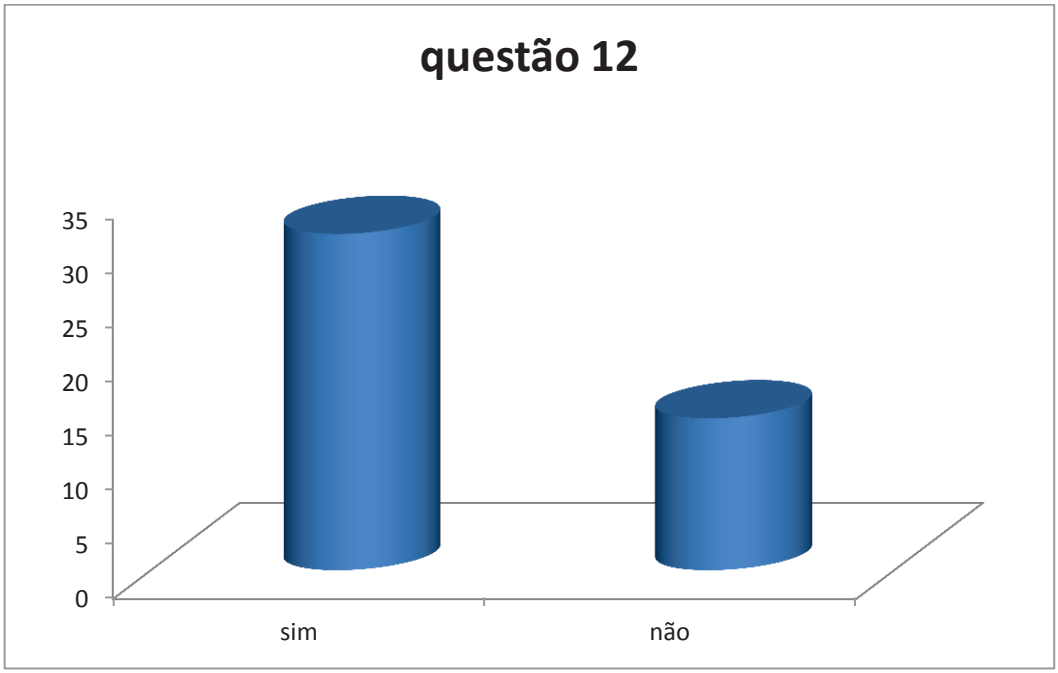


Tabulação da questões 12 e 13

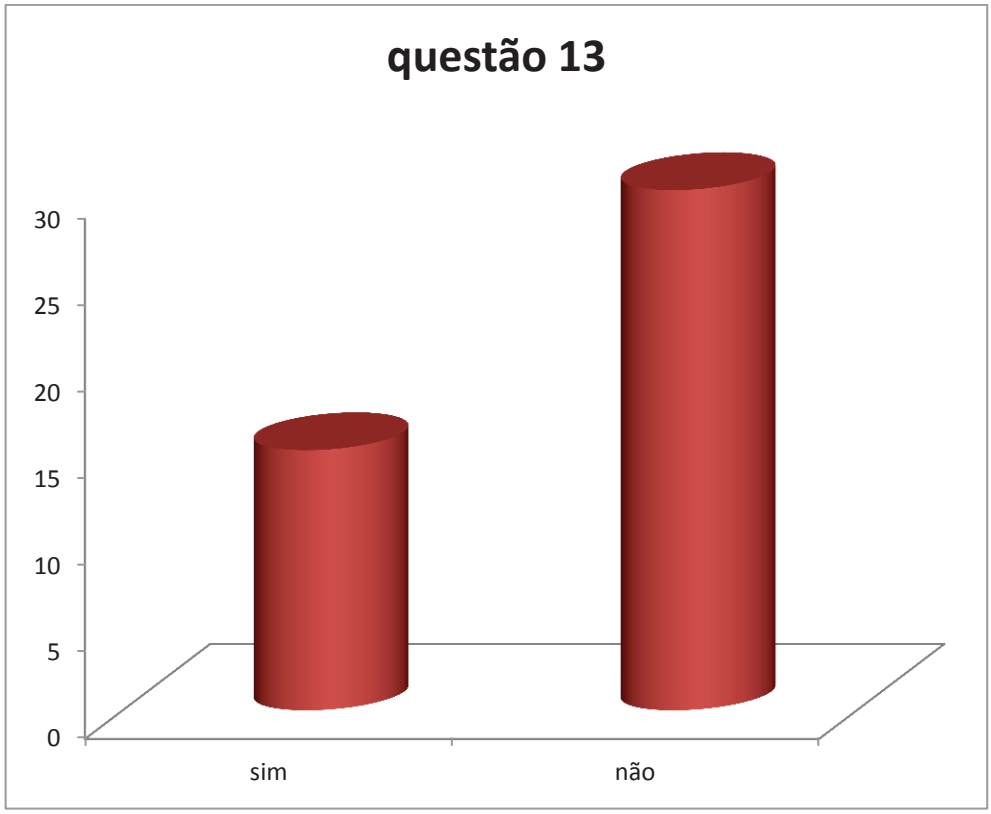
questões	sim	não
12	31	14
13	15	30



Questão 12 O salário é compatível com suas atividades?



Questão 13- *As tensões geradas por situações de emergência, como ter que ficar embarcado mais tempo do que o combinado, pode afetar o seu desempenho no trabalho.*



O resultado para o item Vida Profissional demonstra um alto grau de satisfação dos entrevistados.

• Estrutura organizacional – mede o nível de relacionamento e de capacitação dos elementos que compõem esta estrutura e sua interferência nas atividades realizadas pelos funcionários;
A maioria dos entrevistados demonstraram satisfação quanto a Estrutura Organizacional.

• Remuneração – avalia se este item está de acordo com as atividades prestadas à empresa;

Geralmente Remuneração é o “calcanhar de Aquiles” nesse caso foi verificado um nível grande de satisfação com o salario recebido.

• Segurança – avalia o risco que os tripulantes estão sujeitos durante a realização das tarefas, caso tenha algum tipo de problema no clima organizacional.

• Ambiente de trabalho – estabelece o grau de relacionamento entre os colegas de trabalho, necessário para realização das atividades individuais ou coletivas;

6- CONSIDERAÇÕES FINAIS

O levantamento de dados do clima organizacional tornou-se uma valiosa ferramenta de uso gerencial, permitindo que os gestores possam extrair informações úteis e precisas do nível de satisfação, motivação e comprometimento de seus colaboradores, funcionando como um retrato da organização onde através do mapeamento do ambiente interno da mesma, pode-se extrair informações sobre possíveis focos de problemas existentes com o desempenho de seu quadro funcional ou até gerar ideias para melhorias a serem implantadas.

A pesquisa de clima organizacional realizada possibilitou identificar e analisar como o clima organizacional dos tripulantes de uma embarcação fluvial na Hidrovia Tiete-Paraná, propiciando uma visão que possibilite ações para melhorar o ambiente de trabalho e o desempenho das empresas e das pessoas.

Alguns fatores relevantes encontrados na pesquisas em relação ao comportamento dos fuviários que influenciam o clima organizacional:

Na questão 16, os marítimos classificam como tendo melhores condições de lazer dentro da embarcação do que os fluviarios;

Em relação a alimentação um nível grande de satisfação com o salario recebido.

Numa época em que se discutem formas de participação do trabalhador na dinâmica organizacional das instituições – visando uma flexibilidade nas relações de trabalho (vertical horizontal) - trabalhos caracterizados pela forte hierarquia e funções rígidas e definidas na pirâmide organizacional mostram-se importantes a análise desses pontos discutidos.

A ausência dos familiares e do convívio social em terra, é descrita como algo "passível de se habituar". O grande estímulo para a permanência nessa ocupação é a segurança financeira que possibilita uma boa educação para os filhos e sustento familiar.

Há, de fato, um distanciamento das pessoas em terra e o contato é restrito quando se está embarcado, porém os oficiais têm ao seu alcance meios de comunicação eficazes e rápidos, como telefone, e-mail e outros recursos através do computador.

Ainda que o afastamento dos familiares e do convívio social seja um aspecto que afete negativamente seu trabalho e sua vida, ao atuar nessa área e o salário satisfatório contribui para atenuar esses impactos.

Conclui-se que as ameaças e oportunidades do trabalho embarcado é que criam o clima motivacional do oficial, trazendo a satisfação ou a insatisfação na realização das tarefas, podendo influenciar a segurança pessoal, da tripulação e do meio ambiente – hidrovia. Portanto um trabalho comportamental e capacitação técnica assegura-se a segurança desses profissionais pois o trabalho isolado/embarcado conduz a solidão.

7- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CHIAVENATO, Idalberto. **Recursos Humanos.** São Paulo:Atlas, 2002**.**

CHIAVENATO, Idalberto 1. **Treinamento e desenvolvimento de recursos humanos**: como incrementar talentos na empresa. São Paulo: Atlas, 1999.

LUZ, Ricardo. **Clima Organizacional.**1.ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1995.

LUZ, Ricardo. **Gestão do Clima Organizacional.**1.ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2003

SUCESSO, Edina de Paula Bom. **Relações Interpessoais e Qualidade de Vida no trabalho.** 2. ed. Rio de Janeiro: Quality, 2002.

ULRICH, Dave. **Os campeões de recursos humanos**: inovando para obter os melhores resultados. São Paulo: Futura, 2002.

Curve interpolation with normal information to determine contour lines

Edson Kenji Ueda; Jocyr S. de Almeida; Marcos de Sales Guerra Tsuzuki
edson.ueda@usp.br;jocyr@uol.com.br; mtsuzuki@usp.br
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

RESUMO

A interpolação de pontos é uma tarefa importante na engenharia naval. Este trabalho foca na determinação de curvas específicas, denominadas de curvas de nível. Estas curvas são utilizadas para gerar a superfície em diversas aplicações. Softwares de CAD comerciais podem ser utilizados para gerar as curvas de nível a partir de um conjunto de pontos ordenados, porém em algumas situações é difícil de determinar curva interpoladora que possua propriedades específicas. Isto ocorre devido ao fato do método não utilizar todas as informações necessárias para criar a curva desejada. Normalmente, métodos de interpolação de curvas utilizam apenas a sequência de pontos fornecidos, mas em alguns casos a tangente ou a normal em alguns dos pontos podem ser fornecidas para auxiliar na definição da curva interpoladora. Porém, essas informações não podem ser utilizadas em métodos convencionais de interpolação de curvas. Para corrigir esses problemas, um algoritmo geométrico que utiliza uma sequência de pontos com informações complementares (como o vetor tangente e/ou a normal) será utilizado para determinar a curva interpoladora. O algoritmo geométrico será aprimorado para suportar B-Spline não uniforme. Resultados mostram melhoras quando comparada com a implementação convencional de B-Spline uniforme.

ABSTRACT

The interpolation of a set of points is an important task in naval engineering. This work focus on the determination of specific curves, named as contour lines. These curves are used to generate the pump blade surface. It is possible to use commercial

CAD systems to generate the contour lines from an ordered sequence of points. But, usually, it is very hard to generate an interpolated curve with the appropriated properties. This is consequence of the limited information in which the employed method can use about the curve representation. Usually, interpolation methods use only the given ordered sequence of points. Often, the tangent and/or normal vectors at some of the points are also given, and, unfortunately, such information cannot be used by conventional methods. To correct these errors a geometric algorithm that uses the ordered sequence of points with complementary information (such as the tangent and/or normal vectors) will be used to determine the interpolated curve. The geometric algorithm will be improved to support non uniform B-Splines. Some results show the improvements when compared with conventional implementation of uniform B-Splines.

1. INTRODUÇÃO

A interpolação de um conjunto de pontos é uma ferramenta muito utilizada na engenharia. Em específico, na engenharia naval pode ser utilizada na construção de curvas que auxiliam na construção de pás de turbina ou bombas. Sobrinho et al. (2009) utilizaram curvas para auxiliar na reconstrução da geometria de pás de turbinas hidroelétricas. Os pontos medidos foram utilizados em um algoritmo de recozimento simulado para criar curvas aproximadoras. Estas curvas aproximadoras auxiliaram na criação de um modelo 3D da pá da turbina.

O método desenvolvido por Sobrinho et al. (2009) não possui meio de controlar a curva localmente com auxílio de informações adicionais como a tangente e/ou a normal em pontos específicos. Normalmente, softwares de CAD comerciais não permitem utilizar informações adicionais como o vetor tangente e/ou normal na determinação da curva interpoladora. Para suprir essa deficiência serão utilizados os algoritmos geométricos desenvolvidos por Maekawa et al. (2007) e Gofuku et al. (2009), onde os vetores tangente e/ou normal serão utilizados tanto de uma forma global ou local para gerar curvas de nível. Com o auxílio destas curvas será criado um modelo 3D da pá da bomba. Como os pontos iniciais fornecidos não são

equidistantes, os métodos propostos por Maekawa et al. (2007) e Gofuku et al. (2009) serão expandidos e implementados com B-Spline não uniforme.

Este trabalho está organizado da seguinte forma. Na seção 2, uma breve introdução ao conceito e definição de B-spline é apresentada, além de dois algoritmos clássicos de interpolação de pontos. Na seção 3, os dois algoritmos geométricos serão apresentados: a interpolação de pontos de Maekawa et al. (2007) e a interpolação de ponto-normal de Gofuku et al. (2009). Na seção 4, serão apresentadas modificações ao algoritmo de Gofuku et al. (2009), para utilizadar B-Splines não uniformes. O algoritmo original utiliza B-Spline uniforme. O algoritmo será reformulado, com uma redução de passos, tornando-o mais rápido. Na seção 5, serão apresentados alguns resultados comparando curvas e modelos gerados a partir da interpolação de pontos com e sem informações adicionais (vetor tangente e/ou normal). Também serão comparadas as implementações com B-Spline não uniforme e B-Spline uniforme. Finalmente, na seção 6, a conclusão será apresentada.

2. CONCEITOS BÁSICOS

Nesta seção será feita uma breve apresentação sobre as curvas B-Spline e alguns algoritmos de interpolação de curvas convencionais, como a interpolação cúbica de Hermite.

2.1. Curvas B-Spline

B-Spline é uma função Spline, cuja curva de ordem k é formada pela junção de polinômios de grau k-1 com continuidade Ck-2 nos pontos de junções dos polinômios. Estes pontos, $t0 \leq t1 \leq ... \leq tn$ são definidos como um vetor de nós $T = (t0, t1,..., tn)$, que determina a parametrização das funções bases $Ni,k(t)$ de uma B-Spline, que é definida como:

$$N_{i,1}(t) = \begin{cases} 1, & \text{para } t_i \leq t < t_{i+1}, \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases} \quad (1)$$

para k=1, e

$$N_{i,k}(t) = \frac{t - t_i}{t_{i+k-1} - t_i} N_{i,k-1}(t) + \frac{t_{i+k} - t}{t_{i+k} - t_{i+1}} N_{i+1,k-1}(t) \quad (2)$$

para k>1, e i = 0,1,...,n-k.

A curva B-Spline é definida como uma combinação linear dos pontos de controle e das funções base Ni,k(t) expressadas por:

$$\mathbf{r}(t) = \sum_{i=0}^{n} \mathbf{P}_i N_{i,k}(t), t \in [t_{k-1}, t_{n+1}] \quad (3)$$

Piegl e Tiller (1997) e Patrikalis e Maekawa (2001) utilizam um método recursivo para o cálculo das derivadas da função da B-spline. A primeira e a segunda derivadas são dadas pela expressão:

$$\dot{\mathbf{r}}(t) = \sum_{i=1}^{n} (k-1) \left(\frac{\mathbf{P}_i - \mathbf{P}_{i-1}}{t_{i+k-1} - t_i} \right) N_{i,k-1}(t), \quad (4)$$

$$\ddot{\mathbf{r}}(t) = \sum_{i=2}^{n} \left(\frac{k-2}{t_{i+k-2} - t_i} \frac{k-1}{t_{i+k-1} - t_i} (\mathbf{P}_i - \mathbf{P}_{i-1}) - \frac{k-1}{t_{i+k-2} - t_{i-1}} (\mathbf{P}_i - \mathbf{P}_{i-1}) \right) N_{i,k-2}(t). \quad (5)$$

Para os extremos, as derivadas são dadas por:

$$\dot{\mathbf{r}}(0) = \frac{k-1}{t_k},$$

$$\dot{\mathbf{r}}(0) = \frac{k-1}{t_{n+k-1} - 1} (\mathbf{P}_n - \mathbf{P}_{n-1}), \quad (6)$$

para a primeira derivada, e

$$\ddot{\mathbf{r}}(0) = \frac{(k-2)(k-1)}{t_k} \left(\frac{\mathbf{P}_0}{t_k} - \frac{t_{k+1} + t_{k+2}}{t_{k+1} \cdot t_{k+2}} \mathbf{P}_1 + \frac{\mathbf{P}_2}{t_{k+2}} \right),$$

$$\ddot{\mathbf{r}}(1) = \frac{(k-2)(k-1)}{1-t_n}\left(\frac{\mathbf{P}_n}{1-t_n} - \frac{2-t_n-t_{n-1}}{(1-t_n)(1-t_{n-1})}\mathbf{P}_{n-1} + \frac{\mathbf{P}_{n-2}}{1-t_{n-1}}\right), \qquad (7)$$

para a segunda derivada.

A Fig. 1 mostra um exemplo de uma B-spline com sua primeira e segunda derivadas. A curva azul é a B-Spline, a curva verde é a curva da primeira derivada da B-spline. Os pontos vermelhos são os pontos de controle que geraram a curva, os pontos pretos são a segunda derivada da B-spline.

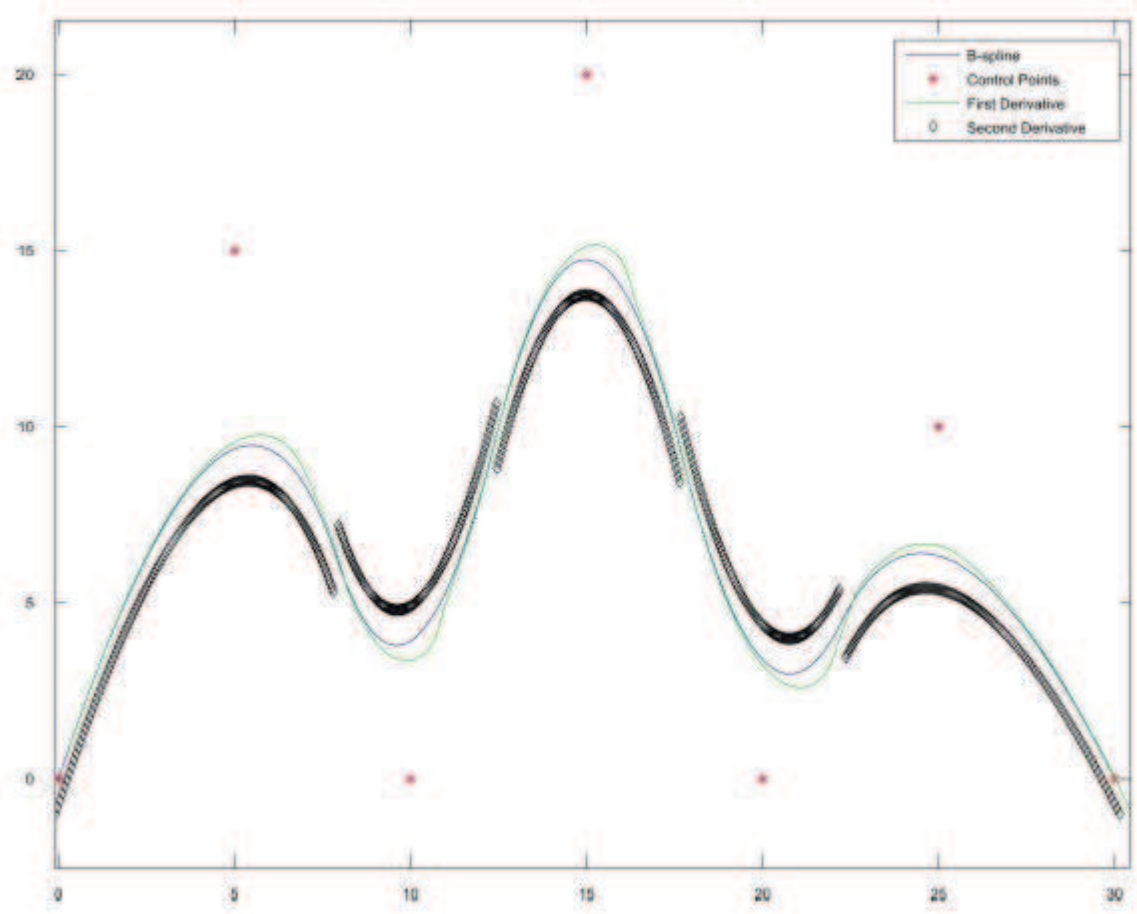


Figura 1 - Exemplo de uma B-spline com sua primeira e segunda derivadas.

2.2. Método de interpolação de pontos convencional

Dado um conjunto de n+1 pontos Q0, Q1,..., Qn, é preciso criar uma curva que interpole todos os pontos. Para criar esta curva, inicialmente é preciso definir o vetor

de nós, dois métodos podem ser utilizados para a obtenção deste vetor. O primeiro é dado por:

$$\tau_0 = 0,$$

$$\tau_i = \tau_{i-1} + \frac{|\mathbf{Q_i} - \mathbf{Q}_{i-1}|}{d}, i = 1, \dots n \tag{8}$$

$$\text{onde, } d = \sum_{i=1}^{n} |\mathbf{Q}_i - \mathbf{Q}_{i-1}|.$$

Para curvas acentuadas, Piegl and Tiller (1997) utilizam um método centrípeto para criar o vetor de nós, que é dado pela regra:

$$\tau_i = \tau_{i-1} + \frac{\sqrt{|\mathbf{Q_i} - \mathbf{Q}_{i-1}|}}{d}, i = 1, \dots n \tag{9}$$

$$\text{onde, } d = \sum_{i=1}^{n} \sqrt{|\mathbf{Q}_i - \mathbf{Q}_{i-1}|}.$$

As curvas B-Spline podem ser classificadas como ancoradas, quando a curva passa pelo primeiro e último ponto. Para que a curva seja ancorada é necessário adotar nós múltiplos no primeiro e último ponto. Uma forma de adotar nós múltiplos é utilizar um técnica de média que segue a seguinte regra:

$$t_0 = \cdots = t_{k-1} = 0,$$

$$t_{r-k+1} = \cdots = t_r = 1, \text{sendo } r = n + k,$$

$$t_{j+k-1} = \frac{1}{k-1} \sum_{i=j}^{j+k-2} \tau_i \text{ , sendo } j = 1, \dots, n - k + 1.$$

A solução do seguinte sistema de equações lineares é o método de interpolação de curva convencional:

$$\mathbf{r}(\tau_i) = \sum_{i=0}^{n} \mathbf{P}_j N_{j,k}(\tau_i) = \mathbf{Q}_i, \qquad 0 \le i \le n \tag{10}$$

Esse sistema possui n+1 equações com n+1 variáveis, os pontos de controle de uma B-spline Pj.

2.3. Interpolação cúbica de Hermite

Outro método para interpolar um conjunto de pontos é a interpolação cúbica de Hermite, que utiliza equação de curvas cúbicas de Bézier. A interpolação é dada pelo seguinte sistema linear:

$$\mathbf{r}(t) = \sum_{j=0}^{3} \mathbf{b}_{3i+j} B_{j,3}\left(\frac{t-\tau_i}{\tau_{i+1}-\tau_i}\right), t \in [\tau_i, \tau_{i+1}] \qquad (11)$$

onde $B_{j,3}$ são os polinômios de Bernstein de grau 3 e,

$\mathbf{b}_{3i} = \mathbf{Q}_i$,

$\mathbf{b}_{3i+1} = \mathbf{Q}_i + \frac{\tau_{i+1}-\tau_i}{3}\mathbf{d}_i$,

$\mathbf{b}_{3i+2} = \mathbf{Q}_{i+1} - \frac{\tau_{i+1}-\tau_i}{3}\mathbf{d}_{i+1}$,

$\mathbf{b}_{3i+3} = \mathbf{Q}_{i+1}$.

Prautzsch et al. (2002) estimam as derivadas di da seguinte forma:

$$\mathbf{d}_i = (1-\alpha_i)\frac{\mathbf{Q}_i - \mathbf{Q}_{i-1}}{\tau_i - \tau_{i-1}} + \alpha_i \frac{\mathbf{Q}_{i+1} - \mathbf{Q}_i}{\tau_{i+1} - \tau_i}, \qquad (12)$$

$\text{com}, \alpha_i = \frac{\tau_i - \tau_{i-1}}{\tau_{i+1} - \tau_{i-1}}$.

Nos extremos as derivadas são dadas por:

$$\mathbf{d}_0 = \frac{2(\mathbf{Q}_1 - \mathbf{Q}_0)}{\tau_1 - \tau_0} - \mathbf{d}_1,$$

$$\mathbf{d}_n = \frac{2(\mathbf{Q}_n - \mathbf{Q}_{n-1})}{\tau_n - \tau_{n-1}} - \mathbf{d}_{n-1}. \qquad (13)$$

Este método precisa de 3(n+1) pontos de controle, além da derivada de todos estes pontos, que podem ser fornecidas ou estimadas utilizando (12) e (13). Desta forma em comparação ao método anterior este método possui tempo de processamento três vezes maior.

3. INTERPOLAÇÃO POR ALGORITMO GEOMÉTRICO

Nesta seção, serão apresentadas as duas técnicas de interpolação geométrica desenvolvidas por Maekawa et al. (2007) e Gofuku et al. (2009). O primeiro algoritmo interpola um conjunto sequencial de pontos. Maekawa et al. (2007) apresentaram resultados com curvas fechadas, mas será mostrado que o algoritmo pode ser aplicado em curvas abertas. O segundo algoritmo, além da curva interpolar todos os pontos, o algoritmo também suporta informações adicionais (vetor normal e/ou tangente) que podem ser fornecidas ou calculadas. Em relação à interpolação de Hermite, onde todas as derivadas são necessárias para a interpolação da curva, no algoritmo de Gofuku et al. (2009), somente em locais de interesse da curva essas informações podem ser utilizadas.

Ambos os algoritmos podem ser implementados com B-spline uniforme e não uniforme. A diferença de uma B-spline uniforme de uma não uniforme é o vetor de nós. No primeiro caso, o intervalo entre dois nós é sempre igual, para que isso ocorra os pontos fornecidos deve ter espaçamento equidistante entre eles, desta forma a equação de uma B-spline quadrática uniforme é dada por:

$$\mathbf{r}(t) = \left(\frac{1}{2}(1-t^2)\right)\mathbf{P}_{i-1} + \left(\frac{1}{2}+t-t^2\right)\mathbf{P}_i + \frac{1}{2}t^2\mathbf{P}_{i+1}, i = 1, \dots, n-1. \qquad (14)$$

O segundo caso, de uma B-spline não uniforme, o intervalo entre dois nós não é sempre igual. Isso ocorre pois os pontos fornecidos não são igualmente espaçados. Isto pode ser observado em (8) e (9), onde o cálculo do vetor de nós depende da distância entre os pontos fornecidos. Desta forma a equação de uma B-spline não uniforme é dada pelas equações da seção 2.1. A equação (14) é um caso particular da equação (3), adotando k=3, e um vetor de nós uniforme, para um determinado t a curva é calculada desta forma.

3.1. Interpolação de pontos (Point Interpolation)

O algoritmo desenvolvido por Maekawa et al. (2007) possui dois passos. Inicialmente, os pontos fornecidos (Q0,...,Qn) são utilizados como pontos de controle da B-Spline dada por:

$$\mathbf{r}^{(1)}(t) = \sum_{i=0}^{n} \mathbf{P}_i^{(1)} N_{i,k}(t),$$

onde, $\mathbf{P}_i^{(1)} = \mathbf{Q}_i$, i=0,...,n.

Neste primeiro momento, a curva não interpola todos os pontos. Desta forma é necessário calcular para todos os pontos dados (Q0,...,Qn) o ponto mais próximo da curva, esse ponto é dado pela projeção ortogonal do ponto sobre a curva. Uma forma de obter este ponto é resolvendo a seguinte equação não linear

$$\left(\mathbf{Q}_i - \left(\mathbf{r}^{(1)}(t)\right)\right).\dot{\mathbf{r}}^{(1)}(t) = 0. \qquad (15)$$

Uma forma de resolver (15) é utilizar o método de Newton. Gofuku et al. (2009) realizam uma linearização da curva na j-ésima iteração do método de Newton, ao projetar o ponto Qi na reta tangente da curva no ponto que corresponde à parametrização ti,j, determinado o parâmetro Δt ao resolver a seguinte equação:

$$\left(\mathbf{Q}_i - \left(\mathbf{r}^{(1)}(t_{i,j}) + \dot{\mathbf{r}}^{(1)}(t_{i,j})\Delta t\right)\right).\dot{\mathbf{r}}^{(1)}(t_{i,j}) = 0. \qquad (16)$$

Outro método pode ser utilizado para obter a projeção ortogonal de um ponto sobre uma curva. Este algoritmo foi desenvolvido por Hu and Wallner (2005), e é um algoritmo de segunda ordem para obter projeções ortogonais de ponto em curva ou superfície. Valores dos nós obtidos por (8) ou (9) podem ser utilizados como valores iniciais para a iteração tanto para o método de Newton ou o algoritmo de segunda ordem. O parâmetro que satisfaz (15) é denominado de $\bar{t}_i$

O segundo passo para o algoritmo de Maekawa et al. (2007) é transladar os pontos de controle da B-Apline. O deslocamento de cada ponto de controle (**P**i(1)) é dado por um vetor erro denominado de **e**i(1) gerando novos pontos de controle (**P**i(2)).

Este vetor erro é a distância entre os pontos iniciais dados (Qi) e a projeção ortogonal dos pontos de controle sobre a curva. Desta forma, na α-ésima iteração, o cálculo dos pontos de controle é dado por:

$$\mathbf{P}_i^{(\alpha+1)} = \mathbf{P}_i^{(\alpha)} + \mathbf{e}_i^{(\alpha)} = \mathbf{P}_i^{(\alpha)} + \mathbf{Q}_i - \mathbf{r}^{(\alpha)}(\bar{t}_i), i = 1, \dots, n-1 \qquad (17)$$

com $\mathbf{P}_0^{(\alpha)} = \mathbf{Q}_0$ e $\mathbf{P}_n^{(\alpha)} = \mathbf{Q}_n$.

Esse algoritmo se repete até que a magnitude do erro seja menor que uma tolerância. Maekawa et al.(2007) utilizam uma tolerância de 0.05% da diagonal da caixa formada pelo conjunto de pontos fornecidos.

3.2. Interpolação ponto-normal (Point-Normal Interpolation)

O algoritmo anterior pode ser aplicado tanto para 2D ou 3D, porém este algoritmo desenvolvido por Gofuku et al. (2009) pode ser apenas aplicado para 2D. Este algoritmo é uma variação da interpolação de ponto-tangente, pois ao fazer o produto vetorial do vetor tangente (ti) com ez = [0 0 1] calcula o vetor normal ni = ez x ti, para i=0,...,n. O algoritmo anterior deslocava os ponto com o auxílio do vetor erro ei, este algoritmo utiliza dois novos vetores para transladar os pontos de controle da curva. O primeiro vetor é denominado de fi, e é responsável pelo controle do ângulo da normal na curva. O segundo vetor é o soma vetorial do vetor ei com fi resultando no vetor gi conforme mostra a Fig. 2. Este vetor acelera o processo iterativo, pois além de aproximar a curva dos pontos fornecidos, ele também modifica o ângulo do vetor normal da curva.

Para o cálculo destes novos vetores um novo parâmetro foi introduzido denominado de $\hat{t}_i$. Este parâmetro é o valor da parametrização da curva onde a tangente no ponto é ortogonal à normal ni (conforme a Fig. 2). é calculado resolvendo a seguinte equação:

$$\mathbf{n}_i \,.\, \dot{\mathbf{r}}^{\alpha}(t) = 0. \qquad (18)$$

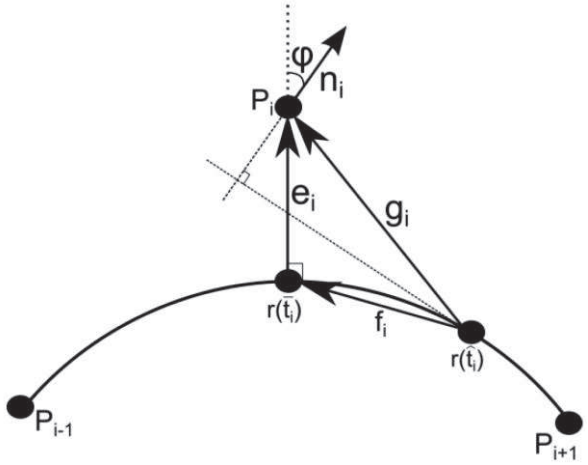


Figura 2 - Vetores de translação do ponto de controle (ei, fi e gi).

Uma forma de resolver (18) é utilizar o método de Newton dado pela seguinte equação:

$$t_i^{\beta+1} = t_i^{\beta} - \frac{\mathbf{n}_i \,.\, \dot{\mathbf{r}}^{\alpha}(t_i^{\beta})}{\mathbf{n}_i \,.\, \ddot{\mathbf{r}}^{\alpha}(t_i^{\beta})}$$

É necessário tomar cuidado com regiões da curva que são uma reta, pois existem infinitas soluções para (18). Então, na α-ésima iteração, pontos que fazem parte de uma reta são descartados, mas podem voltar a entrar na próxima iteração.

O algoritmo de interpolação de ponto-normal é dado pelos seguintes deslocamentos dos pontos de controle.

$$\mathbf{P}_i^{(\alpha+1)} = \mathbf{P}_i^{(\alpha)} + \mathbf{f}_i = \mathbf{P}_i^{(\alpha)} + \mathbf{r}(\bar{t}_i) - \mathbf{r}(\hat{t}_i), \qquad i = 1, \ldots, n-1. \tag{20}$$

para o vetor fi, e

$$\mathbf{P}_i^{(\alpha+1)} = \mathbf{P}_i^{(\alpha)} + \mathbf{g}_i = \mathbf{P}_i^{(\alpha)} + \mathbf{Q}_i - \mathbf{r}(\hat{t}_i), \qquad i = 1, \ldots, n-1. \tag{21}$$

para o vetor gi.

O parâmetro que controla a iteração do algoritmo é o ângulo entre o vetor normal dado (ni) e a rotação em 90º do vetor tangente calculado na projeção ortogonal do ponto de controle sobre a curva, dado pela seguinte equação:

$$\varphi_i = \arccos\left\{\mathbf{n}_i.\left(e_z \times \frac{\dot{\mathbf{r}}^{(\alpha)}(\bar{t}_i)}{|\dot{\mathbf{r}}^{(\alpha)}(\bar{t}_i)|}\right)\right\}. \qquad (22)$$

A cada iteração, o valor angular máximo é comparado a uma tolerância angular. Gofuku et al. (2009) nomeiam essa tolerância como δmax e adota um valor de um centésimo do valor computado pelo método de interpolação convencional, e adverte caso a tolerância adotada seja muito pequena o algoritmo irá divergir. Assim, a iteração global do algoritmo é mostrada na Fig. 3, e o algoritmo inicia com o algoritmo desenvolvido por Maekawa et al. (2007), transladando os pontos de controle com o vetor erro ei(α) até que |ei(α)|Max < ε1max, a tolerância ε1max é a mesma utilizada pelo algoritmo de interpolação de pontos. Uma vez que essa condição é atendida, os pontos de controle são transladados com o vetor gi(α) até que |ei(α)|Max < ε2max e |φi|Max < δmax, onde ε2max é adotado como 10-12% da diagonal da caixa formada pelo conjunto de pontos fornecidos. Se |ei(α)|Max < ε2max é satisfeito, mas |φi|Max < δmax não é satisfeito, os pontos são trasladados com o vetor fi, caso ocorra o contrário utiliza-se o vetor ei.

Quando ambas as condições são satisfeitas o algoritmo termina.

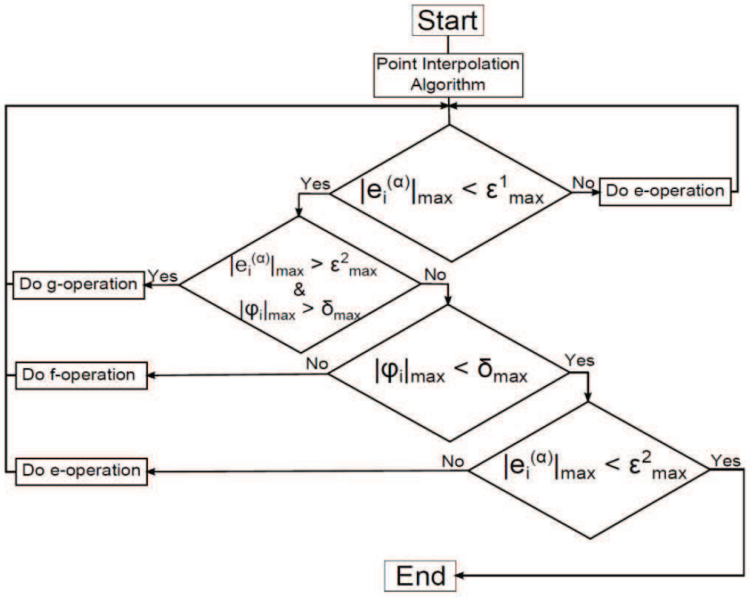


Figura 3 - Algoritmo global de interpolação ponto-normal.

4. APRIMORAMENTOS AOS ALGORITMOS

Como nem sempre os pontos fornecidos possuem espaçamento uniforme, não é conveniente utilizar a B-Spline uniforme para interpolar os pontos, como o primeiro algoritmo utiliza B-Spline quadrática uniforme e o segundo utiliza B-Spline cúbica uniforme, foi utilizada a definição de B-Spline não uniforme para o cálculo das curvas. As equações utilizadas são as apresentadas na seção 2.1. Porém o cálculo das funções bases demanda um tempo de processamento muito alto e muitas funções bases são nulas. Considerando como exemplo uma B-Spline quadrática não uniforme, no máximo somente 3 funções bases são não nulas para um determinado valor de t, e é possível determinar o intervalo em que as funções são não nulas para um determinado t. Piegl and Tiller (1997) utilizam uma busca binária para encontrar em que intervalo do vetor T de nós, o valor t a ser procurado se encontra. Ao encontrar o intervalo, a função base de mesmo índice do intervalo e duas funções bases anteriores são calculadas.

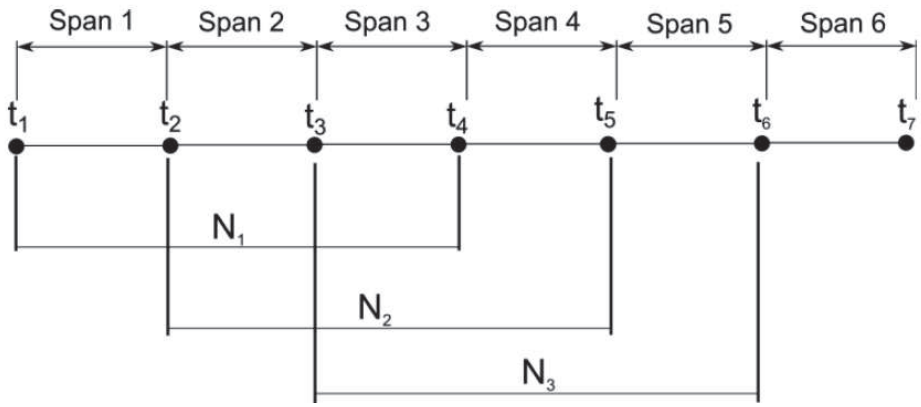


Figura 4 - Intervalos no qual o valor da função base não é nula.

A Fig. 4 mostra um exemplo de uma B-Spline quadrática não uniforme e caso o valor de t a ser procurado se encontre no intervalo 3 as funções bases N1, N2 e N3 são não nulas e calculadas, as outras funções bases são nulas.

Apesar dos valores nulos das funções bases não serem calculados, o algoritmo continua lento em relação ao utilizado com B-Splines uniformes. Desta forma modificações foram feitas na iteração global do algoritmo de Goguku et al. (2009) de

modo a torná-lo mais rápido sem que a qualidade do resultado fosse influenciada. Assim, o algoritmo modificado está apresentado na Fig. 5. No algoritmo foi eliminada a primeira etapa em que uma primeira aproximação da curva nos pontos é realizada.

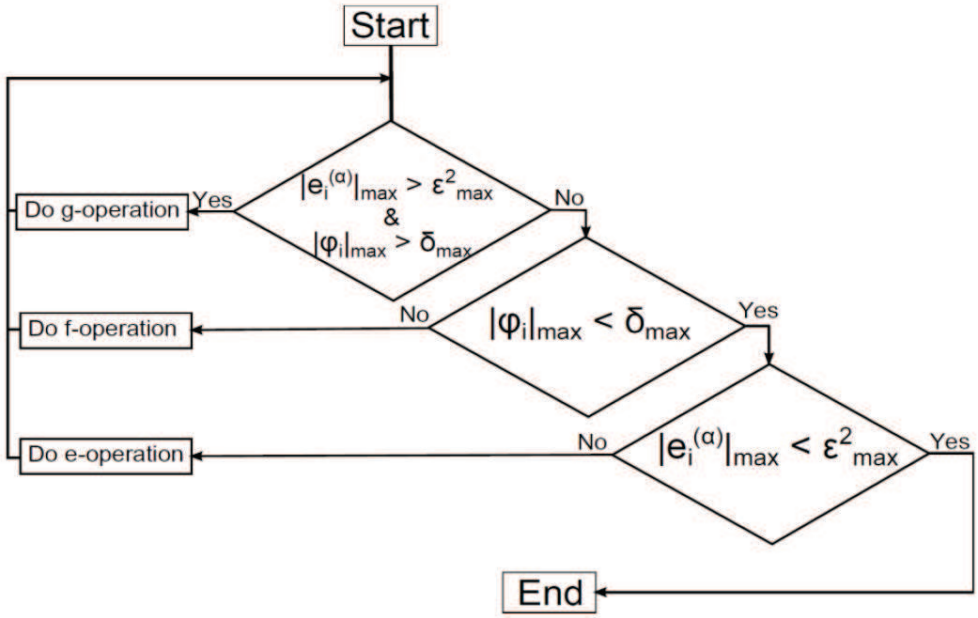


Figura 5 - Algoritmo interpolação ponto-normal modificado.

5. RESULTADOS

Nesta seção, serão mostrados dois exemplos comparando os resultados obtidos ao gerar a curva interpoladora de duas formas diferentes, a primeira utiliza o algoritmo de Maekawa et al.(2007) com um conjunto de pontos, a segunda utiliza o algoritmo de Gofuku et al.(2009) com um conjunto de pontos com informações adicionais, os respectivos vetores normais.

O primeiro exemplo a partir de um conjunto sequencial de 25 pontos, uma circunferência é gerada. É conhecido que não é possível gerar uma circunferência perfeita utilizando B-Splines como curva interpoladora, mas com o auxílio dos vetores normais foi possível gerar a circunferência com qualidade satisfatória. A Fig. 6 é a curva gerada a partir do conjunto de pontos e a Fig. 7 é a curva gerada a partir do conjunto de pontos ordenados e suas respectivas normais. Em ambas as figuras, a curva verde representa a curva B-Spline gerada utilizando o conjunto de pontos

fornecidos como pontos de controle, a curva azul é a curva interpoladora, os pontos vermelhos são os pontos fornecidos e a reta preta é a normal de cada ponto.

Os resultados mostram que o maior erro angular diminuiu consideravelmente, esse erro angular ocorre principalmente nos primeiros pontos e nos últimos pontos (sendo que o primeiro e o último pontos estão superpostos na extremidade superior de coordenada (0,5)), mas com a adição do vetor normal a curva interpoladora corrigiu esse problema.

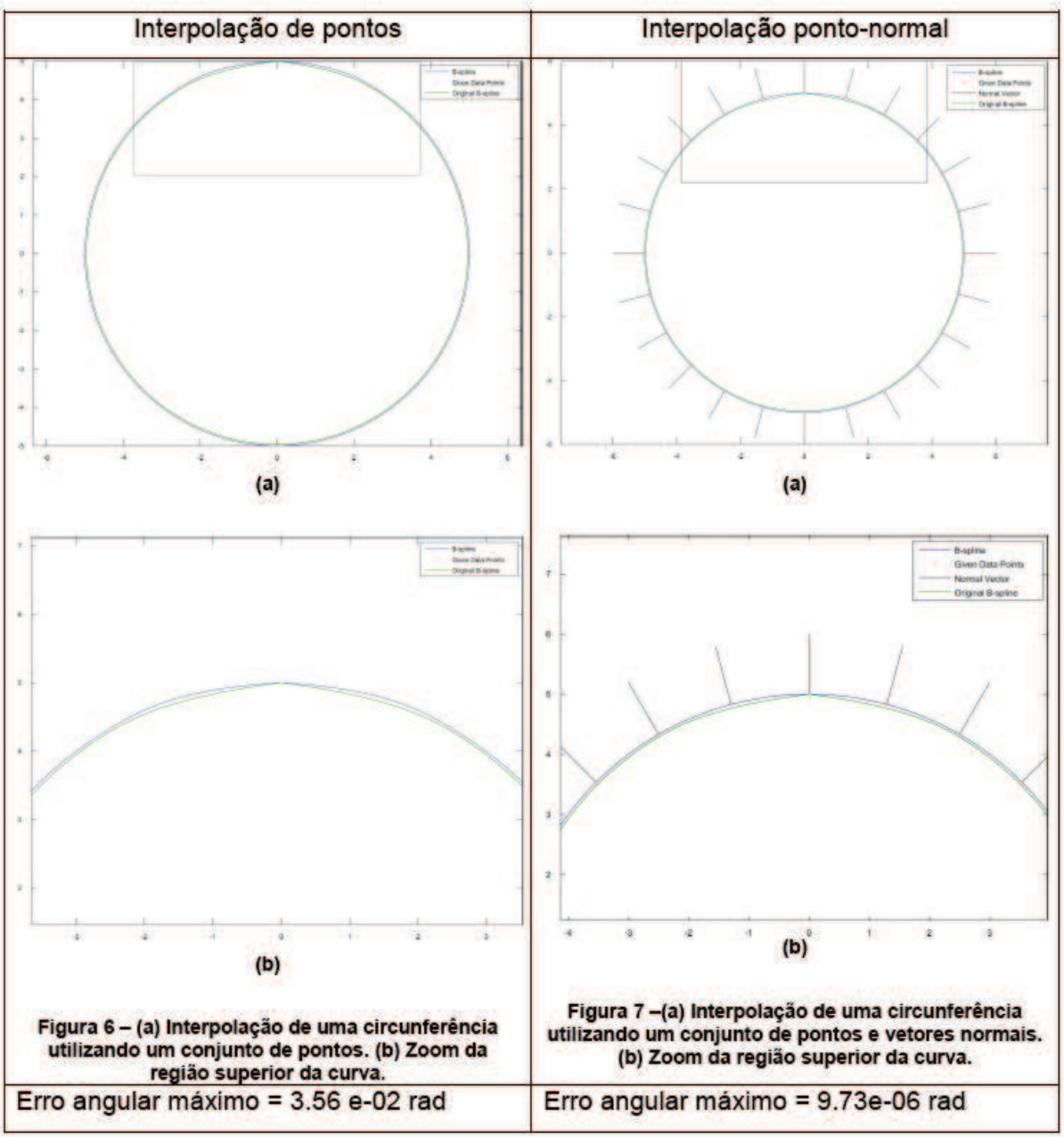


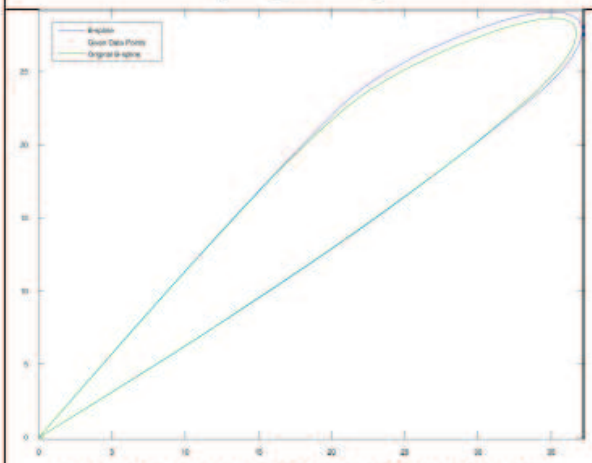
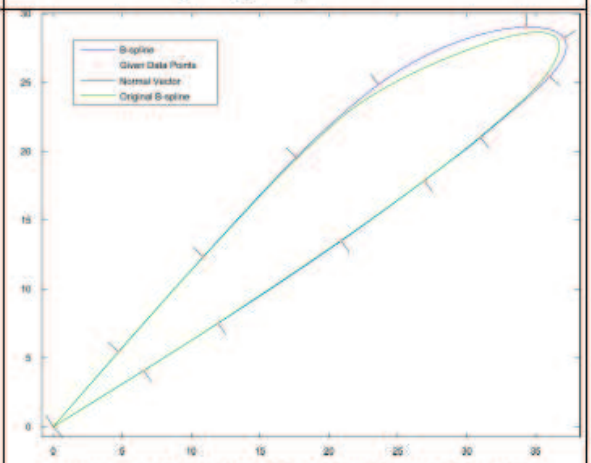
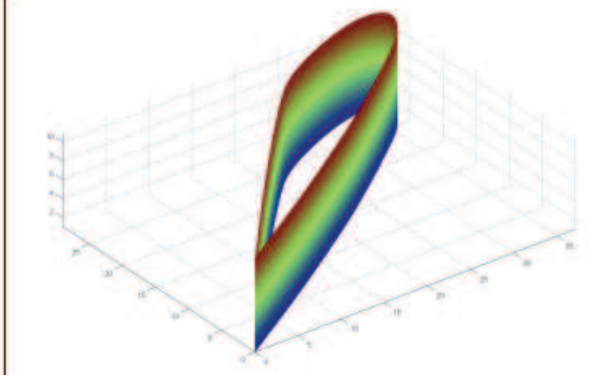
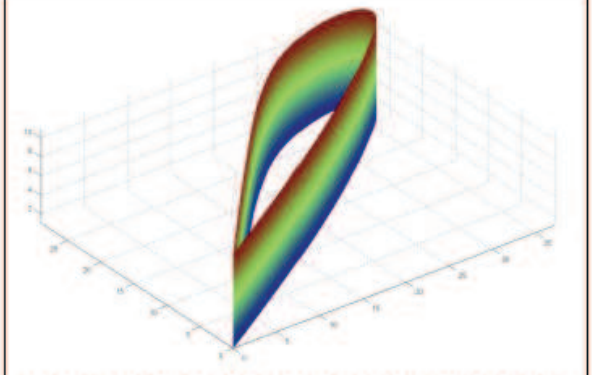
Figura 6 – (a) Interpolação de uma circunferência utilizando um conjunto de pontos. (b) Zoom da região superior da curva.

Erro angular máximo = 3.56 e-02 rad

Figura 7 –(a) Interpolação de uma circunferência utilizando um conjunto de pontos e vetores normais. (b) Zoom da região superior da curva.

Erro angular máximo = 9.73e-06 rad

O segundo exemplo é um conjunto de pontos que geram uma curva de nível que auxilia na determinação da superfície de uma pá. A Fig. 8 é a curva gerada a partir do conjunto de pontos e a Fig. 9 é a curva gerada a partir do conjunto de pontos e vetor normal. As Fig. 10 e Fig. 11 são as superfícies geradas com o auxílio das curvas das Fig. 8 e Fig. 9, respectivamente.

Interpolação de pontos	Interpolação ponto-normal
	
Figura 8 - Interpolação de uma curva de nível utilizando um conjunto de pontos.	**Figura 9 - Interpolação de uma curva de nível utilizando um conjunto de pontos e vetores normais.**
	
Figura 10 – Superfície criada com o auxílio da curva de nível interpolada sem auxílio da normal.	**Figura 11 - Superfície criada com o auxílio da curva de nível interpolada com auxílio da normal.**
Erro angular máximo = 1.63e-01 rad	Erro angular máximo = 1.61e-02 rad
Tempo = 2.52seg	Tempo = 5.51seg

Neste exemplo, na curva da Fig. 8 a região situada entre o quarto e o quinto pontos da parte superior da curva apresenta um pequeno distúrbio que causa um erro angular máximo de dez vezes maior que o erro da curva interpoladora da Fig. 9, que

não apresenta esse distúrbio. Esse distúrbio também pode ser observado na superfície criada com o auxílio da curva interpoladora utilizando somente os pontos. Esta correção ocorreu com a adição do vetor normal que forneceu mais informações para a construção da curva interpoladora.

6. CONCLUSÃO

A modificação realizada nos algoritmos de Maekawa et al. (2007) e Gofuku et al. (2009), ao utilizar uma implementação de B-Spline não uniforme torna os algoritmos mais versáteis, pois podem ser utilizados em qualquer conjunto de pontos, eles não precisam ser equidistantes. Dois exemplos (circunferência e uma curva de nível) que ao não fornecer informações adicionais (vetor tangente e/ou normal) não podem ser gerados com perfeição. Ambos os algoritmos foram aplicados nos exemplos e seus resultados comparados. Mas, os resultados obtidos com o algoritmo de Gofuku et al. (2009) modificado, obteve melhores resultados ao utilizar informações adicionais.

AGRADECIMENTOS

Edson Kenji Ueda suportado pela CAPES. Marcos de Sales Guerra Tsuzuki suportado parcialmente pela CNPq.

REFERÊNCIA

Gofuku, S., Tamura, S. e Maekawa, T. (2009). Point-tangent/pint-normal b-spline curve interpolation by geometric algorithm, Computer-Aided Design 41: 412-422.

Hu, S. M. e Wallner, J. (2005). A second order algorithm for orthogonal projection onto curves and surfaces, Computer-Aided Geometric Design 22: 251-260.

Maekawa, T., Matsumotom Y. e Namik, K. (2007). Interpolation by geometric algorithm, Computed-Aided Design 39: 313-323.

Patrikalakis, N. M. e Maekawa, T. (2001). Shape Interrogation for Computer Aided Design and Manifacturing, Springer-Verlag, Capitulo 1.

Piegl, L. e Tiller, W. (1997). The NURBS book: Second Ediction, Springer-Verlag.

Prautzsch, H., Boehm, W. e Paluszny, M. (2002). Bézier and B-spline Techniques, Springer, pp. 49-51.

Sobrinho, E., Sanomya, R., Ueda, R., Tiba, H., Tsuzuki, M. S. G., Adamowski, J. C., Silva, E. C. N., Carnobari, R. C. e Buiochi, F. (2009). Developement of a methodology for evaluation of a structural damage in turbine blades from hydropower generators, Proceedings of the COBEM 2009. Gramado, Brazil.

CT-07 ESTANDARIZACIÓN

Estandarización de metodologías para la aplicación de sistemas de protección contra la corrosión en el interior de tanques de lastre en embarcaciones marinas

Maryory Astrid Gómez[1], José Adrián Tamayo[1], Juan Guillermo Castaño[1], Francisco Bolívar[1], Paolo Medina García[2], Daniel de la Cruz[2], José Alfredo Morales[2]

[1] Centro de Investigación, Innovación y Desarrollo de Materiales –CIDEMAT-, Universidad de Antioquia, Colombia

[2] Corporación de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo de la Industria Naval, Marítima y Fluvial, Cartagena de Indias, Colombia.

RESUMEN

Un tema de gran atención en la industria de los recubrimientos protectores (pinturas), ha sido el estudio permanente de las causas y mecanismos de la degradación prematura del sistema metal/pintura. La presencia de sales solubles en la intercara metal/pintura tiene un efecto negativo sobre la mayoría de los sistemas de pintura y es un fenómeno que requiere especial atención en la industria naval por la alta concentración salina del mar. En el presente trabajo se reúnen los resultados de la evaluación del desempeño y metodologías de aplicación de un sistema de pinturas utilizado en recubrimientos de tanques de lastre para embarcaciones marinas.

Primero se caracterizan las herrumbres típicas encontradas sobre superficies metálicas de embarcaciones donde falla el sistema de pinturas mediante microscopía óptica, Cromatografía iónica y espectroscopía micro-Raman con el fin de relacionar las herrumbres con contaminantes presentes en el medio. Se realizan pruebas de campo utilizando metodologías adecuadas para la preparación de superficies en áreas de difícil acceso que permitan controlar el grado de contaminación por sales solubles comparando diferentes métodos (Método Bresle, Sleeve test, Saltsmart, cromatografía iónica), varios perfiles de anclaje (sand blasting, grata y lija, escariador y piqueteo) con el fin de determinar la combinación

de los métodos más eficientes en la práctica para la preparación de zonas de difícil acceso. Se evalúan las propiedades de un sistema de pinturas en laboratorio y se estudia su desempeño haciendo una comparación del comportamiento de los sistemas en pruebas aceleradas de laboratorio y exposición en campo durante 7 meses.

1. INTRODUCCIÓN

Uno de los temas de mayor atención en la industria de los recubrimientos protectores (pinturas), ha sido el estudio permanente de las causas y mecanismos de la degradación prematura del sistema metal/pintura. Los numerosos estudios adelantados en este tema, han demostrado que la presencia de sales solubles en la intercara metal/pintura tiene un efecto negativo sobre la mayoría de los sistemas de pintura y asociada a este problema, se encuentran aspectos como: papel que juega el sustrato metálico, la naturaleza, origen y detección de las sales solubles, niveles esperados de sales solubles en la práctica, niveles críticos de sales solubles y niveles de riesgo de fallo prematuro del sistema de pintura, el ambiente de exposición y las medidas de prevención [1, 2].

Estudios adelantados en los últimos años, han investigado el origen de las sales solubles antes de la aplicación de sistemas de pinturas; encontrando que pueden ser muchas las fuentes contaminantes, entre éstas están: el agua de lavado, contaminación en la operación de sandblasting por la utilización de abrasivos contaminados, inadecuada preparación de superficie dejando residuos de pinturas contaminadas, contaminación por solventes atrapados entre las diferentes capas de sistemas de pintura, contaminación procedente de los trabajadores durante el manejo y transporte, contaminación atmosférica, entre otras [3].

Entre los contaminantes más relevantes presentes en la intercara metal-pintura se encuentran los cloruros procedentes principalmente del ambiente marino y los sulfatos presentes en los ambientes industriales [4]. En la mayoría de las ocasiones, ni el chorreado con abrasivo (Sandblasting), ni otros procesos como el escariado o

las rutinas mecánicas, consiguen eliminar la totalidad de las sales solubles presentes en la superficie metálica [4, 5].

Por lo tanto, para alcanzar una mayor efectividad en la eliminación de estas sales hidrosolubles, se hace necesario el empleo de agua en el proceso de preparación superficial (chorreado en húmedo). Sin embargo, este tipo de preparación, donde no se utiliza abrasivo, resulta ineficiente para eliminar capas de alto espesor de herrumbre y en algunos casos la capa de laminación. Adicionalmente, con este proceso no es posible producir en la superficie del acero los perfiles de rugosidad que se requieren para la adherencia y buen funcionamiento posterior del recubrimiento de pintura.
Para mejorar las desventajas de estos dos procesos se han combinado ambos procesos en una única etapa dando lugar al chorreado húmedo con abrasivo, mientras la limpieza con abrasivo metálico esférico en seco, sólo consigue reducir a 100 mg/m^2, con el chorreado con abrasivo húmedo se alcanza a reducir el nivel de sales solubles a niveles de 0,5 a 1,0 mg/m^2 [4, 5].

Aunque no ha sido posible establecer unos niveles críticos universales para el contenido de sales solubles en la intercara metal-pintura, se aceptan como niveles guía los 30 mg/m^2 para condiciones de inmersión y 100 mg/m^2 para exposición en la atmósfera. En general, por motivos de seguridad, se aconseja no superar el umbral de 30 mg/m^2 con el fin de prevenir una falla prematura del sistema de pinturas.

Los diferentes sistemas de pintura utilizados como recubrimientos protectores, experimentan una degradación progresiva de sus propiedades, provocando una pérdida de su principal objetivo: proteger el sustrato. Entre los factores que se han identificado como generadores de la degradación de una pintura, se pueden citar entre los más importantes la contaminación atmosférica, ambientes con alta humedad, variaciones de la temperatura, contenidos de especies potencialmente dañinas (sales solubles), entre otros [6, 7].

En la actualidad, se cuenta con métodos estandarizados de ensayo para la evaluación de las pinturas de acuerdo con sus propiedades físicas, mecánicas,

químicas y ópticas con un alto grado de precisión y fiabilidad. Sin embargo, respecto a la evaluación de la calidad de su protección anticorrosiva, no está todo definido. Esto se debe principalmente a que los ensayos de envejecimiento natural requieren tiempos de exposición excesivamente largos (hasta varios años). Con el fin de mejorar los tiempos de respuesta y evaluación en el comportamiento de una pintura, se han desarrollado los ensayos acelerados de laboratorio. Tanto para los ensayos de envejecimiento natural, como para los acelerados, la evaluación del poder protector de la pintura ó recubrimiento, se hace por inspección visual y comparación con estándares convencionales de corrosión, como las establecidas en las normas ASTM, SSPC, VIS. Pero esta evaluación puede presentar diferencias debido a la subjetividad de la evaluación visual [7].

En el presente trabajo se prepararon muestras de acero naval sin usar y usado mediante diferentes metodologías de preparación superficial para evaluar su eficiencia en el control del grado de contaminación por sales solubles, el grado de limpieza superficial y los perfiles de anclaje generados, evaluando con estas superficies un sistema de pinturas utilizado para la protección de tanques de lastre que fue sometido a ensayos acelerados de laboratorio y pruebas de campo.

2. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

2.1 Caracterización de herrumbres

De acuerdo a la apariencia y color se seleccionaron las herrumbres más comunes que se presentan en los tanques de lastre de las embarcaciones que ingresan para mantenimiento en COTECMAR. Esta actividad se consideró necesaria para identificar su naturaleza y definir a partir de los resultados, un convertidor de herrumbre para este tipo de óxidos. Estas herrumbres se caracterizaron por espectroscopia micro-Raman (Horiba Jobin Yvon, modelo Labram HR) y cromatografía iónica (Dionex ICS 1100).

2.2 Preparación de probetas y aplicación del sistema de pinturas

Se prepararon probetas de 10x15x0.9 cm de acero naval sin usar y extraídas de partes de tanques de lastre que ya fueron retiradas de servicio por motivos de mantenimiento o reemplazo. Para el presente trabajo se seleccionó un sistema de pinturas empleado en tanques de lastre. En la tabla 1 se muestran los métodos de preparación seleccionados. Con el método de sandblasting se llevaron las placas hasta el grado de limpieza recomendado por el proveedor del sistema de pinturas. Con todos los métodos de preparación superficial se aplicó el recubrimiento con y sin lavado previo de las superficies.

Tabla 1. Métodos de preparación superficial de las probetas.

	Tipo de preparación superficial			
Probetas nuevas	Probetas Usadas			
Sand blasting	Grata y lija #80	Escariador	Sand blasting	Piqueteo
Sa2½	NA	NA	Sa2½	NA

De acuerdo a los métodos de preparación indicados en la tabla 1 se realizaron medidas de sales solubles en laboratorio por triplicado después de la limpieza y se procedió a aplicar los recubrimientos. Con el fin de evaluar la incidencia en el rendimiento de las pinturas se aplicó el sistema de pinturas sobre las probetas preparadas por los diferentes métodos y también en otra serie de probetas se utilizó una capa de un convertidor de herrumbre como primer antes de aplicar el sistema de pinturas. En la tabla 2 se muestran detalles de la aplicación del sistema de pinturas.

Estado inicial de la superficie		Espesor (µm)	Área total (m^2)
Placas nuevas	Placas usadas		
Sandblasting sin convertidor	(grata y lija #80, escariador, sandblasting, piqueteo) sin convertidor	Primer 125-150	6
	(grata y lija #80, escariador, sandblasting, piqueteo) con convertidor.	Acabado125-150	5.67

Durante la aplicación del sistema de pintura, se realizaron los controles de calidad requeridos, como son: medición de perfil de rugosidad, temperaturas del ambiente y superficie, así como la humedad relativa, ver tabla 3.

Tabla 3. Controles de calidad realizados para la aplicación del sistema de pinturas

Preparación de superficie		Rugosidad (mils)	Humedad Relativa (%)	Temperatura Superficie (°C)	Temperatura Ambiental (°C)	Temperatura de Rocío (°C)
Nuevas	Sand blasting	3,1	75,2	39,9	33,4	28,5
Probetas Usadas Con convertidor	Sand blasting	4,8	75,2	38,5	33,4	28,5
	Piqueteo	5,2	75,2	35,1	33,4	28,5
	Grata y lija #80	3,4	75,2	36,3	33,4	28,5
	Grata y lija #80	4,1	77,3	34,4	32,1	27,8
	Láminas Cold rolled*	3,5	78,1	35,0	32,4	28,3
Probetas Usadas Sin convertidor	Sand blasting	3,28	69,4	49,1	34,5	28,35
		3,2	73,8	42,1	33,4	28,3
	Piqueteo	5,8	67,4	38,0	33,6	28,1

* Preparadas para realizar pruebas de doblez e impacto.

Para determinar el grado de contaminación remanente por sales solubles con los métodos de limpieza utilizados: sandblasting, grata y lija # 80, escariador eléctrico y piqueteo; se seleccionaron tres métodos de extracción de sales de campo (Método Bresle, Sleeve test y Método Saltsmart) y un método de laboratorio (cromatografía iónica).

2.3 Evaluación del desempeño del sistema de pinturas en laboratorio y en campo

En laboratorio las probetas preparadas fueron evaluadas mediante cámara de niebla salina (ASTM B117) durante 5000 horas, ensayo de inmersión total (ASTM D870) durante 5400 horas y exposición en cámara de humedad (ASTM D1735) durante 1600 horas.

El ensayo de campo, se realizó instalando 54 probetas en un tanque de lastre de una embarcación en operación para evaluar el desempeño del sistema de pintura en condiciones reales. El ensayo se programó para exponer las probetas dentro del tanque del buque durante 7 meses con una evaluación parcial a los 3 meses de exposición.

El contenido de volátiles se obtuvo de acuerdo a la norma ASTM D2369-10, mientras que el contenido de Compuestos Orgánicos volátiles se determinó de acuerdo con la norma ASTM D3960-05. El espesor de película seca (DFT) del sistema de pintura, se midió con medidores electrónicos según la norma SSPC SP-2, el brillo en la capa de acabado del sistema de pintura, se determinó siguiendo la norma ASTM D523-08. Para la medida del color del sistema de pintura (acabado), se tuvo en cuenta la norma ASTM D2244-09. La fuerza de adhesión o adherencia del sistema de pintura, se determinó usando los probadores de adhesión pull-off de acuerdo a la norma ASTM D4541-09. La prueba de doblez o flexibilidad, se realizó según el procedimiento de la norma ASTM D522-93a (2008), la prueba de impacto, se realizó según el procedimiento de la norma ASTM D 2794 y los defectos del sistema de pinturas fueron identificados de acuerdo a la norma ASTM D5162-08,

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Herrumbres caracterizadas por espectroscopía micro-Raman

En la Figura 1 se muestran los espectros Raman de una herrumbre de color negro y marrón suministrada por COTECMAR, en el espectro de línea roja se puede apreciar una banda fuerte en 250 cm^{-1}, y otras bandas en 308, 378, 527 y 650 cm^{-1}, indicando la existencia de la lepidocrocita. En el espectro de línea azul se encontraron dos bandas fuertes en 310 y 390 cm^{-1} y otras bandas débiles alrededor de 490, 535, 606 y 726 cm^{-1}, valores cercanos a los esperados para la Akaganeíta.

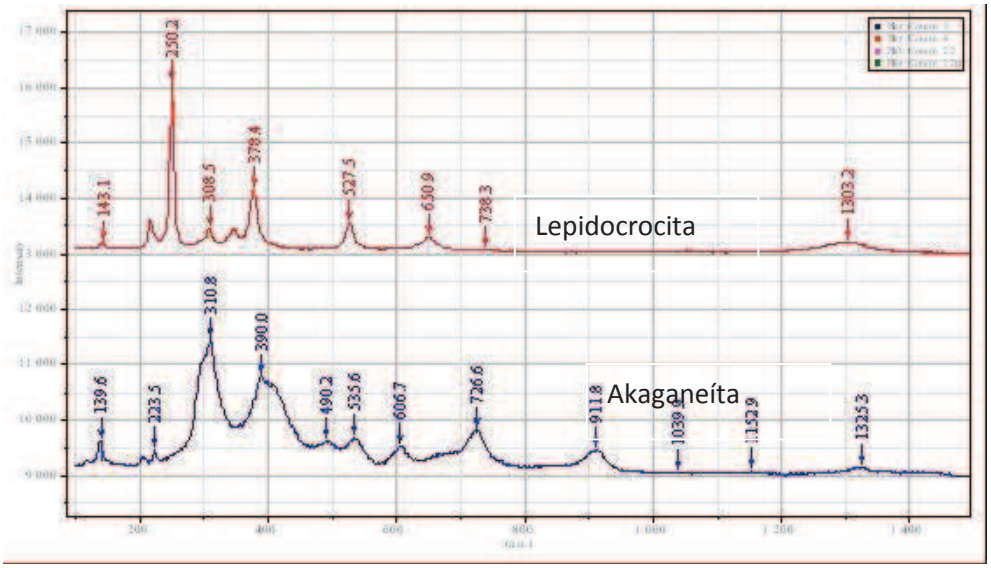


Figura1. Espectroscopia Raman de una herrumbre suministrada por COTECMAR.

Otra herrumbre de color café claro y marrón suministrada por la Corporación también fue caracterizada por espectroscopía Raman, los resultados se muestran en la Figura 2. En el espectro de línea color verde de esta figura, se puede apreciar una banda fuerte en 666.1 cm^{-1}, y otra banda en 307, cm^{-1}, valores cercanos a la existencia de la magnetita. En el espectro de línea color fucsia se encontraron dos bandas fuertes en 312 y 390 cm^{-1} y otras bandas débiles alrededor de 492, 535.6, 609 y 720 cm^{-1}, valores cercanos a los esperados para la Akaganeíta.

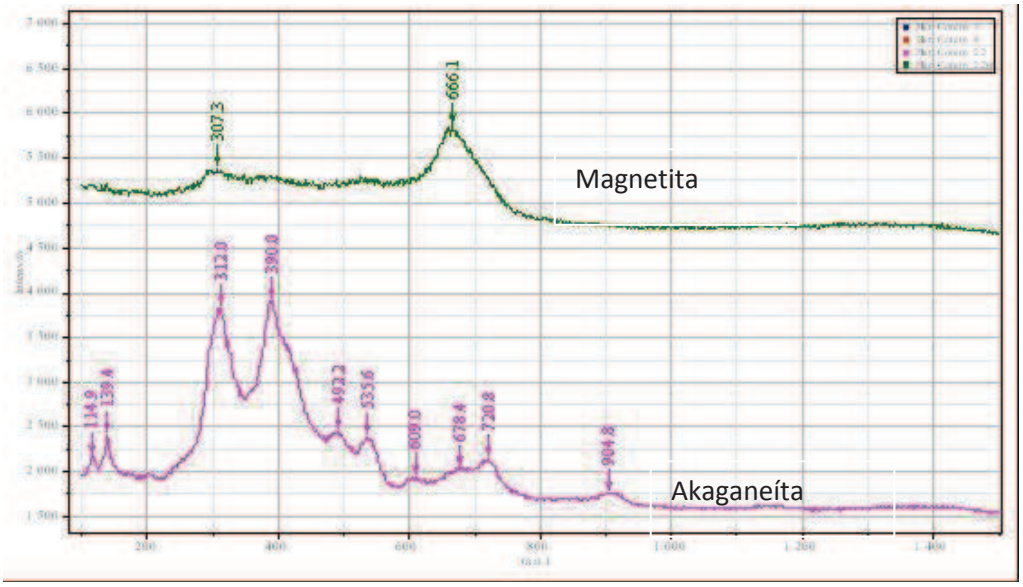


Figura 2. Espectroscopia Raman de una segunda muestra de herrumbre suministrada por COCTECMAR.

3.2 Contenido de sales solubles medido después de la preparación superficial de las probetas

En la Figura 3, se presentan los resultados del nivel de sales solubles obtenidas en las diferentes probetas empleando los métodos de campo Bresle, Saltsmart y Sleeve test (Chlor Test). Los resultados mostrados en la Figura 3 corresponden a las probetas preparadas superficialmente sin lavado. De acuerdo con los resultados obtenidos, se puede ver que los valores más altos de sales solubles son obtenidos con la preparación por piqueteo sin lavar, seguido por el proceso de preparación por grata y lija sin lavar, escariador sin lavar y por último el proceso de sandblasting. Este mismo comportamiento, se observa en las probetas lavadas.

El nivel encontrado de sales solubles para los diferentes procesos de preparación superficial corresponde de mayor a menor contenido: Piqueteo > Grata y Lija > escariador > Sandblasting.

Los métodos de preparación de superficie por piqueteo, grata + lija y escariador, superan el límite máximo permitido de 5.0 ug/cm^2 (línea sólida en Figura3) para el proceso de pintura, según lo establecido por la OMI en la resolución MSC 215 (82) [8] y la NACE No. 5 /SSPC-SP 12.

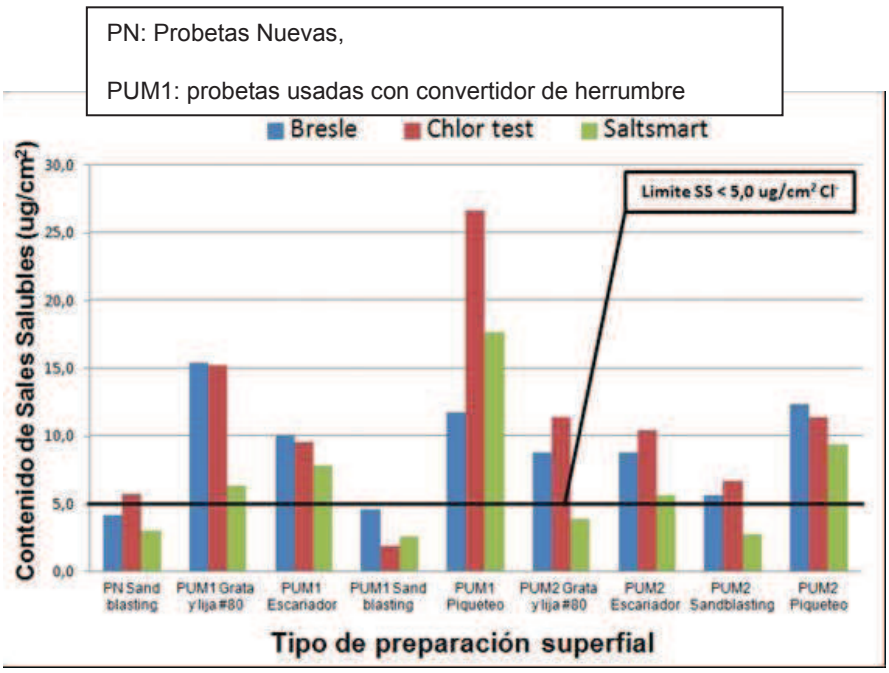


Figura 3. Contenido de sales solubles con los 3 métodos de campo.

En cuanto a los métodos de campo para la medición de sales solubles, se encuentra una mayor detección con el método de Chlor test (solo mide cloruros), seguido por el método Bresle (mide la suma de cloruros, sulfatos y otros) y por último el método Salt Smart (mide la suma de cloruros, sulfatos y otros).

Una vez obtenidas las mediciones del contenido de sales solubles, se procedió a identificar cuáles son las especies presentes y predominantes en estas sales; para esto, se utilizó el análisis por cromatografía iónica, obteniendo los resultados que se presentan en la Figura 4.

De acuerdo a los resultados mostrados en la Figura 4, sólo los aniones de Cl^- y SO_4^{2-}, se encuentran presentes en las sales solubles de las probetas utilizadas. En estos resultados, podemos observar que el anión predominante es el cloruro, el cual mantiene esta tendencia en todos los métodos de preparación superficial. La presencia predominante de cloruros, se debe al ambiente marino y los sulfatos se debe al ambiente industrial.

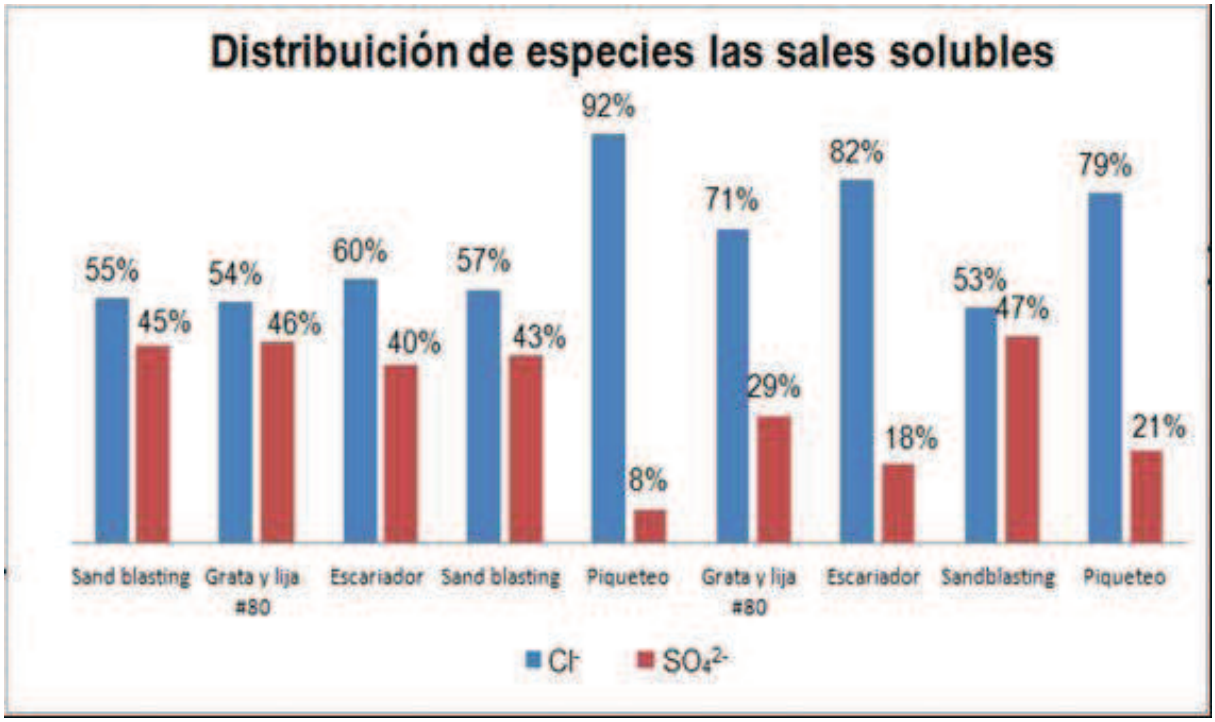


Figura 41. Distribución de especies predominantes en las sales solubles

3.3 Caracterización del sistema de pinturas

El sistema de pintura mezclado arrojó como contenido de volátiles 29.6 %, contenido de sólidos 70.4 %, compuestos orgánicos volátiles 308.6 g/l; todos los tres parámetros cumplen con lo establecido en la ficha técnica del producto. La adherencia del sistema de pinturas fue obtenida de las probetas nuevas con tratamiento superficial de sandblasting antes y después de las pruebas de laboratorio y de campo, dichos resultados se presentan en la tabla 4.

Tabla 4. Adherencia del sistema de pintura antes y después de los ensayos de laboratorio y de campo

	Adherencia		
Ensayo	Inicial (Mpa)	Final (Mpa)	Disminución (%)
Cámara Salina	9,3	5,9	37%
Cámara de humedad	9,3	9,67	-4%
Inmersión total	9,3	7,16	23%
Campo	9,3	9	3%

Los resultados obtenidos (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**4) muestran una disminución del 40% en el valor de adherencia en el ensayo de Cámara de niebla salina, después de 5000 horas de exposición; este resultado está de acuerdo al ampollamiento presente en estas probetas, ya que presentaron varias ampollas de un tamaño significativo (4F). En el ensayo de Inmersión se presentó una disminución en la adherencia del 23 %, estos valores demuestran que empieza a perderse la adherencia en las capas de pintura después de 5400 horas (7.5 meses) de inmersión.

En los ensayos en cámara de humedad y la exposición en el tanque de lastre (ensayo de campo), se presenta una disminución muy ligera en el valor de la adherencia de las capas de pintura. La forma de desprendimiento en los ensayos realizados, no se logró obtener desde el sustrato, en todos los casos se obtuvo un

desprendimiento cohesivo entre las capas de las pinturas; esto demuestra un gran valor de adherencia entre el primer y el sustrato.

El ensayo de doblez se realizó por triplicado y en la tabla 5 se presentan los resultados obtenidos.

Tabla 5. Resultados del ensayo de doblez del sistema de pintura.

Muestra	Espesor Media		Ensayo de Doblez
	µm	mils	Observaciones
1	352	14	Hasta 90 mm se observa desprendimiento, con desprendimiento de la capa hasta 30mm hay evidencia de grietas en toda la longitud de la probeta.
2	321	13	Hasta 120 mm se observan grietas visibles y hay evidencia de pequeñas grietas en toda la longitud de la probeta
3	439	18	Hasta 80mm, se observa grietas visibles, hay evidencia de grietas en toda la longitud de la probeta

Los resultado obtenidos en los ensayos de doblez (Tabla 5), muestran un comportamiento muy bajo en la flexibilidad para el sistema de pinturas, ya que las probetas ensayadas presentan grietas en toda la longitud de la probeta, la capa del sistema de pintura aunque sufre agrietamiento no sufre desprendimiento en la zona de doblez, ver Figura 5.

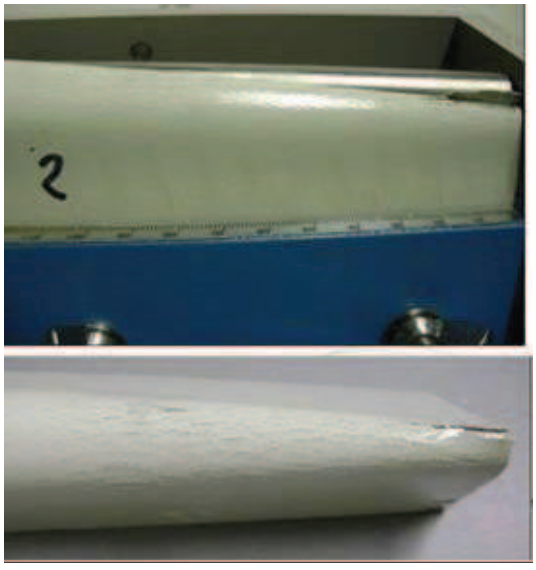


Figura 5. Ensayo de doblez a probetas con el sistema de pinturas aplicado.

En la tabla 6 se presentan los resultados del ensayo de impacto. Los valores encontrados muestran una resistencia al impacto por debajo de las 34 lb/pulg, a partir de este valor, comienzan a aparecer grietas en la base de la zona de impacto.

Tabla 6. Resultados del ensayo de impacto realizado al sistema de pintura.

	Espesor		Clasificación						
Muestra	**Media**		Altura (lb./pulg.)						
1	µ	mils	30	32	34	36	35	34,8	34,5
	311	12	No falló	No falló	No falló	Falló	Falló	Falló	No Falló
			Altura (lb./pulg.)						
2	µ	mils	34	34,5	36	35	33,8	32	31
	360	14	No falló	Falló	Falló	Falló	Falló	No Falló	No Falló
			Altura (lb./pulg.)						
3	µ	mils	32	34	33	33,5	33,8	32,8	33,1
	432	17	No Falló	Falló	No falló	No falló	Falló	No Falló	Falló

La variación del brillo de las pinturas, se realizó en las probetas expuestas al ensayo de inmersión con 504 horas de exposición. En este tiempo, se encontró una variación del brillo del 14.49 % (ángulo de 60°) para el sistema de pinturas, **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**7.

Tabla 7. Variación del brillo del sistema de pintura en el ensayo de inmersión 504 horas.

EVALUACIÓN DE BRILLO DEL SISTEMA DE PINTURAS									
Angulo : 60°									
Muestra	Inicial			Prom.		Final			Prom.	Var. (%)
1	8,7	8,3	8,1	8,40		8	7,6	7,9	7,72	8,86
2	14,6	13	15	13,78		8,9	10,2	14	10,92	26,19
3	8,4	8,9	8,6	8,58		7,5	8	8,3	7,92	8,42
						Promedio				14,49

La variación del color en las pinturas, se realizó en las probetas expuestas al ensayo de inmersión con 504 horas de exposición. En este tiempo, el mayor Delta de E (ΔE), encontrado presenta un valor de 1.02, en la muestra 3 para el sistema de pinturas Tabla 8.

Exposición en cámara de niebla salina

En el ensayo de cámara de niebla salina sólo a las 1414 horas de exposición, al inspeccionar con lupa se pudo evidenciar la presencia de un microampollamiento con una frecuencia media, clasificación 8M en la superficie de las probetas usadas lavadas preparadas con escariador.

Al finalizar el ensayo, después de 5000 horas de exposición se evidenció unas pocas (tres ó cuatro, <<8F) ampollas en las probetas usadas sin lavar preparadas con escariador, probetas usadas lavadas preparadas con lija y piqueta (Figura 5); el microampollamiento en las probetas usadas lavadas preparadas con escariador aumentó de frecuencia poca a media y en las probetas nuevas preparadas con sandblasting, se pudo observar a simple vista varias ampollas de un tamaño mayor, grado 4F.

Tabla 8. Variación de color del sistema de pinturas, ensayo de inmersión 504 horas

EVALUACIÓN DEL COLOR DEL SISTEMA DE PINTURAS									
Muestra 1									
Par.	Inicial			Prom.		Final			Prom.	Delta
L	76,5	76,4	76,4	76,8		76,2	76,7	76	76,47	
a	-2,2	-2,2	-2,2	-2,3		-2,3	-2,5	-2,4	-2,38	0,72
b	7,6	7,6	8	7,4		8,8	8,7	8,3	8,4	
Muestra 2									
Par.	Inicial			Prom.		Final			Prom.	Delta
L	76,7	76,8	76,7	76,52		76,7	76,9	76,8	76,68	
a	-2,2	-2,3	-2,2	-2,1		-2,5	-2,5	-1,8	-2,35	0,73
b	7,6	7,5	8	7,92		8,3	8,4	8,9	8,58	
Muestra 3									
Par.	Inicial			Prom.		Final			Prom.	Delta

L	76,8	76,7	76,8	76,88		76,5	77	76,7	76,73	
a	-2,3	-2,5	-2,1	-2,3		-2,5	-2,4	-2,5	-2,45	1,02
b	7,4	7,4	7,6	7,48		8,8	8,2	8,5	8,48	

3.4 Resultados del desempeño del sistema de pinturas en las pruebas de laboratorio

La corrosión en la superficie se presenta desde el inicio de la exposición, a las 116 horas se observa una corrosión mínima con puntos aislados grado 9S (superficie corroída inferior al 0.03%) en las probetas usadas sin lavar preparadas con sandblasting, escariador, piqueta probetas usadas lavadas preparadas con sandblasting, lija y piqueta.

Luego de 5000 horas de exposición se encontraron pequeños puntos ó superficie corroída menor al 0,1 (8P) en la mayoría de las probetas; sólo las probetas usadas sin lavar preparadas con escariador presentan una corrosión mínima grado 9P. También se observó un porcentaje de oxidación en la incisión del 100% en la mayoría de probetas, sólo las probetas usadas lavadas preparadas con piqueta presentan un porcentaje de oxidación del 50%.

1900 horas (79 días)	**3200 horas (133 días)**	**5000 horas (208 días)**
Sistema de pinturas A, aspecto después de la exposición en cámara de niebla salina		
		

Figura 5. Imágenes de las probetas preparadas con grata+lija #80, sin lavar y con convertidor de herrumbre, después de diferentes tiempos de exposición en la cámara de niebla salina.

Exposición en cámara de inmersión total

En el ensayo de inmersión total después de 1200 horas de exposición, se comienza a evidenciar al observar con lupa pequeñas ampollas con poca frecuencia (8M y 8F) en las probetas usadas lavadas preparadas con escariador, lija y piqueta; en el resto de las probetas, no se evidenció ampollamiento.

Este comportamiento (microampollamiento), continúa observándose durante el transcurso del ensayo, después de 5400 horas de inmersión, se observan pocas ampollas en las probetas; su tamaño se mantiene en menor grado (8) y en las probetas usadas sin lavar preparadas por sandblasting, no se observa ampollamiento en la superficie.
La corrosión en la superficie se evidencia desde las primeras inspecciones realizadas, después de 90 horas de inmersión se puede apreciar como las probetas usadas sin lavar preparadas con sandblasting y piqueteo; las probetas usadas lavadas preparadas con escariador, lija y piqueta, presentan una corrosión mínima con puntos aislados, clasificación 9S (superficie corroída inferior al 0.03%), en las demás probetas no se observa corrosión.

Al finalizar el ensayo, después de 5400 horas de exposición se observa puntos de oxidación distribuidos en toda la superficie, con un porcentaje menor al 0.3%, (clasificación 7P) y corrosión 6P (puntos de oxidación distribuidos en toda la superficie, con un porcentaje menor al 1%).

Exposición en cámara de humedad

Después de 1350 horas (56 días) de exposición en la cámara de humedad, se comienza a observar un microampollamiento grado 8F (Frecuencia: poco), el cual se presenta casi todas las probetas; sólo las probetas usadas sin lavar preparadas por

sandblasting, lija y las probetas usadas lavadas preparadas por sandblasting y lija no presentan ampollamiento.

A las 1600 horas (67 días) de exposición, continua el mismo patrón de microampollamiento con poca frecuencia, no se evidencia ninguna evolución o crecimiento en las ampollas.

Las probetas presentan muy poca oxidación en la superficie a las 100 horas (5 días) de exposición, se empieza a observar una corrosión mínima con puntos aislados, clasificación 9S (superficie corroída inferior al 0.03%) sólo en las probetas usadas lavadas preparadas con escariador. Completadas las 600 horas (25 días) de exposición, se presenta un mayor número de probetas con una corrosión mínima de puntos aislados, clasificación 9S (superficie corroída inferior al 0.03%) muestras sin lavar preparadas con lija, piqueteadas y muestras lavadas preparadas con escariador.
Este patrón de oxidación, continúa durante todo el ensayo para finalmente a las 1600 horas (67días) de exposición, presentar corrosión mínima con puntos aislados, clasificación 9S (superficie corroída inferior al 0.03%) en las probetas sin lavar preparadas por sandblasting, piqueteadas y muestras lavadas preparadas con escariador; sólo las probetas usadas sin lavar preparadas con lija y grata, presentan una corrosión mínima con puntos aislados, clasificación 8S (pequeñas manchas aisladas, superficie corroída menor al 0,1).

El avance de corrosión en la incisión, se empieza a observar puntos de corrosión menores al 10% a las 100 horas (5 días) de exposición en casi todas las probetas, sólo las probetas lavadas preparadas con sandblasting y preparadas por piqueteo no presentan puntos de corrosión en la incisión.

A las 1600 horas (67 días) de exposición, se presenta oxidación en la incisión en todas las probetas, observándose corrosión del 84% en la probetas usadas sin lavar preparadas con sandblasting, 60% en las probetas sin lavar preparadas con escariador, 55% en la probetas usadas sin lavar preparadas con piqueta, 37% en las

probetas lavadas preparadas con piqueta y en el resto de probetas, se presenta una corrosión en la incisión menor del 20%.

3.5 Resultados del desempeño del sistema de pinturas en las pruebas de campo

El retiro de las probetas instaladas en el tanque de lastre, se realizó después de los siete meses de exposición. Después de la limpieza al realizar inspección en las probetas, se observaron algunos poros en las probetas usadas sin lavar preparadas por sandblasting y en las probetas preparadas con escariador; estos poros pudieron ser por la presencia de ampollas que reventaron después de la exposición. Así mismo, en las probetas nuevas preparadas con sandblasting se encontró algunos puntos de ampollamiento que se pueden clasificar como 8F (Tamaño: microampollamiento, Frecuencia: poco) los cuales sólo se observaron con lupa; el resto de las probetas se encuentran en buen estado sin presencia de ampollas.
Después de la inspección visual, se observó en todas las probetas una corrosión mínima con puntos aislados, clasificación 9S (superficie corroída inferior al 0.03), este grado de corrosión puede ser provocado por el óxido presente en el agua del tanque y no por la oxidación propia de las placas. Todas las probetas de este sistema presentan una capa de óxido amarillo en toda la superficie la cual se evidenció desde la inspección a los tres (3) meses; ésta se limpió utilizando un paño impregnado con un solvente adecuado para poder observar el estado de la última capa de pintura.

4. CONCLUSIONES

- Las pinturas que componen el sistema evaluado, cumplen con el contenido de material volátil, contenido de sólidos y contenido de compuestos orgánicos volátiles (COV) de acuerdo a lo especificado en la ficha técnica.

- En los ensayos de doblez se pudo observar un agrietamiento de las capas de pintura, un mejor comportamiento se obtuvo en los ensayos de impacto. Con estos resultados y comparando con los encontrados en ensayos de pull-off,

se concluye que el sistema de pinturas evaluado presenta buena adherencia pero baja elasticidad y flexibilidad (muy poca resistencia a esfuerzos cortantes).

- Tanto en el análisis de sales solubles realizado a la herrumbre, como la medición en todas las probetas preparadas para la aplicación de las pinturas, se pudo comprobar que al superar el nivel crítico de sales solubles; disminuye el desempeño frente al ampollamiento en el tiempo de un sistema de pintura. Esta última característica (ampollamiento) se pudo comprobar en los ensayos acelerados de laboratorio y de campo, donde se presenta un mayor microampollamiento en las probetas que superan el límite de sales solubles permisible de acuerdo a la OMI.

- Después de analizar los métodos de preparación superficial empleados en la limpieza de las probetas frente al nivel de sales solubles, se puede concluir que de mayor a menor contenido de sales solubles residuales dejadas en la superficie después de la preparación, los métodos se pueden ordenar de la siguiente manera: Piqueteo > Grata y Lija > escariador > Sandblasting.

- Respecto al contenido de sales solubles, los métodos de preparación de superficie por piqueteo y grata + lija, son los que presentan el mayor contenido de sales (> de 10 ug/cm^2) superando el límite máximo permitido de 5.0 ug/cm^2. A partir del método de preparación con escariador están por debajo de los 10 ug/cm^2.

- En la evaluación de desempeño del sistema de pintura, se encontró que la aplicación del convertidor de herrumbre no representa una ventaja en el comportamiento del desempeño; ya que la respuesta fue similar entre las probetas sin convertidor y con convertidor.

- En las probetas preparadas por sandblasting y lavadas se encontró mayor contenido de sales solubles, que en las muestras preparadas por este método

sin lavado. Esto se atribuye a la contaminación que se encontró con cloruros en el agua de lavado y en la arena utilizada.

- El desempeño del sistema de pintura frente a la resistencia a la corrosión en la superficie, se puede clasificar en un condición BUENA, para capas de pintura utilizadas en tanques de lastre. Este criterio se basa en la inspección visual realizada en todos los ensayos realizados y en el porcentaje estimado de áreas con fallas en las capas de establecidas en la resolución MSC 215 (82) de la OMI, ver tabla siguiente[8].

Clasificación IACS de condiciones de capas de pintura

Clasificación	**BUENA (3)**	**INTERMEDIA**	**POBRE**
Pintura dañada o área oxidada	< 3 %	3 - 20 %	> 20 %
Área con herrumbre	-	< 10 %	≥ 10 %
Desprendimiento localizado de pintura u oxidación en bordes o cordones de soldadura	< 20 %	20 - 50 %	> 50 %
(3) Oxidación localizada sin una falla visible de la pintura			

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Morcillo, M., Soluble salts: their incidende on the protection of metallic structures by paint coatings. Revista De Metalurgia, 2003: p. 219-227.

2. Bastidas, J., M. Morcillo, and F. Rodriguez, Mild steel corrosion in saline solutions. Comparison between bulk solutions and steel-coating interfacial solutions. Journal of Coatings Technology, 1998. 70(882): p. 61-66.

3. De La Fuente, D., Avances en el conocimiento de las sales solubles y de su efecto en el comportamiento del sistema acero recubrimiento orgánico, in Facultad de CC. Químicas.(2004), Universidad Complutense de Madrid: CENIM, Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas. p. 266.

4. De la Fuente, D., B. Chico, and M. Morcillo, The effects of soluble salts at the metal/paint interface: advances in knowledge. Portugaliae Electrochimica Acta, 2006. 24(2): p. 191.

5. Morcillo, M., Soluble salts: their effect on premature degradation of anticorrosive paints. Progress in Organic Coatings, 1999. 36(3): p. 137-147.

6. Simancas Peco, J., Estudio de distintas variables con influencia en el comportamiento en la atmosfera de los recubrimientos anticorrosivos de pintura aplicados sobre acero. 2009.

7. Peco, J.S. and U.C.d.M.D.d.C.d.I.M.e.I. Metalúrgica, Estudio de distintas variables con influencia en el comportamiento en la atmósfera de los recubrimientos anticorrosivos de pintura aplicados sobre acero. 1992: Editorial de la Universidad Complutense de Madrid, Servicio de Reprografía.

8. IMO, Resolution MSC.215(82) Performance Standard for Protective Coatings for Dedicated Seawater Ballast Tanks in All Types of Ships and Double-Side Skin Spaces of Bulk Carriers (IMO PSPC).

Estudio comparativo de las sociedades de clasificación en el cálculo del número de equipo de un buque

Raúl Villa Caro. Ing. Naval y Oceánico / Capitán Marina Mercante. Escuela Politécnica Superior. Universidad de la Coruña. España. Inspector Nuevos Barcos en Construcción. Armada Española. raul.villa@udc.es
Luis Manuel Carral Couce. Dr. Ing. Naval (Ph.D.). Escuela Politécnica Superior. Universidad de la Coruña. España. lcarral@udc.es
José Ángel Fraguela Formoso. Dr. Ing. Naval (Ph.D.). Escuela Politécnica Superior. Universidad de la Coruña. España. jafraguela@udc.es
Antón González Martín. Ing. Téc. Naval. anton.gnlez@gmail.com

Palabras clave: Buques. Transporte marítimo. Sociedades de Clasificación.

RESUMEN:

En este trabajo se ha llevado a cabo la creación de seis programas informáticos de seis de las Sociedades de Clasificación más importantes del mundo: Bureau Veritas, Det Norske Veritas, American Bureau of Shipping, Rusian Maritime Register of Shipping, Germanischer Lloyd y Lloyd´s Register.

En cada programa de las respectivas Sociedades de Clasificación se dispone de dos idiomas de uso, español e inglés, y se puede realizar el cálculo del número de equipo y obtener los elementos de amarre, remolque y fondeo requeridos para buques normales o remolcadores de una manera muy sencilla.

Para realizar cálculos sobre buques normales se deben cubrir los campos de: desplazamiento del buque, manga máxima de trazado, sumatorio de la altura de cada superestructura y francobordo y área total de perfil del casco. Y para remolcadores; el desplazamiento del buque, manga máxima de trazado, sumatorio

de la multiplicación de manga por altura de cada superestructura, francobordo y área total de perfil lateral del casco.

Con esta herramienta, además de poder cubrir los valores directamente en cada campo, también se puede calcular en el mismo programa el área de perfil lateral de las superestructuras, sumatorio de alturas y acceder a ayudas de descripción de cada término naval dentro del programa.

Finalmente al tener cubiertos todos los campos y pulsando un simple botón, se obtiene el número de equipo, y con él todos los elementos de amarre, fondeo y remolque exigidos por una determinada Sociedad de Clasificación.

Este estudio finaliza examinando las diferencias existentes en dichos resultados, por ejemplo entre la sociedad ABS y el resto de sociedades, o las semejanzas entre Germanischer Lloyd, Rusian Maritime Register of Shipping y Lloyd´s Register; y realizando una propuesta de armonización de todos los valores, mediante la implantación en un nuevo programa informático, para su fácil representación y cálculo.

A la propuesta de armonización se le podría denominar “Sociedad Global de Armonización”, y los requisitos demandados por ella serían los comunes a las mismas, y a la vez los más exigentes de cada una de las Sociedades de Clasificación citadas con anterioridad. De esta forma quedaría redactada y elaborada una armonización homogénea y minuciosa.

Esta herramienta de la Sociedad Global de Armonización va a funcionar exactamente como la de cada Sociedad de Clasificación: mismos campos a cumplimentar, misma opción de realizar los cálculos pertinentes previos, consultas, etc. De tal modo que se dispondrá de seis programas de las sociedades más importantes del mundo (citadas anteriormente) y una herramienta de armonización con la cual quedan englobadas todas estas en otro programa de igual operatividad.

En el siguiente anexo se ilustran los diferentes programas de cada sociedad de clasificación y el programa final de armonización. Se puede observar:

- La apariencia del programa.
- Sus capacidades.
- Sus funciones.
- Su importancia en el rápido cálculo del número de equipo que corresponderá al buque y de los sistemas de remolque, amarre y fondeo.
- Los diferentes tipos de barcos para los cuales se puede realizar el cálculo.
- Los diferentes idiomas de manejo.

Los programas corresponden a las siguientes sociedades:

- American Bureau of Shipping (ABS).
- LLoyds Register (LR).
- Bureau Veritas (BV).
- Det Norske Veritas (DNV).
- Germanischer Lloyd (GL).
- Rusian Maritime Register of Shipping (RMRS).

Y finalmente el correspondiente a nuestra propuesta, la Sociedad Global de Armonización (GHS).

ANEXO PROGRAMAS: ÍNDICE

1. DET NORSKE VERITAS

1.1 DNV en español para buques normales

1.2 DNV en inglés para buques normales

1.3 DNV en español para remolcadores

1.4 DNV en inglés para remolcadores

2. . BUREAU VERITAS

2.1 BV en español para buques normales

2.2 BV en inglés para buques normales

2.3 BV en español para remolcadores

2.4 BV en inglés para remolcadores

3. . GERMANISCHER LLOYD

3.1 GL en español para buques normales

3.2 GL en inglés para buques normales

3.3 GL en español para remolcadores

3.4 GL en inglés para remolcadores

4. . LLOYDS REGISTER

4.1 LR en español para buques normales

4.2 LR en inglés para buques normales

4.3 LR en español para remolcadores

4.4 LR en inglés para remolcadores

5. . AMERICAN BUREAU OF SHIPPING

5.1 ABS en español para buques normales

5.2 ABS en inglés para buques normales

5.3 ABS en español para remolcadores

5.4 ABS en inglés para remolcadores

6. . RUSIAN MARITIME REGISTER OF SHIPPING

6.1 RMRS en español para buques normales

6.2 RMRS en inglés para buques normales

6.3 RMRS en español para remolcadores

6.4 RMRS en inglés para remolcadores

7. . SOCIEDAD GLOBAL DE ARMONIZACIÓN

7.1 GHS en español para buques normales

7.2 GHS en inglés para buques normales

7.3 GHS en español para remolcadores

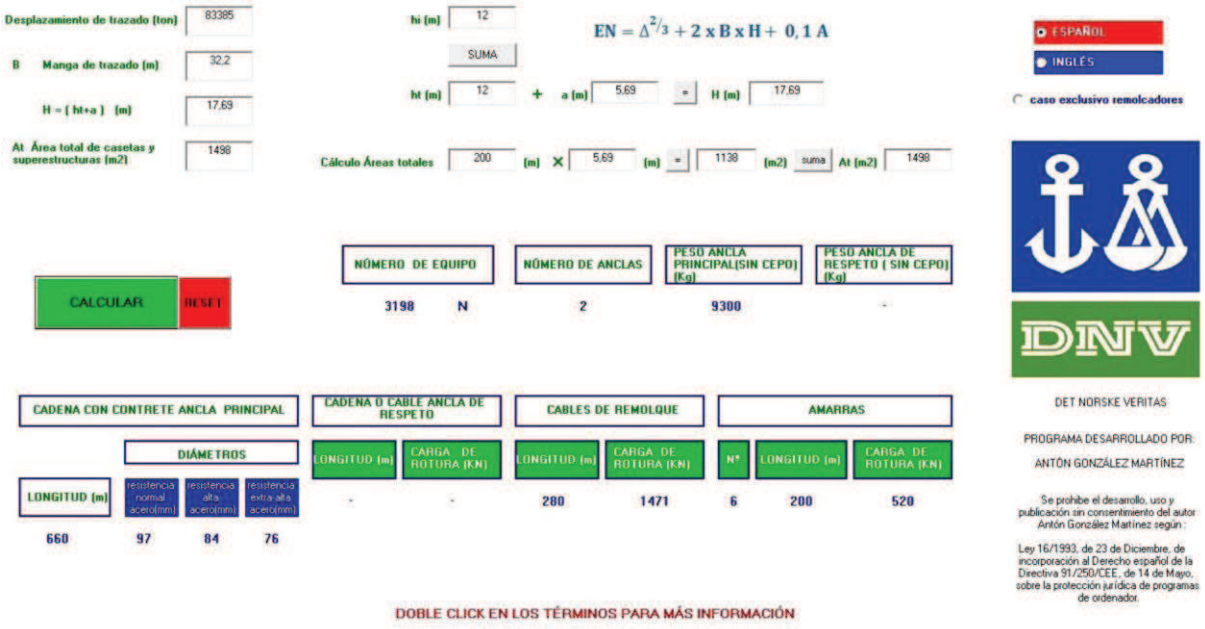
7.4 GHS en inglés para remolcadores

8. CONCLUSIONES

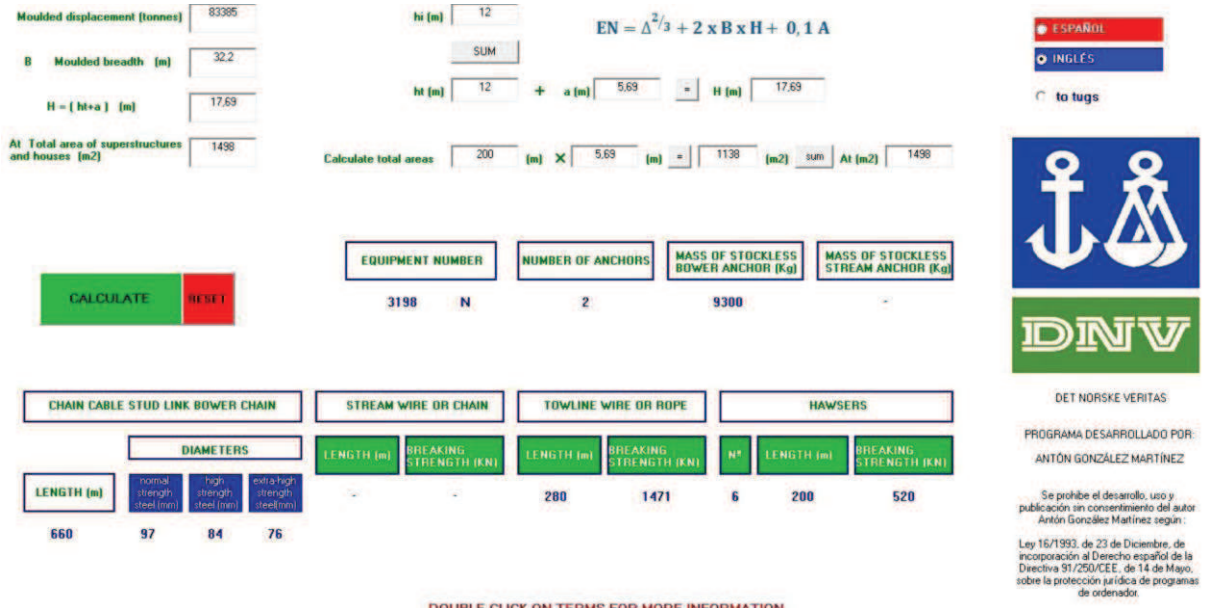
9. BIBLIOGRAFIA

1. DET NORSKE VERITAS

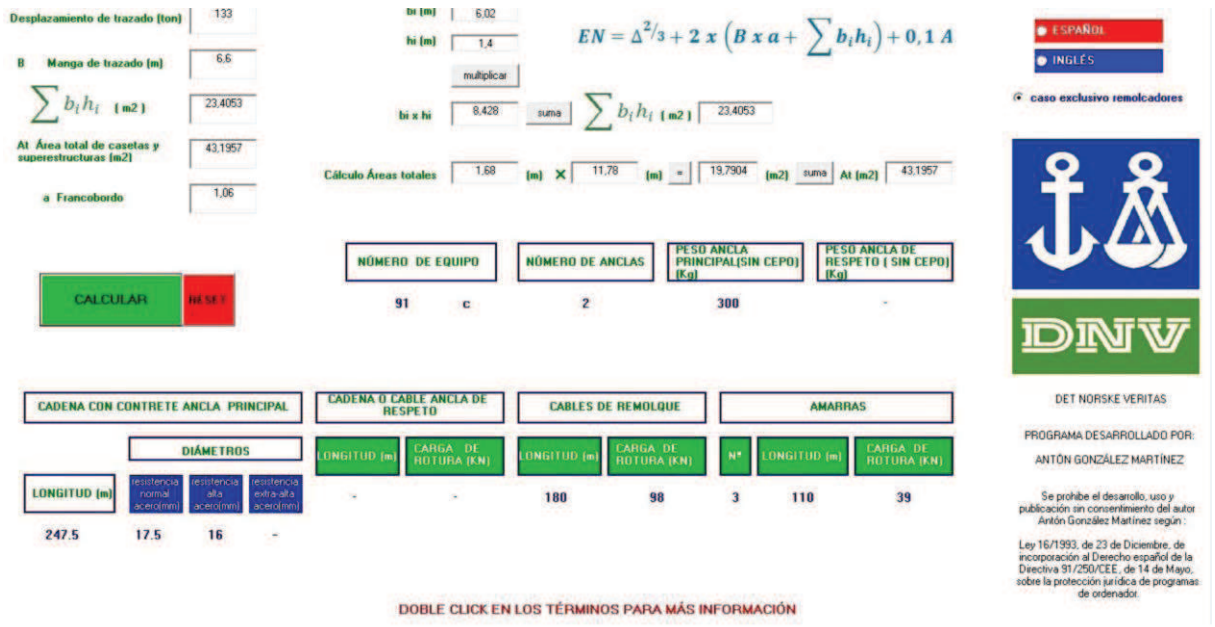
1.1 DNV en español para buques normales



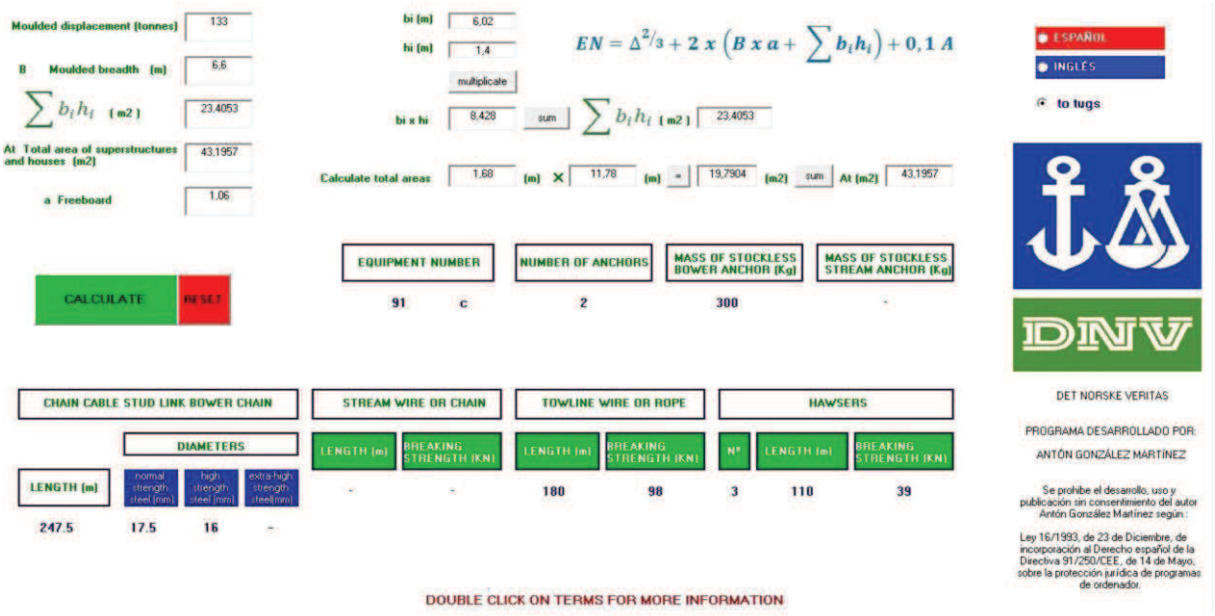
1.2 DNV en inglés para buques normales



1.3 DNV en español para remolcadores

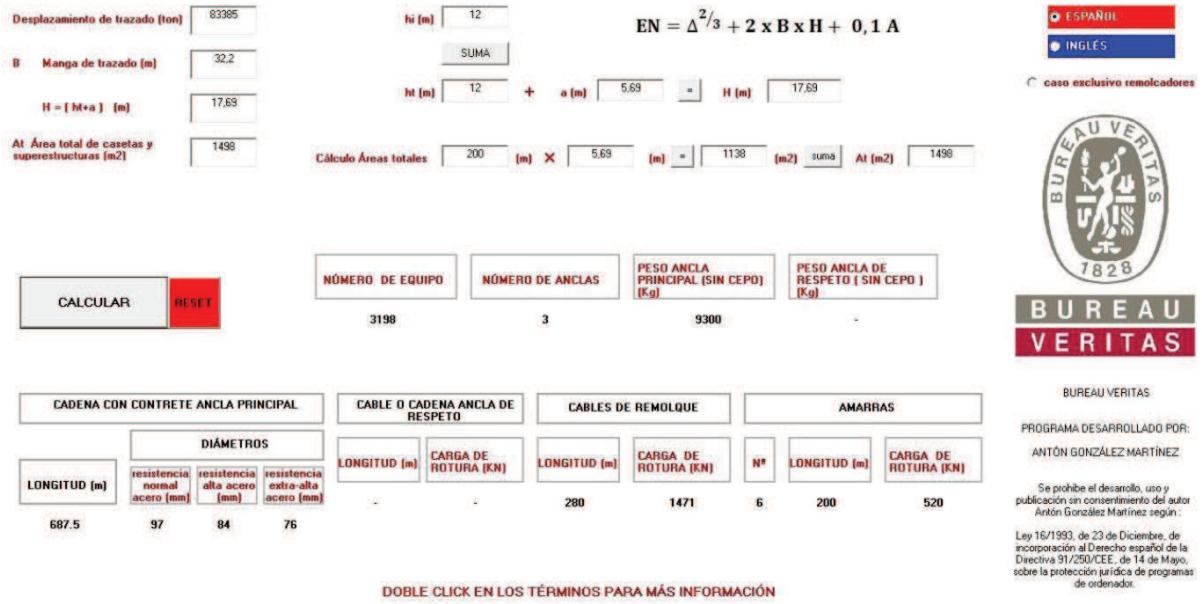


1.4 DNV en inglés para remolcadores

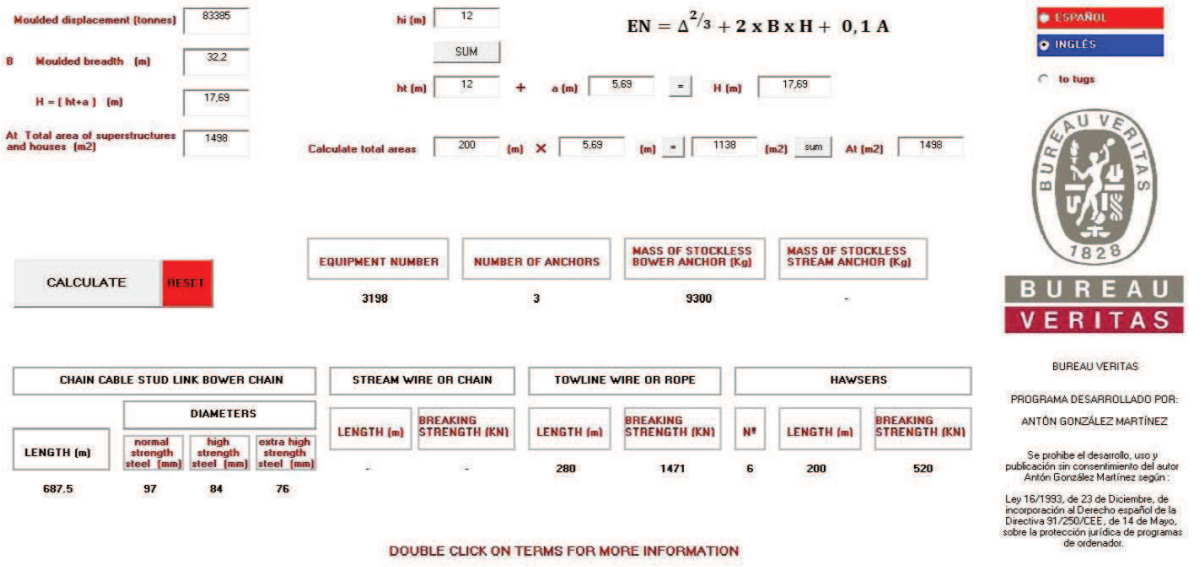


2. BUREAU VERITAS

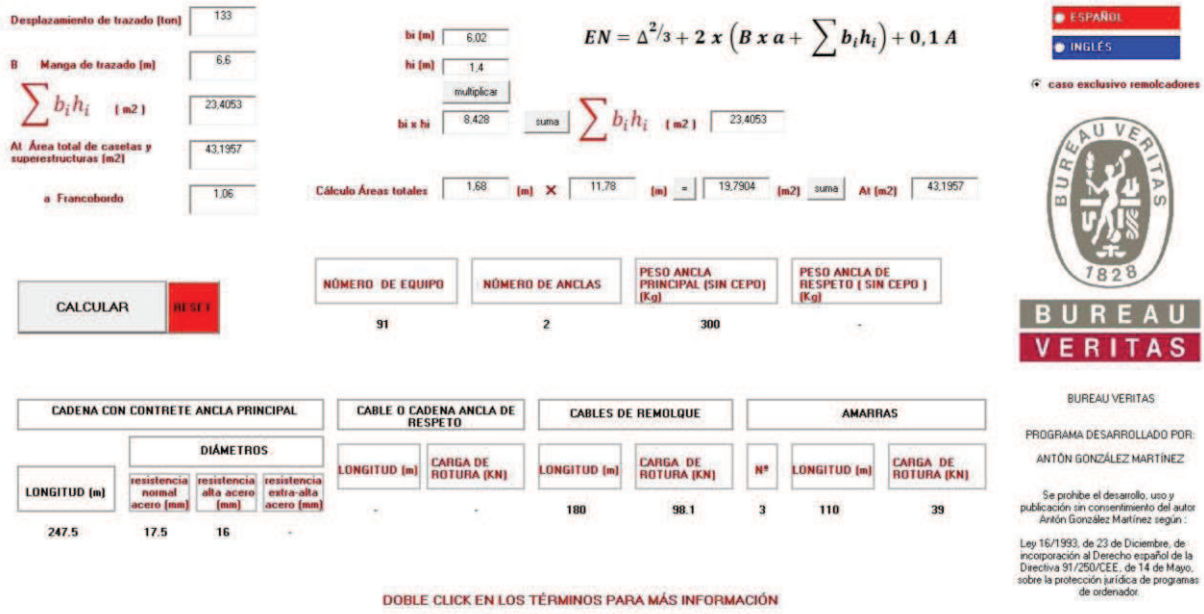
2.1 BV en español para buques normales



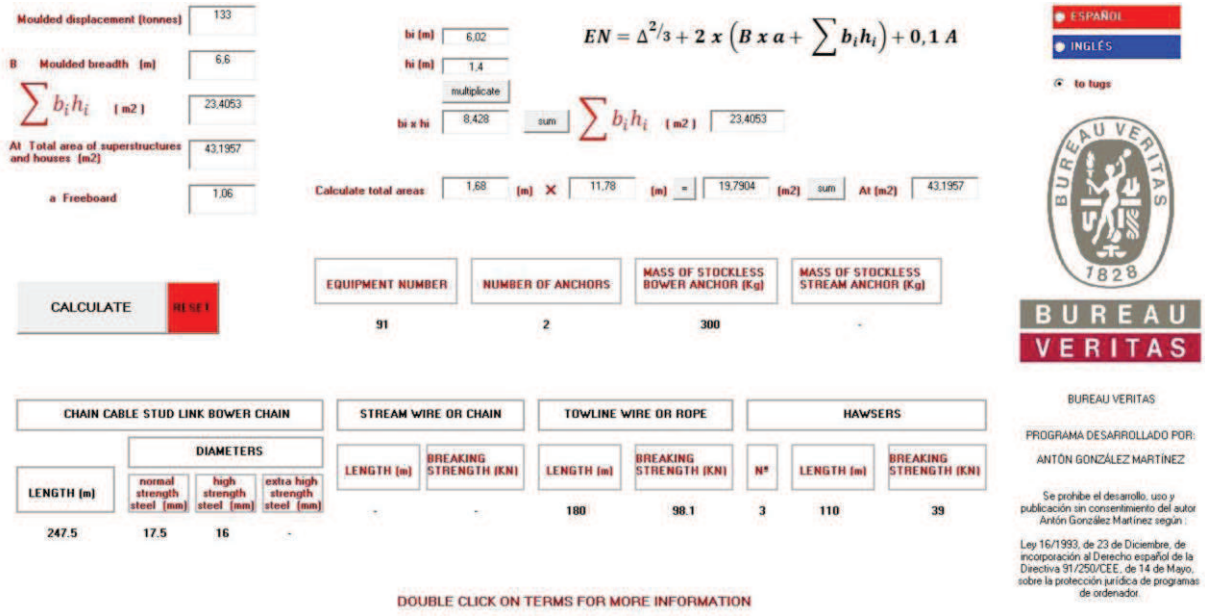
2.2 BV en inglés para buques normales



2.3 BV en español para remolcadores

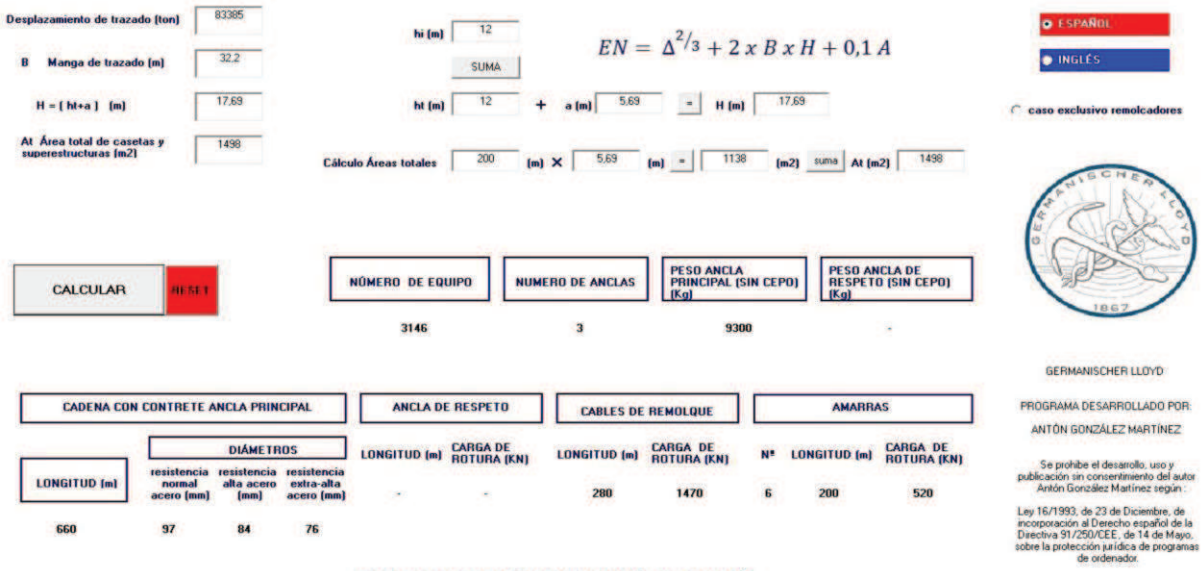


2.4 BV en inglés para remolcadores

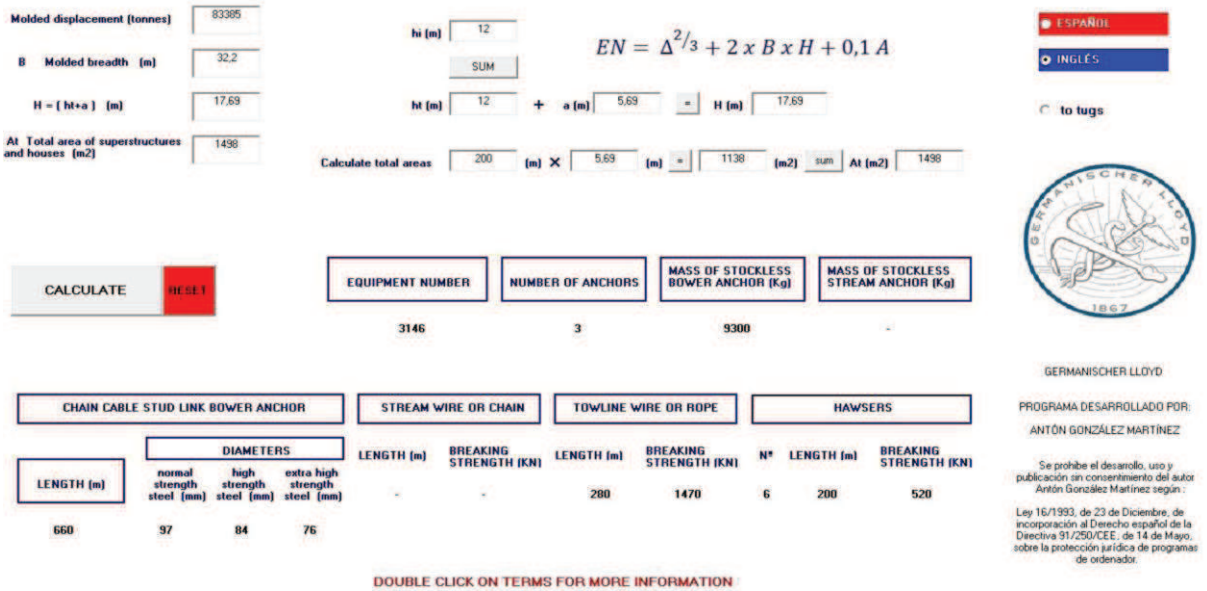


3 GERMANISCHER LLOYD

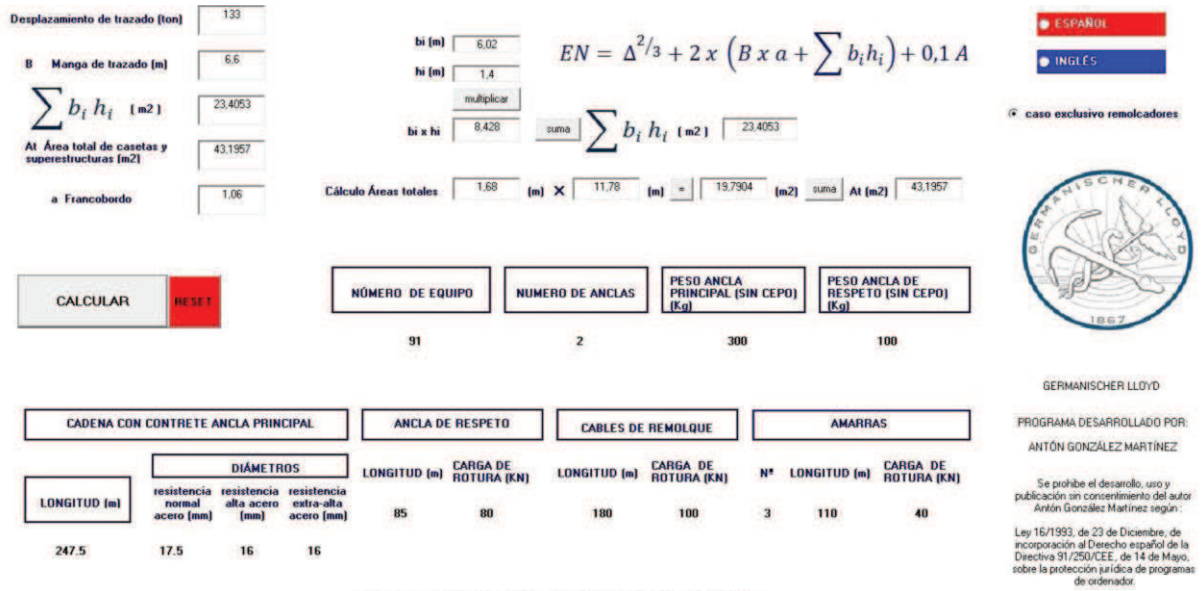
3.1 GL en español para buques normales



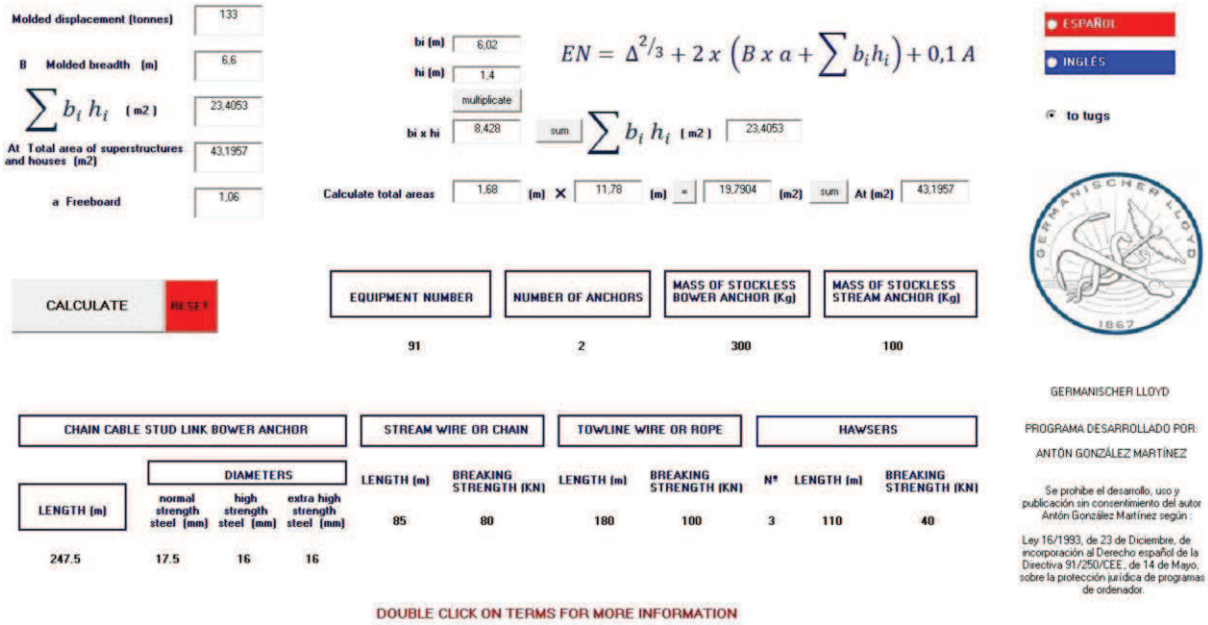
3.2 GL en inglés para buques normales



3.3 GL en español para remolcadores

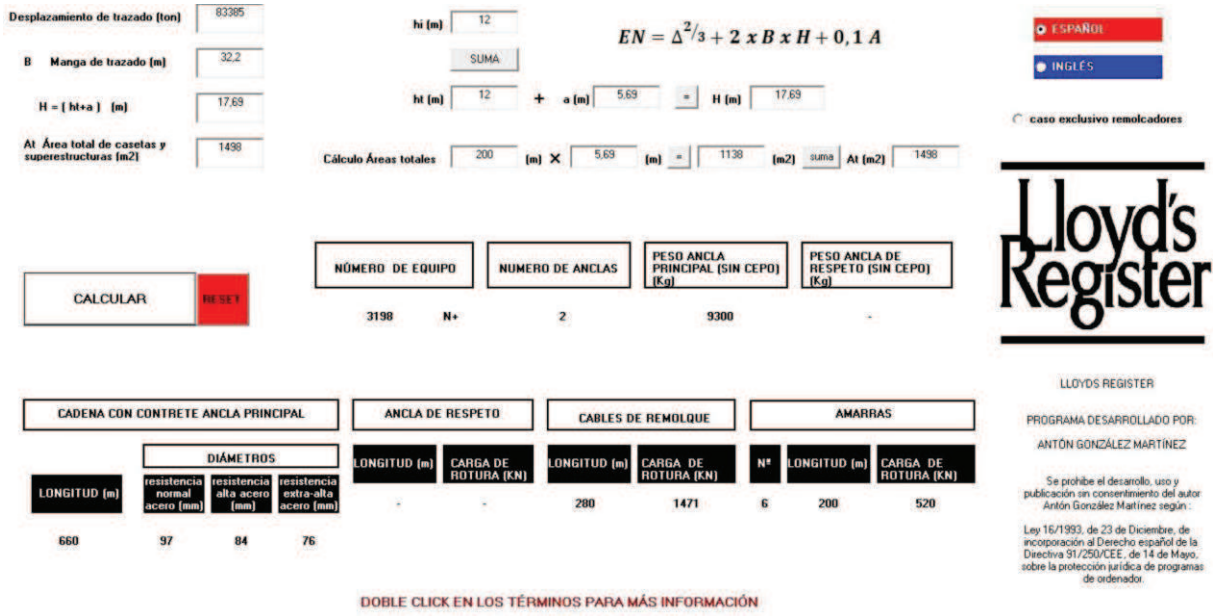


3.4 GL en inglés para remolcadores

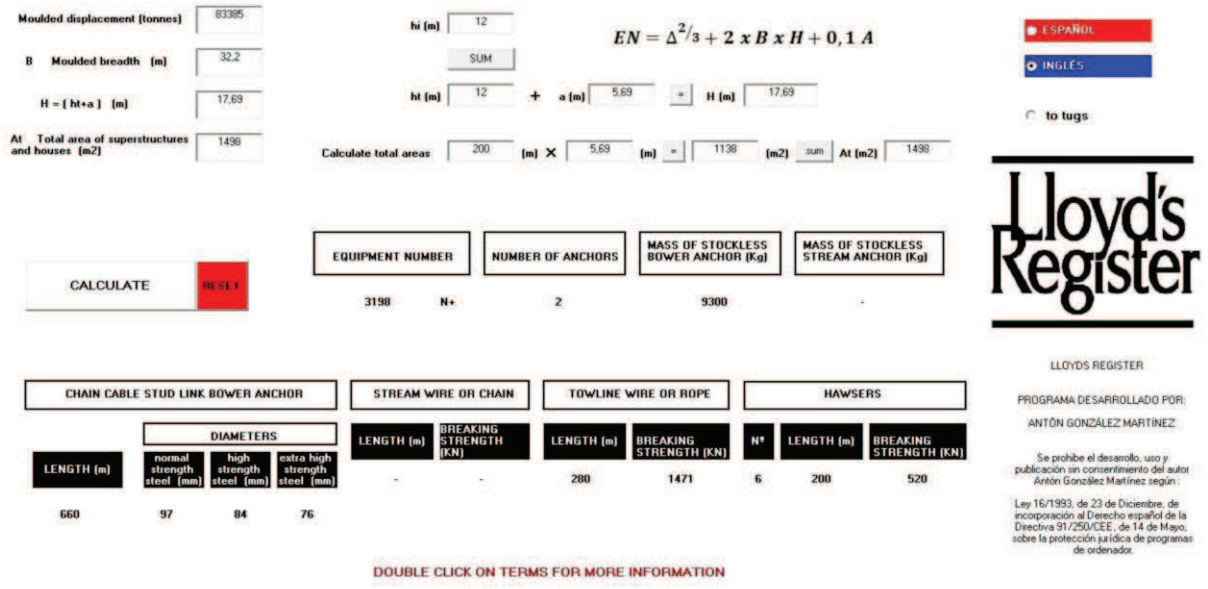


4 LLOYD´S REGISTER

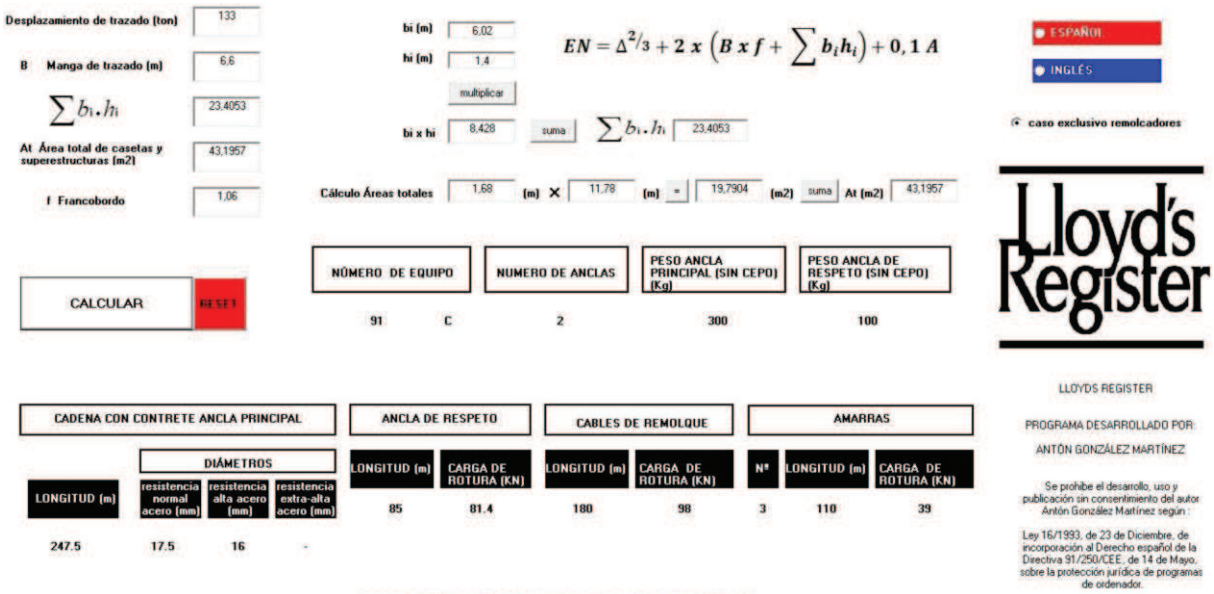
4.1 LR en español para buques normales



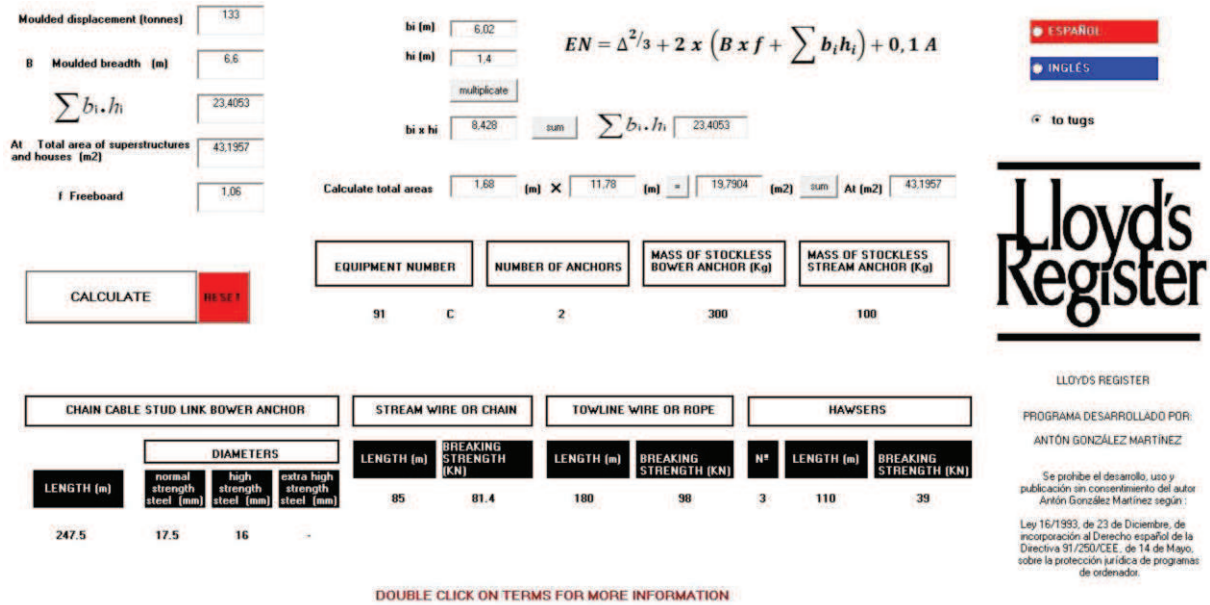
4.2 LR en inglés para buques normales



4.3 LR en español para remolcadores

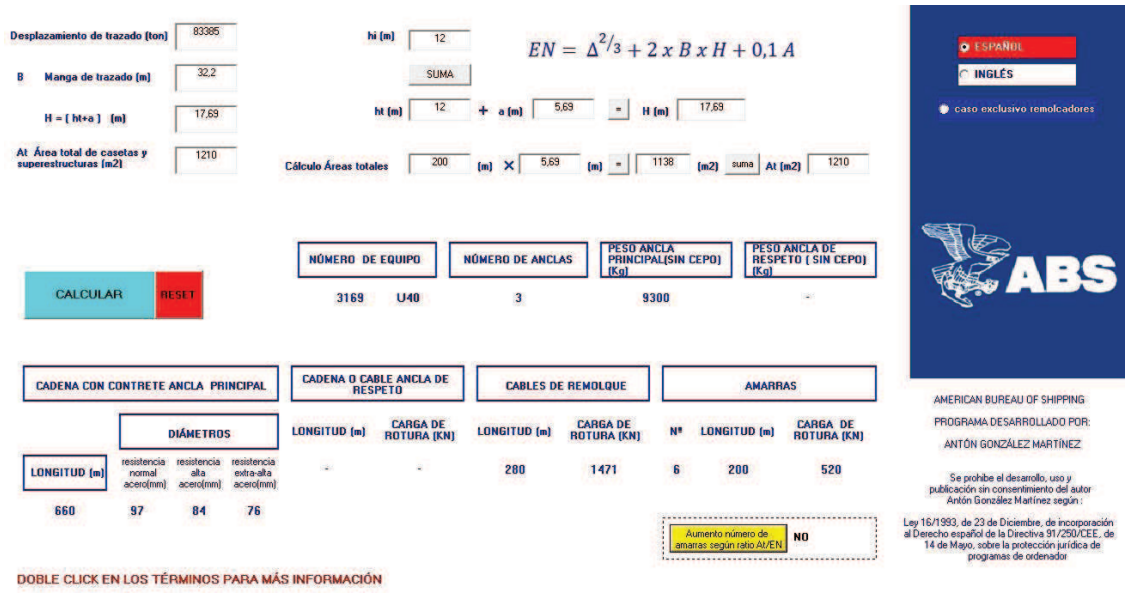


4.4 LR en inglés para remolcadores

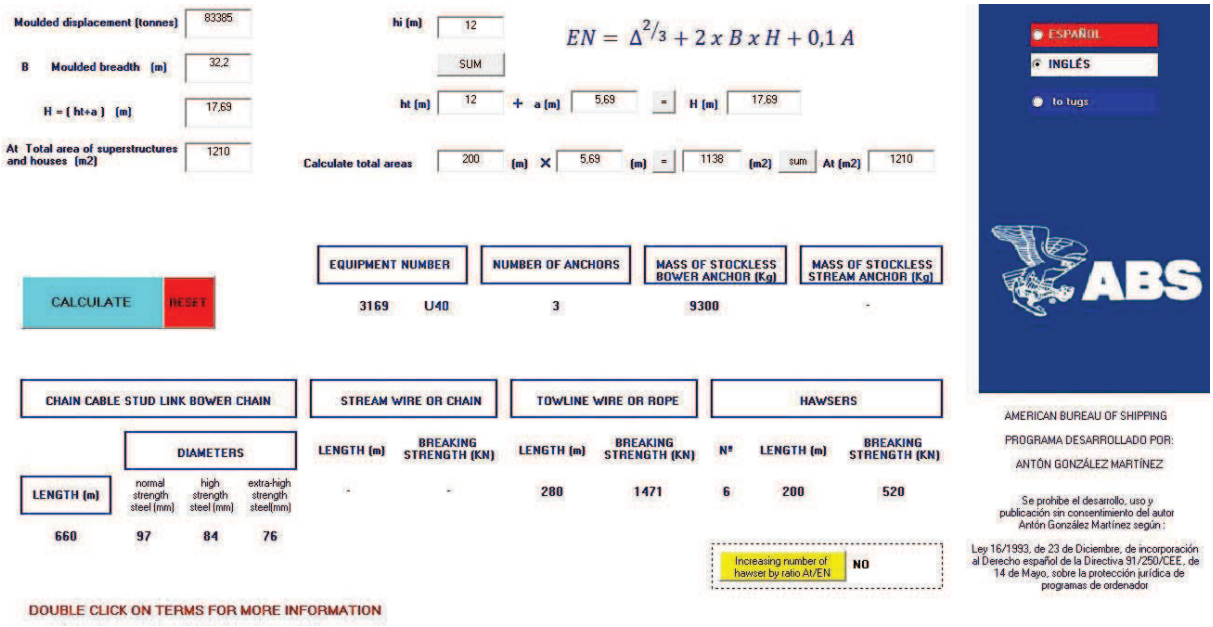


5 AMERICAN BUREAU OF SHIPPING

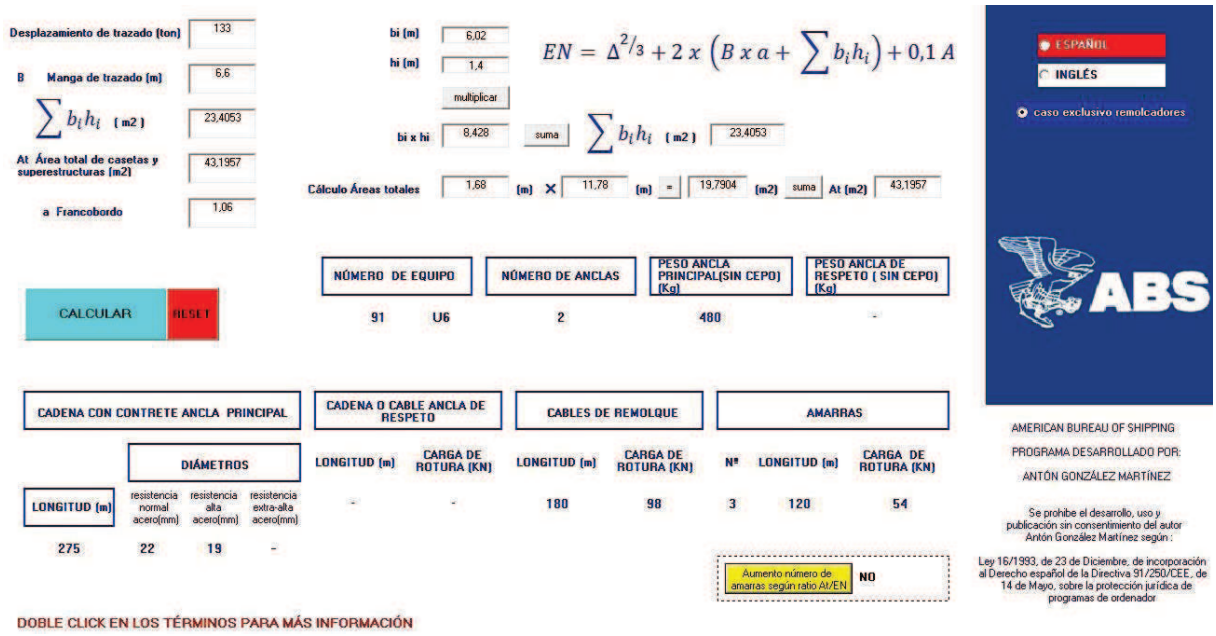
5.1 ABS en español para buques normales



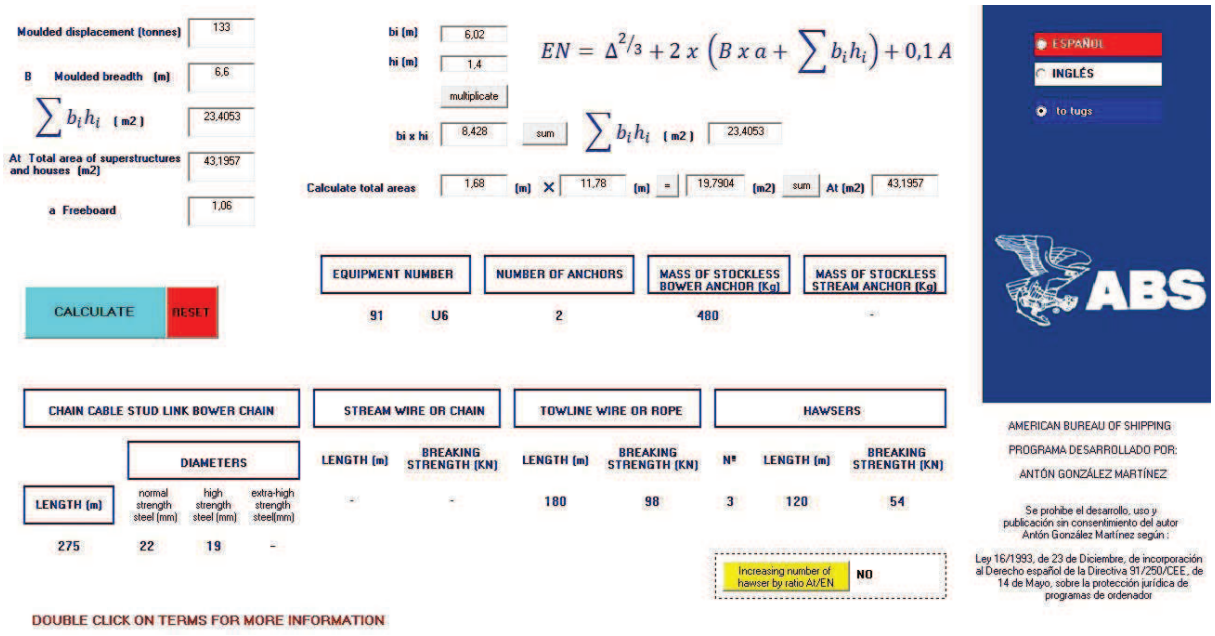
5.2 ABS en inglés para buques normales



5.3 ABS en español para remolcadores

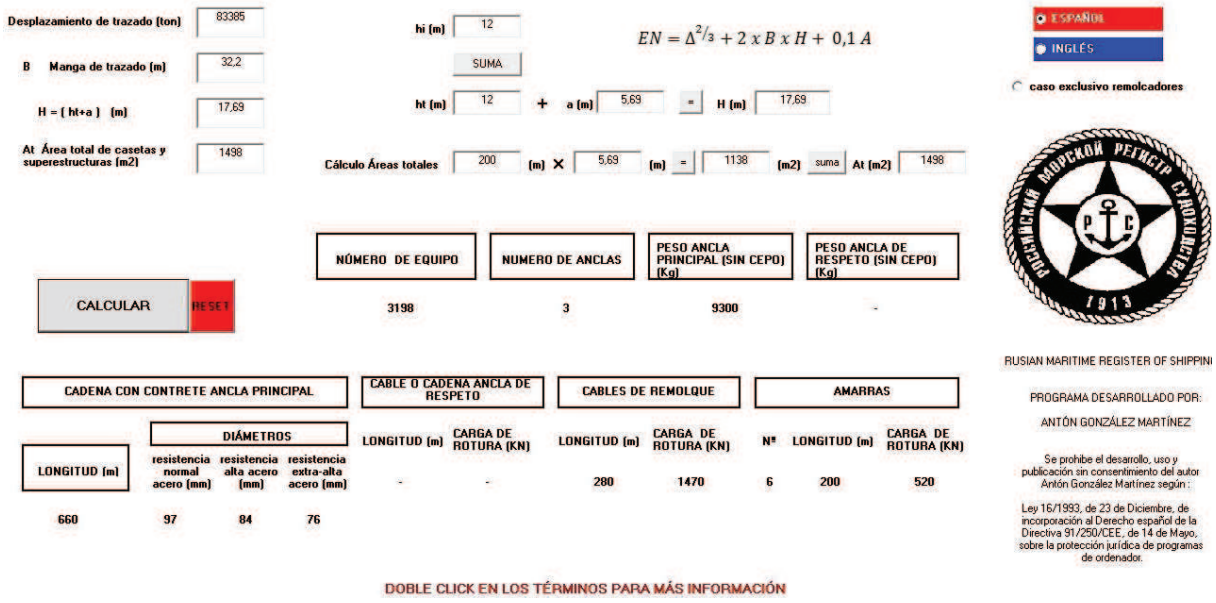


5.4 ABS en inglés para remolcadores

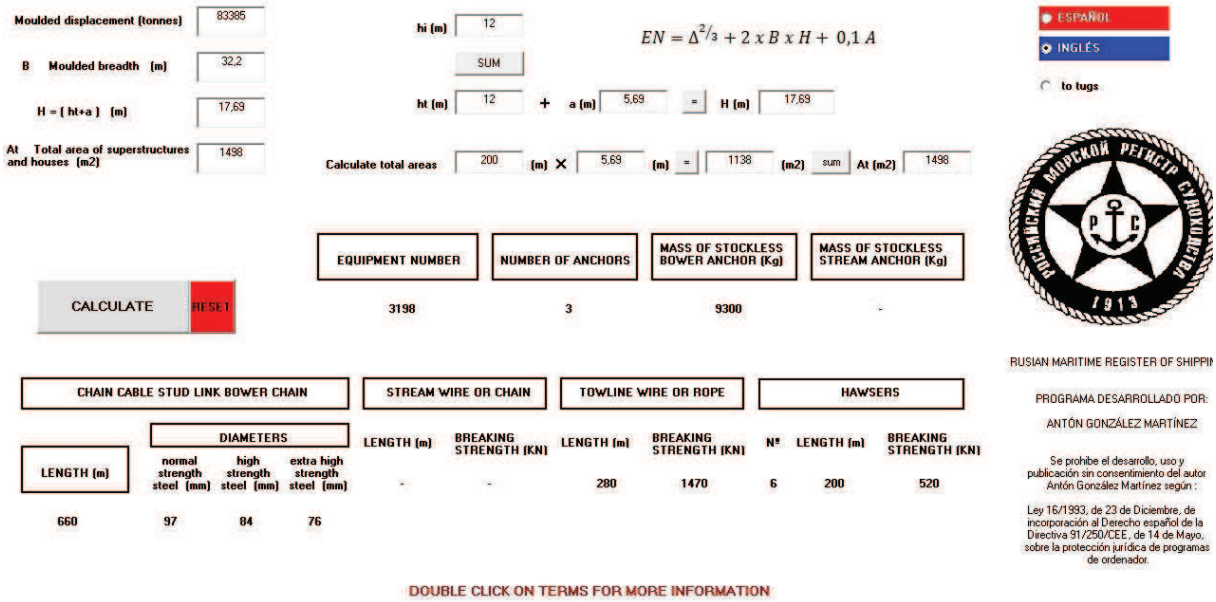


6 RUSIAN MARITIME REGISTER OF SHIPPING

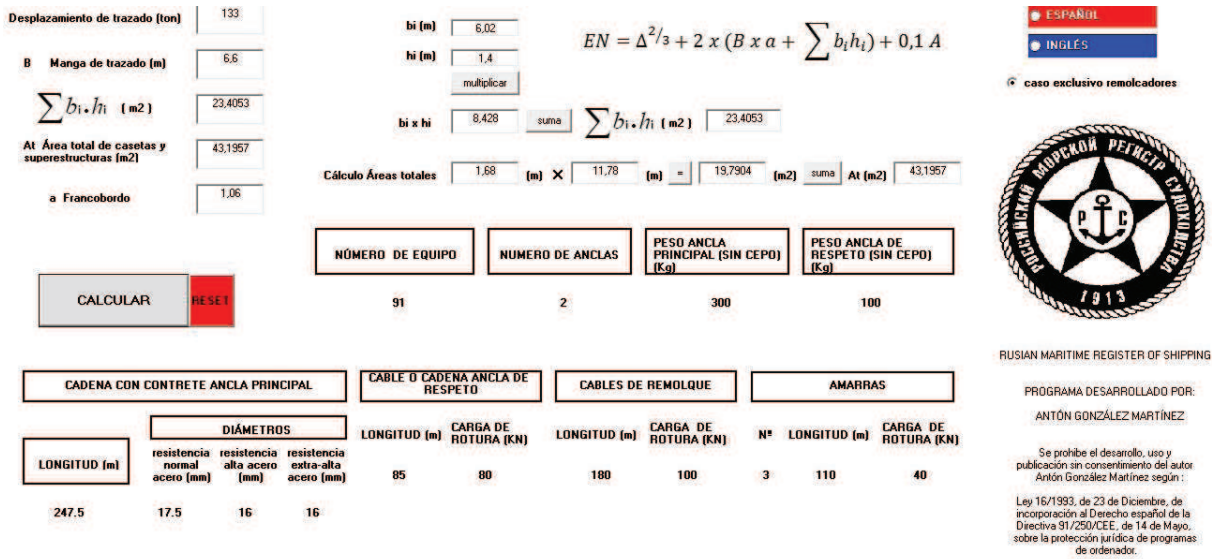
6.1 RMRS en español para buques normales



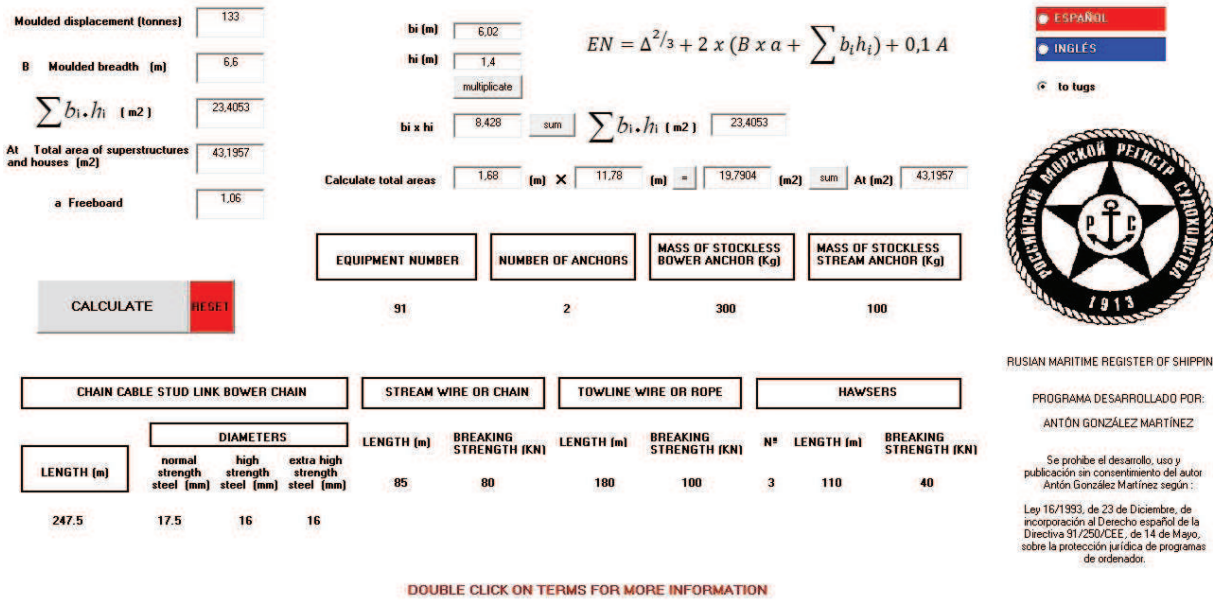
6.2 RMRS en inglés para buques normales



6.3 RMRS en español para remolcadores

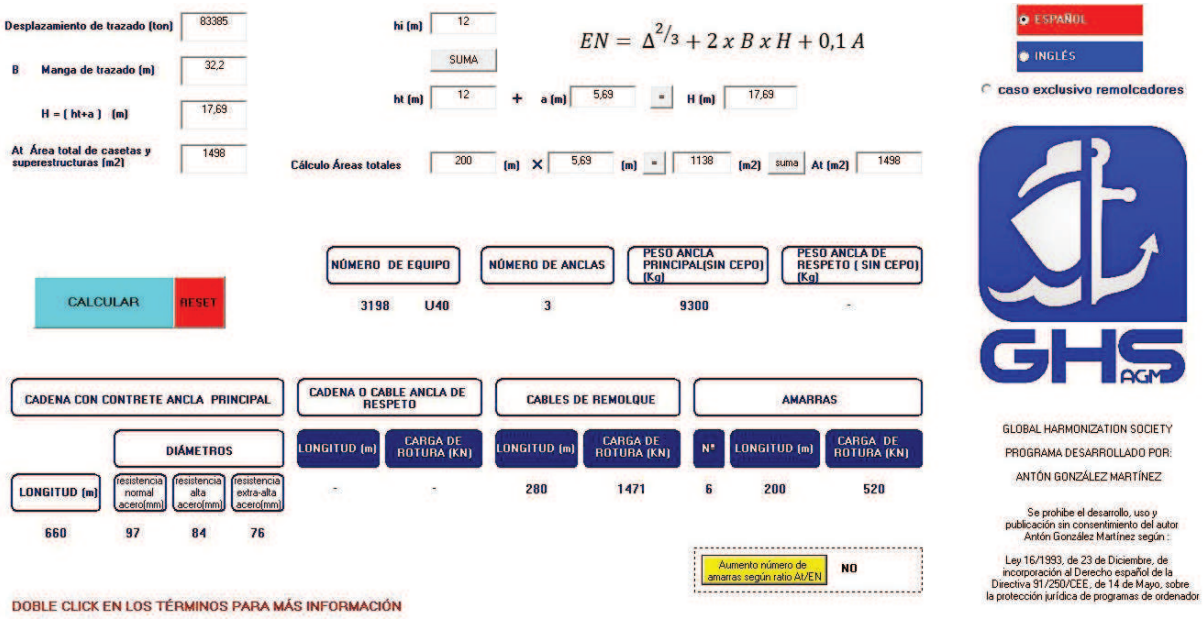


6.4 RMRS en inglés para remolcadores

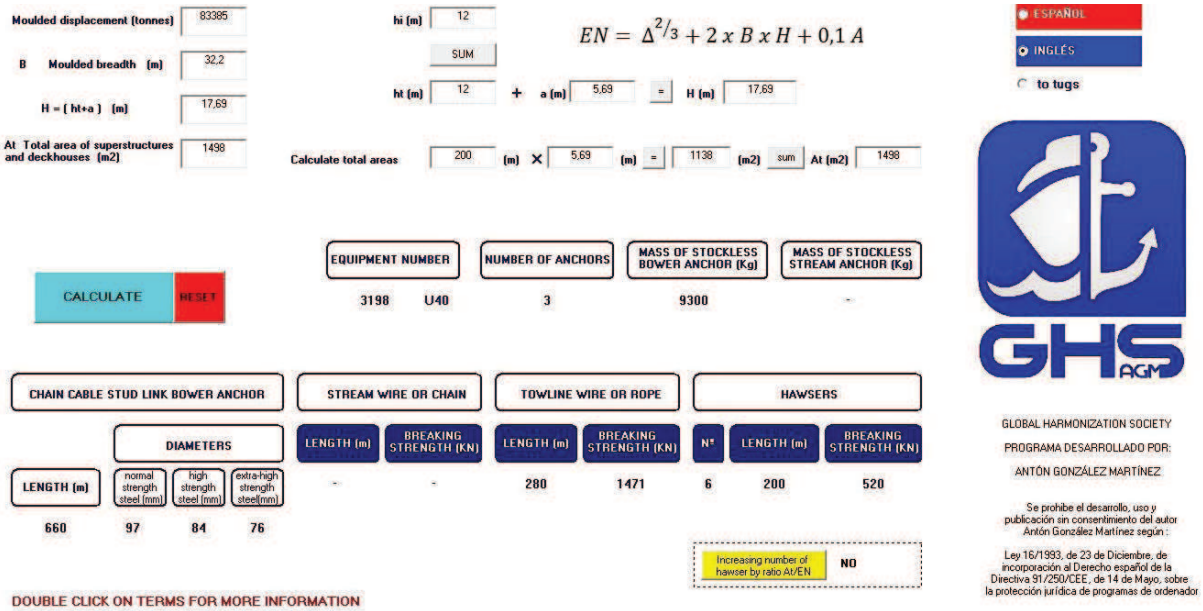


7 SOCIEDAD DE ARMONIZACIÓN GLOBAL

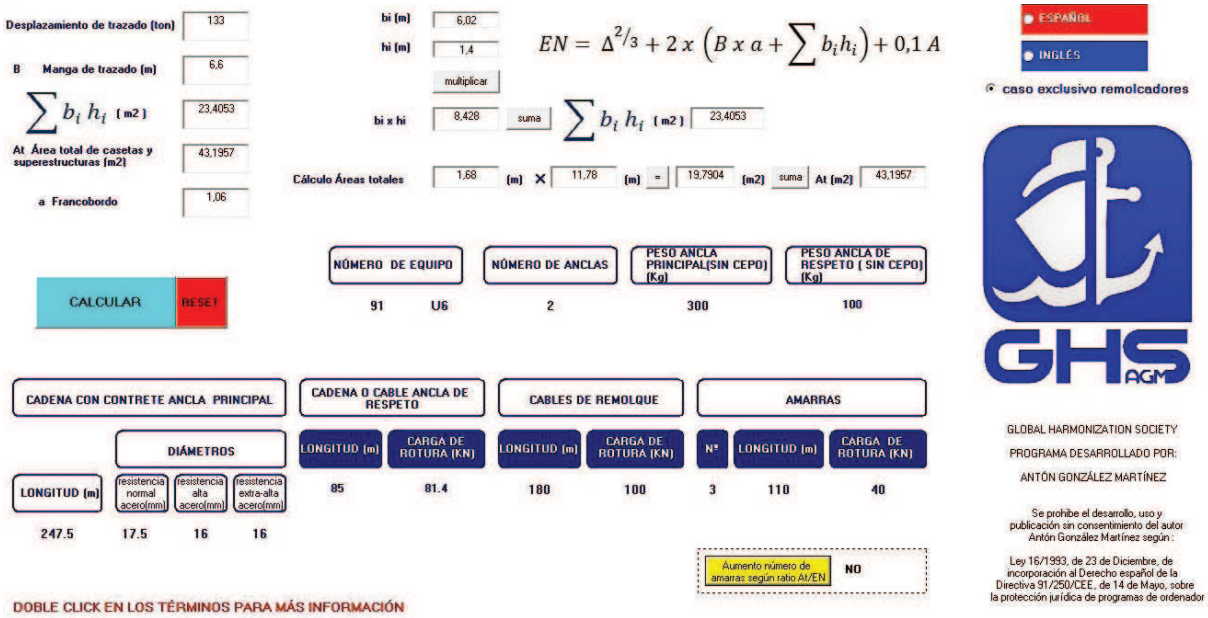
7.1 GHS en español para buques normales



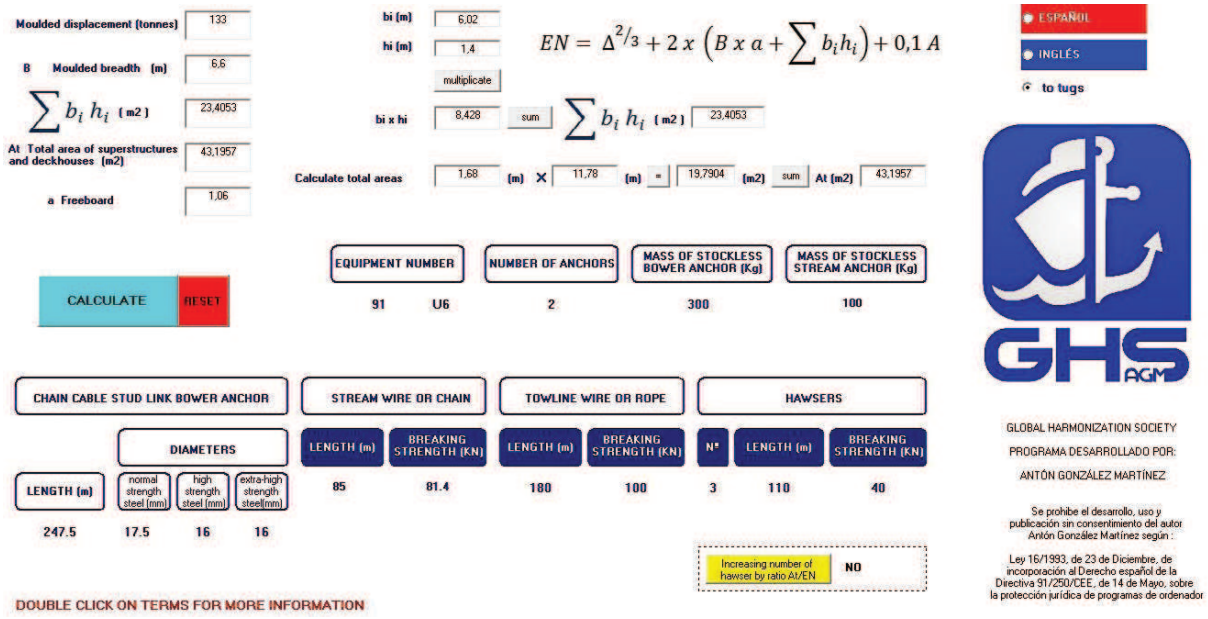
7.2 GHS en inglés para buques normales



7.3 GHS en español para remolcadores



7.4 GHS en inglés para remolcadores



8 CONCLUSIONES

Se ha elaborado una propuesta de armonización denominada “Sociedad Global de Armonización”, y para ello se han elaborado una serie de programas para poder comparar las exigencias de las diferentes Sociedades de Clasificación.

Se ha realizado una comparativa de las diferentes sociedades, y para poder realizar rápidamente el cálculo del “número de equipo” se ha elaborado una herramienta informática que nos ayudará a calcularlo automáticamente.

En conclusión, después de elaborar una serie de programas para calcular el número de equipo, basados en las normas de importantes sociedades de clasificación, se ha ido más allá y se ha creado una herramienta igual de sencilla, recogiendo los requisitos comunes y más exigentes que representan finalmente una Sociedad Global de Clasificación.

De esta forma ha quedado redactada y elaborada una armonización homogénea y minuciosa que auxiliará en el tema que nos ocupa en este trabajo.

9 BIBLIOGRAFIA

Capítulos referentes a la “Sección de Equipo” de las siguientes Sociedades de Clasificación:

- American Bureau of Shipping (ABS).
- LLoyds Register (LR).
- Bureau Veritas (BV).
- Det Norske Veritas (DNV).
- Germanischer Lloyd (GL).
- Rusian Maritime Register of Shipping (RMRS).

Homologación de la construcción de espigones flotantes de hormigón armado en Cuba

MsC. Ing. Roberto Luis González Suárez.
Director UEB Oficina Centro RCB
Ave 28 No 4303 %43 y 45 Cienfuegos, Cuba.
Telf 53 (43) 519710, Fax 53 (43) 513509

I –RESUMEN.

El presente trabajo propone la inclusión de un nuevo servicio en la cartera del Registro Cubano de Buques (RCB), en correspondencia con la "Instrucción para el análisis y evaluación de los nuevos servicios del RCB", estableciendo los requisitos necesarios, legales y reglamentarios, mediante una propuesta de capitulo a incorporar en el Manual de Aprobación de Productos Servicios y Personal del RCB (MAPS) en la sección de productos y servicios de la rama naval, el que denominamos: "Homologación de la Construcción de Espigones Flotantes de Hormigón Armado" destinados a las marinas turísticas, con el objetivo de agregar valor a esta producción nacional y satisfacer unos de los requisitos de la Resolución 216/2009 del Ministerio del Transporte (MITRANS), para la certificación de la Seguridad de las Obras Hidrotécnicas en Cuba y la Resolución 90/92 del propio ministerio para la "Homologación de Productos, Servicios y Personal" destinados a la actividad marítimo portuaria. La propuesta fue validada con la Homologación de un lote de esos Espigones Flotantes de Hormigón Armado.

II – INTRODUCCION (Descripción del Problema y Solución).

Las preocupaciones sobre el desarrollo de un ambiente laboral seguro invaden cada día más la conciencia de los directivos del mundo y en especial de nuestro país, los que obligados a cumplir con acuerdos internacionales en el tema, dictan regulaciones que tratan de minimizar los accidentes laborales poniendo a salvo la

vida de las personas y los bienes. La Resolución 216/2009 del MITRANS así lo pretende, al instrumentar la emisión por el RCB del "***Certificado de Seguridad de las Obras Hidrotécnicas"*** después de realizar de forma satisfactoria la Inspección de la Documentación aportada por el Armador (Estudio Técnico Estructural, Estudio Topobatimétrico y Certificado emitido por la APCI) y haber obtenido resultados de Satisfactorios en todos los Sistemas Inspeccionados y Defectados durante la inspección Diagnostico.

Es conocido por los especialistas en este proceso de Certificación de las Obras Ingenieras y el Consejo de Dirección del RCB, que el principal problema al que se enfrentan nuestros especialistas acreditados para brindar este tipo de servicio, que las Entidades Autorizadas a realizar los Estudios Técnicos Estructurales son pocas en el país y no están distribuidas geográficamente como para brindar ese servicio estable y regularmente, retrasando el proceso de Certificación de estas obras.

Por tal razón, y siendo de conocimiento de todos que la implementación en el país de la Resolución 90/92 del MITRANS abarca la "Construcción de Espigones Flotantes" como producto destinado a la prestación de servicios en la actividad portuaria (embarque y desembarque de pasajeros) que por sus características requieren además de la Certificación establecida en la Resolución 216/09 del MITRANS.

Es por ello que centrándonos en el **Problema,** en buscar solución al *Estudio Técnico Estructural de este tipo de Obra,* asumiéndose como **hipótesis** que: "Una vez diseñado el nuevo servicio y se logre la ***"Homologación de la Construcción de los Espigones Flotantes de Hormigón Armado"*** *para que* dentro de entidades o talleres, que cumplan con el Resuelvo Segundo, inciso b) de la Res 90/92 del MITRANS:

b) los talleres, laboratorios y otras instalaciones destinadas a la producción y la prestación de servicios reúnen las condiciones técnicas y tecnológicas exigidas, lo que unido a los conocimientos y pericia laboral de sus trabajadores permiten aseverar que dichos centros laborales poseen la

calificación exigida para desarrollar o ejecutar las labores o trabajos a su cargo con la calidad y garantía requerida.

En tal sentido, se trazó como **objetivo general**: "***Homologación de la Construcción de los Espigones Flotantes de Hormigón Armado***", desarrollándose a través de los siguientes **objetivos específicos**:

- Demostrar las dificultades existentes para brindar el Servicio de realización de los Estudios Técnicos Estructurales por las entidades reconocidas en cumplimiento de la implementación de la Resolución 216/2009 del MITRANS.
- Analizar los documentos rectores de la División Industrial, la legislación y las Reglas del RCB que resultan aplicables a la Construcción de los Espigones Flotantes de Hormigón Armado.
- Elaborar una propuesta concreta de un nuevo capítulo al MAPS, que permita satisfacer 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 con otros servicios, el análisis de documentos, la recolección de información, análisis estadístico y la observación.

El tema abordado tiene carácter novedoso por tratarse del diseño de un nuevo servicio partiendo de un problema presentado en el RCB para dar cumplimiento con la calidad requerida, a la implementación de la Resolución 90/92 y la Resolución 216/2009, siendo necesaria la reingeniería de un servicio que habitualmente presta el RCB.

III- DESARROLLO.

Como objetivo final se pretende que la "***Homologación de la Construcción de los Espigones Flotantes de Hormigón Armado***", coadyuve a la correcta implementación en nuestro país de la Resolución 216/2009 y que todos los Espigones Flotantes de Hormigón Armado construidos en Cuba bajo la supervisión del RCB, reúnan condiciones técnicas óptimas, obtengan el Certificado de Seguridad.

PRIMERO: **Infraestructura del Registro Cubano de Buques (ventajas)*:***

El RCB tiene establecida una SOI en Matanzas a pocos Km de Cárdenas, Astilleros donde se construyen los espigones flotantes de hormigón armado.

SEGUNDO ***Selección de Métodos y Técnicas de Investigación:***

Método de estudio comparado

Fueron analizados varios de los servicios del RCB entre los que se encuentran la Clasificación de embarcaciones en correspondencia con las reglas para la construcción y con la Resolución 227/03, considerando a estos como artefactos u objetos flotantes

Análisis de Documentos:

Se realizó un análisis de todos los documentos que pueden amparar el objetivo propuesto por este trabajo, partiendo de las facultades que le brinda al RCB la Resolución 90/92 MITRANS de:

b) los talleres, laboratorios y otras instalaciones destinadas a la producción y la prestación de servicios reúnen las condiciones técnicas y tecnológicas exigidas, lo que unido a los conocimientos y pericia laboral de sus

trabajadores permiten aseverar que dichos centros laborales poseen la calificación exigida para desarrollar o ejecutar las labores o trabajos a su cargo con la calidad y garantía requerida.

Corroborado por la propia Resolución 216/09 MITRANS de La Certificación de toda obra hidrotécnica en explotación.

Es por todo lo anterior y con conocimiento del P 07-02 "**Procedimiento para el desarrollo de las reglas y manuales"** y el MAPS **"Manual de Aprobación de Productos Servicios y Personal Calificado"** ambos del RCB, es posible documentar también el objetivo del trabajo dentro del capítulo 2 de "Productos y servicios de la rama naval" de este último.

Técnica de observación.

Durante las visitas de inspección a las obras en explotación de los clientes se pudo evidenciar que falta agilidad en la confección y presentación de los documentos (Memorias Descriptivas, Aprobación y Certificación del proyecto), así como la inexperiencia son los principales factores que no garantizan la organización del proceso de Certificación en correspondencia con la Resolución 216/2009, provocando demoras y en algunos casos, lo cual se aprecia en la recolección de evidencias fotográficas.

Recolección de datos

Se realizó una primera aproximación de recolección de datos y hoy existe en nuestro país más de 2 millas náuticas de Espigones Flotantes de Hormigón Armado Construidos en Cuba

TERCERO: ***Resultados y Propuestas.***

Se analizan y discuten los resultados obtenidos a través de la aplicación de los métodos de investigación descritos anteriormente, sobre la base de la discusión de

tales resultados se realiza la propuesta de diseñar el servicio de ***Homologación de la Construcción de los Espigones Flotantes de Hormigón Armado,*** ya que este facilitaría a los especialista del RCB durante la realización de las inspecciones Diagnósticos que son las que incluyen los estudios, de un documento que acreditaría de forma expresa los mismos

Por todo lo anterior y teniendo en consideración los documentos rectores del RCB para la confección de documentos es que se diseña el servicio, elaborando un apartado a este Capítulo 2 "Productos y servicios de la rama naval" del MAPS denominado "***Homologación de la Construcción de los Espigones Flotantes de Hormigón Armado***", el cual se anexa íntegramente a este trabajo, las propuestas de códigos a este servicio y tarifas se realiza en correspondencia con lo establecido en la IN 07-04

- Código de Inspección de Homologación de Espigones Flotantes de Hormigón Armado.
- La Tarifa de Homologación establecidas

IV – EFECTO ECONÓMICO

"***Homologación de la Construcción de los Espigones Flotantes de Hormigón Armado***" agilizaría el proceso de implementación en el país de la Resolución 216/09 del MITRANS, con la reducción del tiempo desde el fondeo de la obra hasta la obtención del Certificado de Seguridad y su explotación. Dándole a los clientes un servicio más completo y con mayor calidad.

Primer Supuesto:

Se puede brindar el servicio como una supervisión de nueva construcción en astilleros con tres etapas fundamentales

1- Inspección de Materiales
2- Supervisión durante las etapas constructivas acorde con las reglas del RCB
3- Pruebas, Inspección final y Certificación.

Segundo Supuesto:

Se puede también considerar como una producción por lotes realizando pruebas y ensayos a un prototipo y certificando un lote determinando su número con anterioridad.

En cualquiera de los supuestos anteriores se obtendrían ingresos para el RCB, en el primero vinculados a la actividad de nuevas construcciones de la división marítima (actividad deprimida) y en el segundo a la actividad industrial, pero siempre solo con la producción que se realiza en los Astilleros de Cárdenas del MINFAR donde se construyen como promedio dos pontones semanales se obtendrían ingresos siempre superiores a los 9 MCUP anuales solo de supervisión, sumándole a ello el proceso de Certificación de Obras Hidrotécnicas.

V – CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

CONCLUSIONES

Sobre la base de todo lo aquí abordado, se arriba a las siguientes conclusiones:

1. Se demostró que este servicio puede revitalizar la actividad de nuevas construcciones.

2. Se evidencia que es posible el cumplimiento del objetivo de este trabajo desde el punto de vista legal, documental y económico.

3. Se lograron formular propuestas concretas de la inclusión de un nuevo apartado al capítulo 2 del MAPS, perfeccionando 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 al Consejo Técnico del RCB para su aprobación, la propuesta de inclusión de un nuevo apartado al Capítulo 2 del MAPS, teniendo en cuenta su incidencia en el cumplimiento de la voluntad de nuestro ministerio de las Resoluciones 90/92 y 216/09 del MITRANS.

2. Implementación inmediata del objeto del trabajo, justificado en el incremento de la productividad.

3. Generalizar los métodos de investigación utilizados para la evaluación de nuevos servicios y de los existentes en el RCB.

La implementación correcta de lo propuesto en nuestra Empresa, demostrará no solo la voluntad de cumplir con las tareas asignadas por nuestro Ministerio, sino también con la solicitud que en estos momentos nos está realizando el país de reducir los gastos e incrementar los ingresos, lo que se traduce en un aumento de la productividad y la sustitución de importaciones a tono con los lineamientos del PCC.

VI – BIBLIOGRAFIA.

Resoluciones:

MITRANS (1992). Resolución 90/92 “Homologación o Certificación de los agregados, accesorios y piezas, talleres, laboratorios, personal, servicios e instalaciones”. Gaceta Oficial de la República de Cuba, Edición Ordinaria No 8, de 31 de julio de 1992.

(2002). Resolución 109/02 "Sistema de aprobación de productos y servicios relacionados con el transporte" del 26 de marzo de 2002.

(2003). Resolución 227/03 "Clasificación de Embarcaciones” 04 de Agosto de 2003.

(2009). Resolución 216/09 “Reglamento para la seguridad de las operaciones de las instalaciones portuarias, obras hidrotécnicas, fondeaderos y canales de acceso” del 10 de Julio de 2009.

Reglas, Procedimientos y Manuales del RCB:

Registro Cubano de Buques (2010). P 07-02 “Procedimiento para la diseño y desarrollo de reglas y manuales”. Versión2 del 25 de noviembre del 2010.

(2011). MAPS “Manual para la Certificación y Aprobación de Servicios, Productos y Personal Calificado”.

(2007). “Reglas para la Clasificación y la Construcción de las Embarcaciones Menores”

Otros

”Lista Oficial de Tarifas” Subrama 05.04.03 Servicios Conexos al transporte Marítimo.

Sitios Web visitados:

http://www.gacetaoficial.cu

http://www.transporte.cu

CT-8 EMBARCACIONES RÁPIDAS

Structural optimization of high speed boats built with composite materials

Christian Bonal Rayes
christianrayes@gmail.com
Thiago Pontin Tancredi
thiago.tancredi@poli.usp.br
Bernardo Luis Rodrigues de Andrade
beluroan@usp.br
Laboratório de Otimização e Projeto Integrado
Universidade de São Paulo
São Paulo, Brasil

ABSTRACT

It is presented in this article the optimization of the structural design based in Rules for Classification of high speed craft built with composite material.

In the design of high speed craft the efforts resultant from the hydrodynamic forces (lift) and the slamming pressure must be considered and to achieve the planning condition it is required a light weight hull. Both the goals, the weight reduction and the structural requirements to resist external efforts, are conflicting, producing an interesting object of study. One of the possible solutions for this problem is the use of high strength composite materials such as fiberglass and carbon fiber.

Unlike the structural designs in steel or aluminum, the use of these materials is quite recent and its design and construction are strongly influenced by the experience of engineers and shipyards.

The objective of this paper is to evaluate the structural design of these vessels according to recent rules published by Det Norske Veritas and perform an

optimization study of the influence the structural design variables (frame spacing, spacing between stiffeners, dimensions, characteristics of materials used in laminating,...) have in the hull structural weight. Also it is presented a discussion about the hydrodynamic loads along the length of the boat.

As an example of application, the results for a parametric analysis of a 42 ft. yacht are shown.

1. INTRODUCTION

The use of high speed boats in recreation activities and in transportation of people and cargos increased in last years. Therefore, a higher demand for this type of vehicle is expected, motivating the studies about the design of these vessels, in special the structural design.

The weight reduction and the structural requirements to resist the hydrodynamic forces from the high speed interaction with the waves, motive the use of high strength composite materials such as fiberglass and carbon fiber. The use of these materials on all construction type is getting more common over the years, precisely because of the light specific mass and the high mechanical resistance of these materials.

Traditionally, steel structures, with its panels made with girders and stiffeners welded as a grid are used by the naval industry. This arrangement is well known and used; however, the structures on composite materials are relatively new. It is important to observe that the structures on composite materials have different arrangement and construction techniques, as the impossibility of welding and machining. So, more studies are necessary about how the structure responds to the ship operation, in different speeds and wave conditions.

The present work reduces this gap, and presents the evaluation of the position of transverse structural elements in the performance of the structure. This performance

considers the stresses in the structural elements for different loading conditions and the hull's structural mass.

2. METHODOLOGY

Firstly, the dynamic pressure resulting from the interaction between waves and the hull was analyzed with different references. Then, a detailed study of the technical rules involved this type of design was made.

The (DNV, 2012) was chosen to do the structural design of the hull, establishing the structural design variables in function of the hull shape and the operation conditions, also keeping the results feasible. It is important to observe that any other classification rule could be used in the analysis.

After a parametric model of structural design is done, it is applied an optimization technique to minimize the structural mass of the hull with the arrangement that satisfies the classification rule employed.

The main result presented is the optimum structural design for a 42 ft. yacht.

3. THE STRUCTURAL DESIGN OF YACHTS

The difference between a planing hull and a displacement hull is the balance of the weight and the static buoyancy. The first one balances the weight with static buoyancy plus a dynamic lift that results from the interaction between sea and the hull when enough propulsion power is supplied. So, this type of boat is designed to take off and glide on top of the water, reducing the drag.

The difference between the two hulls is also observed in Froude's number. A planing hull presents a high value while a displacement hull presents a low/medium value. Higher Froude numbers requires a greater installed power to surpass the resistance from the wave formed on the bow.

The objective is to understand the hydrodynamic pressure that solicits thestructure along the hull's length and consequently determination of the dimensions of the structural elements: shells and stiffeners.

The classical work of Savitsky (1964) is a very important reference to understand the overall design of planing hulls, especially about the resistance and seakeeping of prismatic hulls, with no special attention to the structural aspects. However, he proposes a first estimative the dynamic forces along the length of the hull.

To take off and achieve the planing condition, the hull must have a flat bottom. However, a flat bottom causes a very high vertical movement with great accelerations, due to the slamming pressure of the waves over the hull. To decrease this impact, most speedboats have a V-shape bottom, cutting through the waves. The excessive V-shape value reduces the longitudinal stability of the hull, making it very uncomfortable and even hazardous. Generally, speedboats have a sharp entry close of the bow for a smooth vertical movement and becoming progressively flatter aft;creating an efficient surface that generates lift and has good longitudinal stability.

So, the lift acts mainly on the hull bottom, mostly at aft and permits to take off the boat achieving the planing condition. The planing condition reduces the static forces on the structure because there is less hull surface in the water. However, the main force that solicits the structure is the slamming of the waves, which is not constant through the time.

The slamming force is resulted from the impacts of the hull on waves and is called "slamming pressure" in Savitsky's works. As mentioned, slamming pressure depends of the V-shape angle, called deadrise angle and the velocity of the vessel. The slamming pressure is the main generator of stress in the bottom material, thus it determines the dimensions of the structural design.

Usually, the bottom is made out of single skin laminated. It means that it is exclusively made of layers of woven and loose fiberglass held together by epoxy resin. The sides are made out of sandwich structure. It is a polymeric foam core with

two slim fiberglass laminates on each side. The foam core reduces weight and still has shear stress resistance. This technique of construction is only used on the sides, given that this part of the vessel does not suffer much with hydrodynamic forces.

The structural grid is composed by frames and stiffeners. Both have about the same depth, making it hard to classify them as heavy girders or light stiffeners. Some parts of the structural grid have its depth slightly cut out to accommodate the vessel engine, equipment or even the deck. These components are manufactured as the bottom, but with smaller thickness: the layers of fiber glass are molded into foam parallelepipeds, forming an inverted U-shape, with the open side attached to the bottom. Lastly, the bulkheads are manufactured as the sides, but with slimmer laminates.

The construction or “lamination” of the hull is called “infusion”. This process starts with the setting of woven and loose fiberglass layers without the resin over the mold. Then, a plastic film covers the layers forming a wrapped hull. An air compressor is used to decrease the air pressure inside the wrap, resulting in a relative vacuum. The resin and a catalyst agent are mixed in a barrel and connected to the wrap by flexible ducts. The low pressure inside forces the yet liquid mix to spread throughout the layers until all the fiber is drenched in resin. The curing process of the resin is an exothermic reaction that heats up, which is monitored with a laser thermometer. The lamination of the vessel’s sides is made the same way, but in this case there is a foam core between two fiberglass laminates.

The last step is the construction of the frames and stiffeners. These are made in a more handcrafted manner: the builders put the foam molds on the hull’s bottom and then start interlaying fiberglass and the resin. After the curing, the hull achieves structural continuity thanks to the resin that bonds all the elements together.

The infusion method has some disadvantages over the handcrafted method: a long time of preparation, a big volume of resin and the necessity to use an air compressor. Despite all that, the quality of the outcome of this process is much higher due to the

lack of air bubbles in the material. The traditional method leaves some air pockets that decrease the resistance properties of the material.

After the lamination, the dimensions of the structural arrangement were measured. The main dimensions are the spacing and spans of the structural elements.

4. CASE: ANALISYS OF THE 42 FEET HULL

In this section is presented the results of the case analyzed. In the Table 1 are listed the main characteristics of the hull analyzed.

Table 1. Characteristic of the hull analyzed.

Characteristic	Symbol	Value
Length	L	12,4 m
Maximum speed	V	31 knots
Maximum breadth in water line	B_{wl2}	3,4 m
Displacement	Δ	15,5 ton

At this stage, the “DNV Rules for Classification of High Speed, Light Craft and Naval Surface Craft” were studied; specifically the chapters regarding the design loads (Part 3, Chap 1) and the structural design (Part 3, Chap 4). The methodology used was to apply the formulation proposed by (DNV, 2012) to calculate the loads along the length of the hull and calculate the dimensions of the structural elements.

To retrieve the geometrical information of the hull, the software Friendship was used. A 3D model of the 42 feet hull was modeled and analyzed. With this model, all the dimensions (lengths, breadths and angles) were measured. The operation conditions of the vessel, such as the draft, maximum speed and the material rupture tension was estimate based in the literature.

4.1 Vertical acceleration

The design loads analysis starts with the determination of the vertical acceleration along the length of the hull. The vertical acceleration is a result from the impact of the vessel on the sea waves, causing it to accelerate upwards for a short time. This impact's force is denominated as "slamming pressure" by the rules and other authors.

On Part 3, Chapter1, Section 2 of the rules there is formula B201. This formula gives the design vertical acceleration at the craft's center of gravity. It says that the vertical acceleration should not be taken less than:

$$a_{cg} = \frac{V}{\sqrt{L}} \frac{3.2}{L^{0.76}} f_g g_0 \quad (1)$$

Where acg is the vertical acceleration at center of gravity in m/s²; *V L* is a quotient used throughout the rules, being V the maximum operation speed in knots and L is the length at waterline in meters; fg is an acceleration factor depending on the type of vessel, being 1 for passenger vessels; g0 is the acceleration of gravity in m/s².

The equation B202 transports this acceleration to the other parts of the vessel:

$$a_v = k_v a_{cg} \quad (2)$$

Where av is the vertical acceleration along the length of the hull and kv is a factor given by a graphic in the rules that makes possible to calculate the acceleration on places other than the center of gravity.

The acceleration was calculated with Eq.(1) and applied on Eq.(2) using the maximum operational speed is 31 knots, length is 12.4 m and acceleration of gravity is 9.81 m/s². The results are shown in Figure 2.

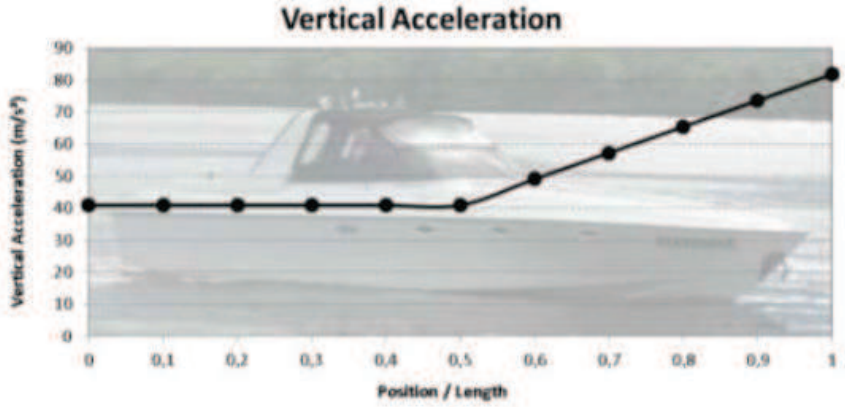


Figure 2. Vertical acceleration versus length

The horizontal axis of the graphics shown here represents the non-dimensional length of the vessel, being 0 the stern and 1 the bow. In this graphic there can be observed an amplification of the vertical acceleration at the bow.

The Section 2B also has important formulae regarding the significant wave height. There is an allowable operational speed given the significant wave height that the vessels bow is slamming on. The higher the wave, the slower the craft could to move overwater. The purpose is to reduce the risk of structural fail caused by impact.

Nowadays, some speedboats and yachts have a force gage at the vessel's bow that emits a sound warning if the speed is too high for the waves that the hull is facing.

There are two formulae relating velocity and wave height, each one for a different speed zone. The Eq.(3) if applied for $V/\sqrt{L} \geq 3$ and the Eq.(4) for the other cases:

$$a_{cg} = \frac{k_h g_o}{1650}\left(\frac{H_S}{B_{WL2}} + 0.084\right)(50 - \beta_{cg})\left(\frac{V}{\sqrt{L}}\right)^2 \frac{L \cdot B_{WL2}{}^2}{\Delta} \quad (3)$$

$$a_{cg} = 6\frac{H_S}{L}\left(0.85 + 0.35\frac{V}{\sqrt{L}}\right)g_o \quad (4)$$

Where: HS is the height of the significant wave in meters; βcg is the deadrise angle at the center of gravity; BWL2 is the waterline breadth at amidships in meters; Δ is the displacement in tons; kh is the hull type factor equal to 1 in monohulls.

Using the result of Eq.(1), a relation between the speed and wave height is achieved. The geometrical and operational information used was: BWL2 = 3.4 m; βcg = 19.3°; Δ = 15.5 ton.

The result for a 31 knot speed is a significant wave height of 0.78 m. For example, when the speed decreases to 15 knots, the same hull is allowed to make way through 1.91 m waves.

4.2 Design pressures

The only forces considerate in the analyze are described in Part 3, Chapter 1, Section 3 of the technical rules, that makes a clear statement that hull girder loads are not to be considered in vessels with L/D less than 12 and with length less than 50 m. That is the 42 feet hull case, so global stress is not taken in consideration. The rules state that, for these vessels, the “minimum strength standard is normally satisfied for scantlings obtained from local strength requirements”.

The design pressure for the bottom and side is the greater of the hydrostatic pressure, slamming pressure, or the fore end slamming pressure. The chapter makes possible to calculate all kinds of pressure and the greater one for the bottom is the slamming pressure, meanwhile the greater for the sides is the hydrostatic. There is a formula that gives equivalent hydrostatic pressure for plating above waterline. The slamming pressure is given also on Section 2, formula C201:

$$P_{sl} = 1.3\, k_l \left(\frac{\Delta}{nA} \right)^{0.3} T_o^{\,0.7} \frac{50 - \beta_x}{50 - \beta_{cg}} a_{cg} \qquad (5)$$

Where: Psl is the slamming pressure in kN/m²; n is the number of hulls, in this case, 1; A is the design load area, approximated by 0.1L * (local breadth); To is the draft at rest at amidships; βx is the local deadrise angle; kl is a longitudinal distribution factor given by the rule in a graphic. The entry data used was To = 0.85m. The angles and areas vary along the length.

The slamming pressure has intermediary intensity at the stern due to lower kl values. The logic is that the impact on the waves does not happen mostly at the stern. The bow has low intensity because of the sharp V-angle at this position, making the hull cut through the waves. This is represented by high deadrise values.

The intensity at amidships is high because that is where the hull suffer most impacts, due to its positive pitch during operation. The flatter surface also causes the pressure to be higher at this zone.

Concerning the design pressure for the sides, the rules also give formulae to calculate slamming and hydrostatic pressures. However, the hydrostatic pressure is higher than the slamming on the sides. For load points above waterline, there is an equation that gives an equivalent pressure on C501:

$$p = 10 h_0 + \left(k_s - 1.5 \frac{h_0}{T} \right) C_W \quad (6)$$

For load points below waterline:

$$p = a \cdot k_s (C_W - 0.67 h_0) \quad (7)$$

Where: p is the sea pressure in kN/m²; h0 is the distance from the chine to the waterline in meters, having a different values along the length; ks is a longitudinal distribution factor given by the rules; T is the draft in meters; CW is the wave coefficient calculated in other part of the rules; a is a factor, being 1 for the sides.

The entry data used was the one obtained by the 3D model and the pressure results were plotted in Fig. 3.

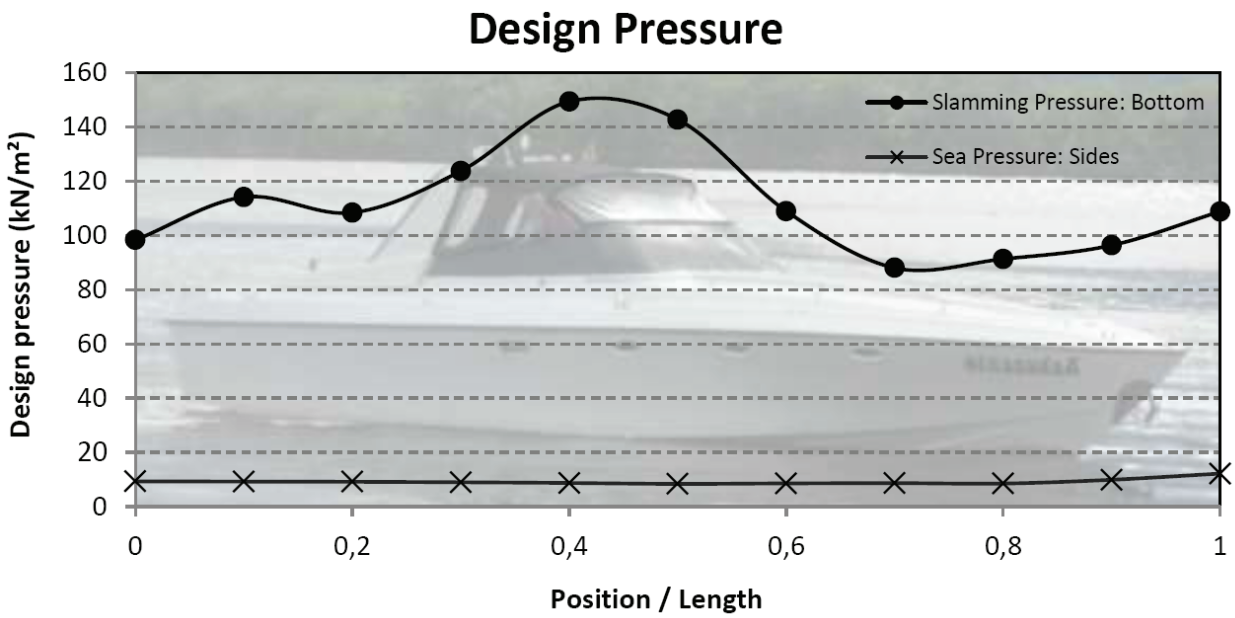


Figure 3. Design pressure on surfaces in function of the longitudinal position

4.3 Plating thickness

The design pressures calculated make possible to determine the hull's plating thickness. The formulae given in Part 3, Chapter 4, Section 6 is related to the single skin construction. This means that the plating does not have a core material different from the exterior material. These calculations demand the knowledge of the fiberglass plus resin properties. The information obtained is shown in Table 2:

Table 2. Material properties used in 42 feet hull's construction.

	Fiberglass	Epoxy resin
Rupture Stress	122.5 MPa	-
Density	2600 kg/m³	1300 kg/m³
Percentage in mass	50%	50%
Poisson's coefficient	0.3	-

Section 6 of this chapter contains formula C202 that relates the ultimate allowed stress with the plating thickness. The rules state that, for this kind of vessel, the ultimate stress is equal to 0.3 times the rupture stress, so the number used is 36.75 MPa.

$$\sigma = C_3 \cdot 1000 \frac{b^2}{t^2} p \tag{8}$$

Where: σ is the ultimate tensile stress; t is the thickness in mm; b is the width of the structural panel that was measured on the 42 feet hull, it varies along the length; p is the design local pressure calculated; C3 is a factor that concerns the panel edge condition given by the rules, in this case is used the “partial edge fixity”.

The equation was manipulated so the thickness is determined given the tensile stress and the width of the panels. The results were plotted in Fig. 4.

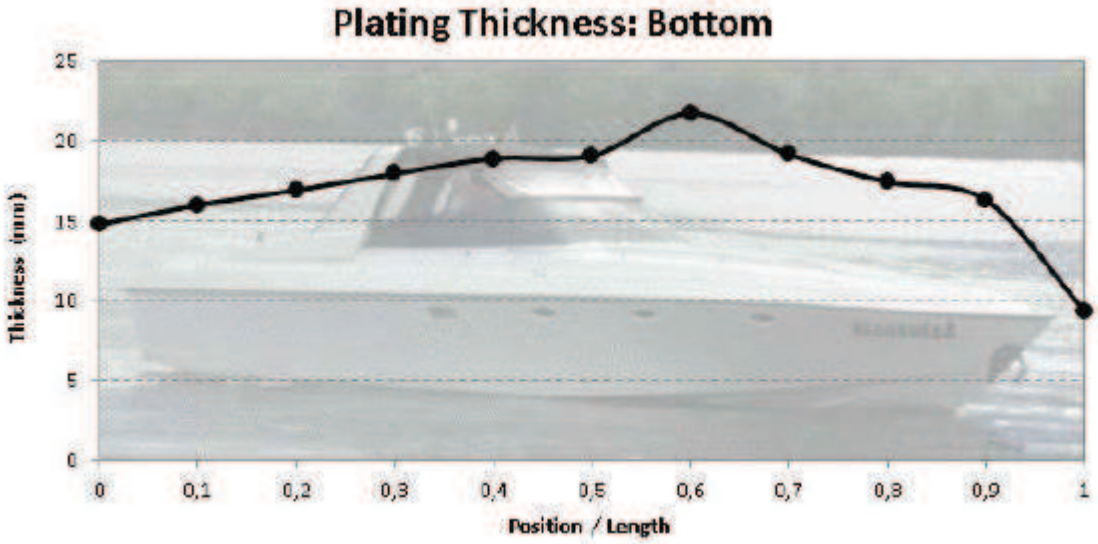


Figure 4. Bottom thickness in function of the longitudinal position

The required thickness is higher around amidships, since this area suffers most from the slamming pressure.

Section 5 of this chapter contains formulae to determine the sandwich panels thickness. Such type of structure is used on the sides of the hull. It requires the section modulus W, that is equal to d times t on simmetrical structures, being d the thickness of the core material and t the regular fiberglass plating thickness. The formula given is:

$$\sigma = \frac{160 p b^2}{W} C_N C_1 \tag{9}$$

Where CN and C1 are factors regarding panel edge condition. In this case, the number used is the one related to partial edge fixity. CN calculation depends on the Poisson's coefficient obtained from literature.

The equation was manipulated to relate tensile stress and thickness and the results are shown in Fig. 5. It is important to highlight that the thickness showed in Fig. 5 is of just one side. The sandwich structure is made of two plating.

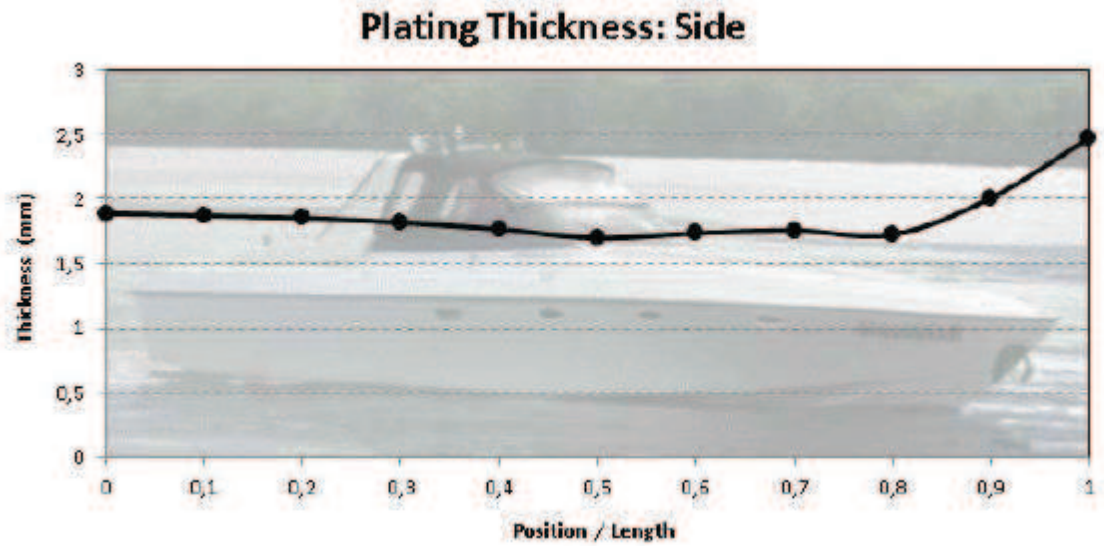


Figure 5. Side plating thickness in function of the longitudinal position

4.4 Stiffeners and frames dimensions

The last components of the structural design are the frames and stiffeners. These are beam elements allocated at the bottom of the hull. The sides don't have stiffening elements. In the original design there are 9 frames in the 42 feet hull and the section of these elements has an inverted U-shape, with its opening attached to the bottom. The rules do not give formulae that give the dimensions right away. On Part 3, Chapter 4, Section 7 there are formulae that makes possible to calculate a required section modulus. So, with the help of the spreadsheet, the dimensions are acquired given the thickness of the stiffeners plating. A catalog of stiffeners sections was made so the spreadsheet could look up the modulus that most approximates the required. Firstly, the bending moment to the members subjected to pressure loads must be
calculated by formula given in B201:

$$M = \frac{pbl^2}{c_1} \tag{10}$$

Where: b is the load area, meaning the spacing between frames or stiffeners; l is the beam's span; c1 is a factor related to the analysis on the ends or mid-span of the beam. The analysis is made at the ends, where c1=12.

The next step is the determination of the required section modulus. The formula is at B601 in this same chapter. The tensile stress present in the equation is the ultimate allowed stress, already calculated for the determination of plating thickness.

The section modulus Z is determined by:

$$Z = \frac{M}{\sigma} \tag{11}$$

All stiffeners sections on the catalog have their area moment of inertia calculated given a specific thickness. A thickness of 15mm was chosen, because it is close to the bottom thickness average. The area moment divided by the height of the neutral axis gives the calculated section modulus. The results are shown on Fig. 6 and 7.

As noticed, the larger stiffeners are the ones at amidships, where the slamming pressure is higher.

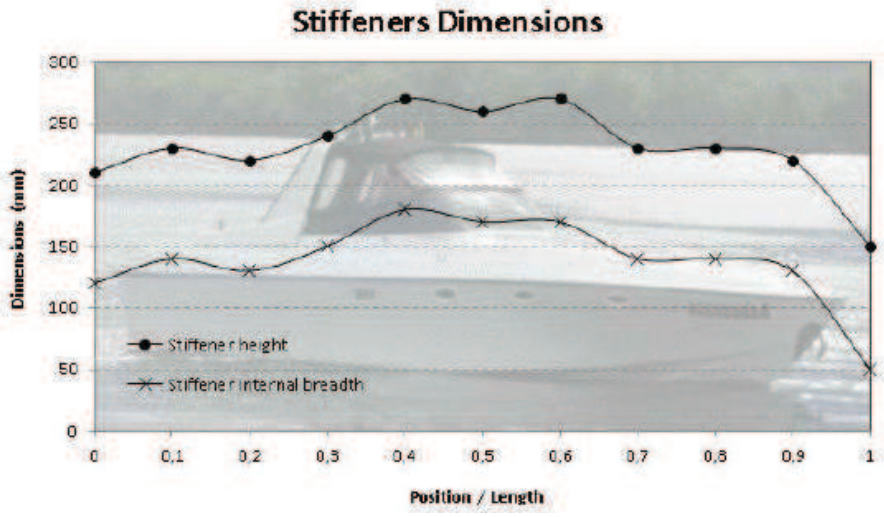


Figure 6. Longitudinal stiffener dimensions in function of the longitudinal position

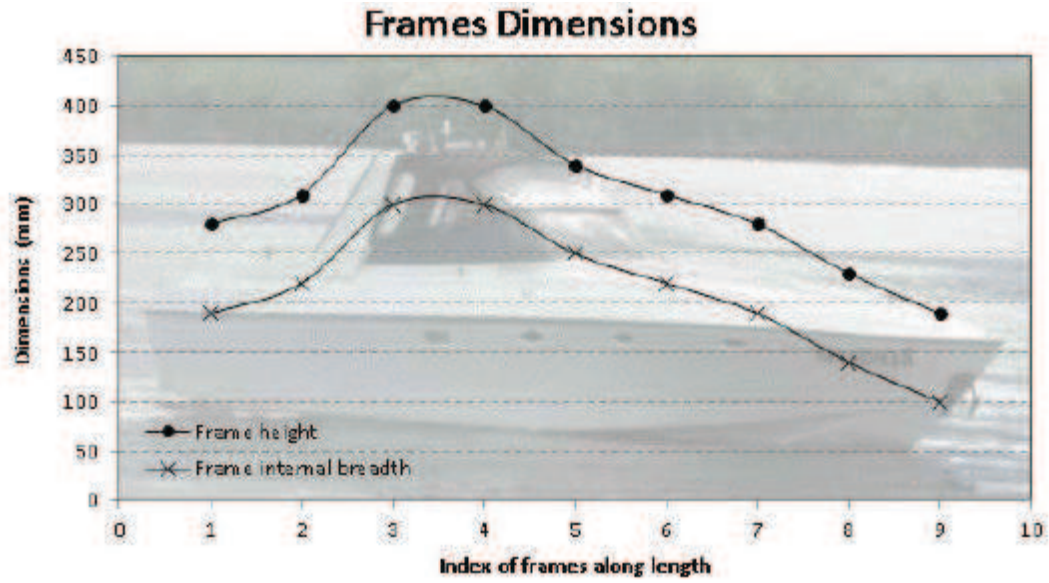


Figure 7. Dimensions of the frames versus frame position.

5. OPTIMIZATION OF STRUCTURAL DESIGN

The main structural design variables are the distances between frames and stiffeners. It was considered 9 frames and 4 stiffeners and it is important to highlight that the length of the last panel is a dependent variable that result of the subtraction of sum of all panels (including the stiffeners' thickness) from the ship's dimension.

The original structural arrangement of the 42 feet hull analyzed is shown in Fig. 8.

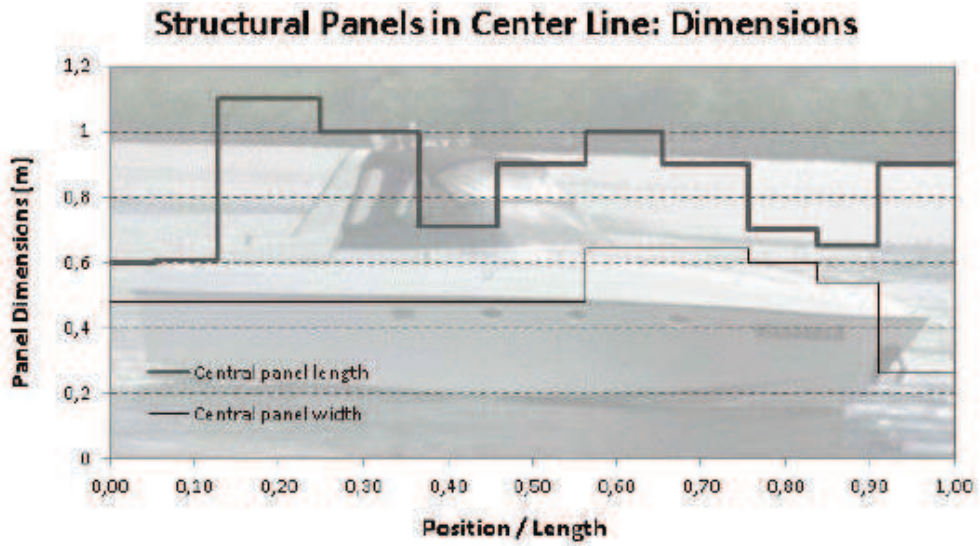


Figure 8. The original structural arrangement of panels in center line of 42 feet hull

With all the dimensions of structural design calculated and with the geometrical information of the hull, an estimation of mass and VCG (Vertical center of gravity) position is possible. The dimensions are used to calculate the volume along the vessel's length. With the specific mass of the material is possible to calculate the structural mass along the length. The VCG position estimate was made with the locals deadrise angles. The VCG position was estimated on each subdivision of the hull and then a weighted average was made to estimate the VCG position of the entire vessel.

The structural mass of the case analyzed was estimated in 2225 kg. The information of the literature said that the plain hull, without engine, decks and accommodations weights about 2 tons. So, the estimate gets close to the real value.

The VCG position estimate was 0.49 m from the keel line. A comparison with reality was not possible because there is no information available in the literature.

5.1 Optimization

Firstly, it was done a correlation study between mass and VCG position with the panel lengths. The algorithm used was the Sobol. The difference between Random and Sobol algorithms is that the latter tries to achieve a wide spread of design variables.

Each design arrangement propose by Sobol algorithm is evaluate by the model propose and the results are used in correlation study. Since the panels length are being analyzed, the restriction was that the sum of panel lengths can't be too far from the original 42 feet.

The VCG position has a higher positive correlation with the panels at the bow, the ones that have a sharp deadrise angle. This happens because the higher the angle, logically, the higher the center of gravity. Flatter panels have almost no correlation.

The structural mass has a higher negative correlation with the bow's panel length. Since this panel is not subjected to such high pressures, its thickness is low. So, larger and thinner panels result in a lighter hull.

After this study, the mass and VCG position were correlated with the breadth of the panels. The restriction was not to generate panel breadths too far from the original.

The mass analysis is the same with the panel breadth. On higher pressure areas, panels are thicker. So, wider panels means higher mass. The VCG decreases with the widening of panels that suffer more from slamming pressure. That happens because the deadrise angle decreases with the widening, also decreasing the VCG position.

Lastly, a NSGA2 optimization algorithm was applied to the model, searching the optimum structural arrangement with low structural mass. It was used 100 generations with 40 individuals in each generation. In Fig. 9 are shown the results of the original design and the optimized design.

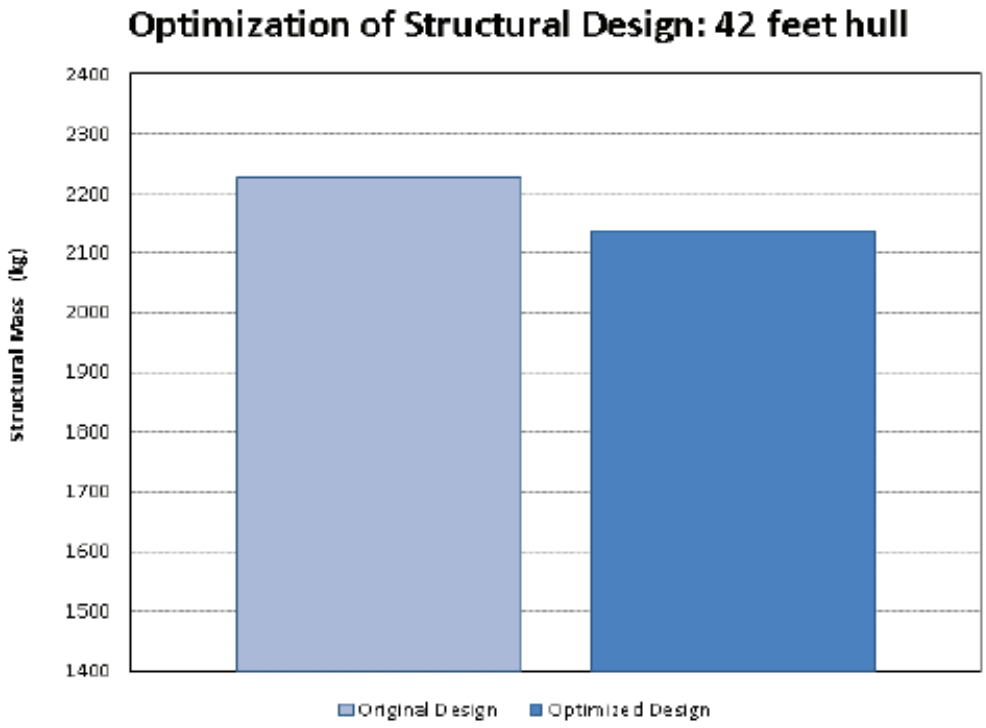


Figure 9. Optimization results: structural mass minimization

The comparison between the structural design variables of the optimized solution and original solution are shown in Fig. 10 and 11. In the figures are shown the dimensions of the structural panels of the center line of the hull.

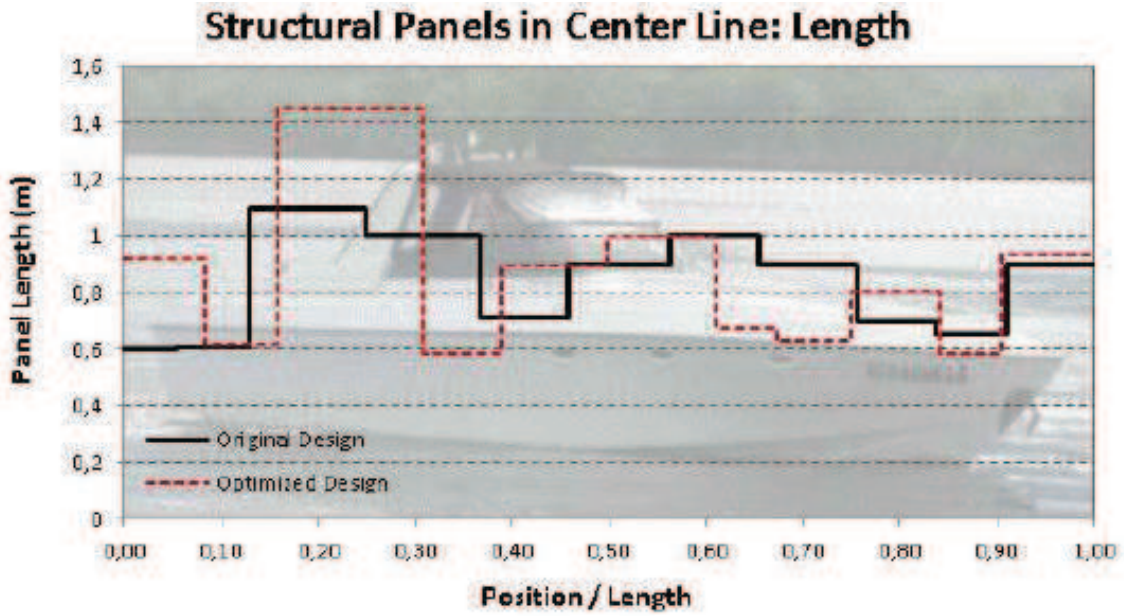


Figure 10. Original and optimized design comparison: central panels length

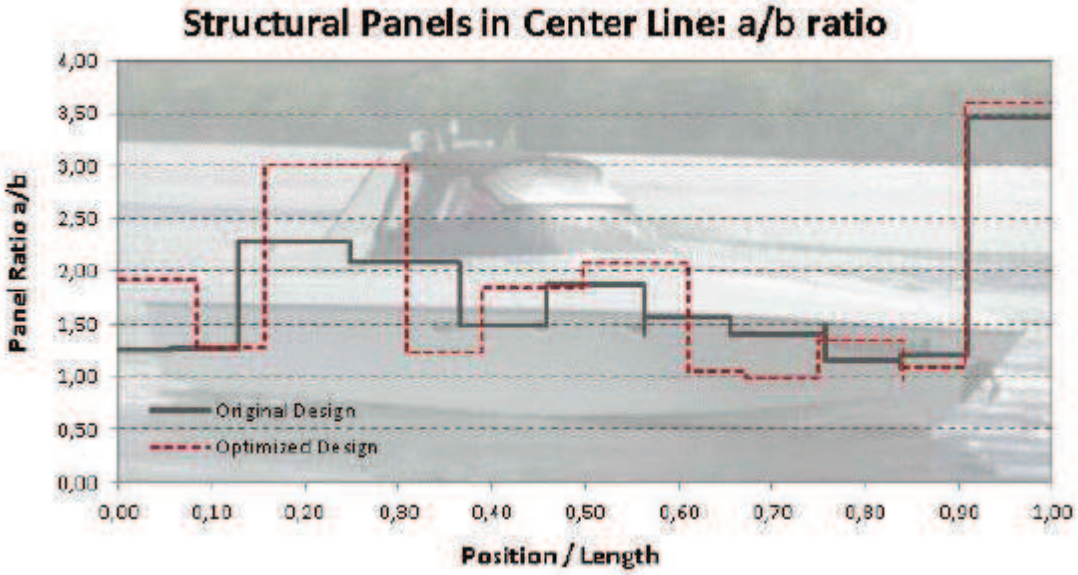


Figure 11. Original and optimized design comparison: central panels ratio

6. CONCLUSION

It is presented in this paper a study of structural design of high speed boats built in composite material and the model proposed has a satisfyingly accurate estimate of the mass and VCG.
Also, a statistic study was done to evaluate the influence of the structural arrangement in the structural mass and in the VCG position. The VCG position and structural mass have a higher positive correlation with the bow's panel length and breadth. The flatter panels length have almost no correlation with VCG.

The optimization process resulted in a structural arrangement that satisfies the classification rule with almost 7% less mass than the original structural arrangement.

This weight reduction will eventually represent a gain in maximum speed, which is the more important characteristic of a high speed boat.

7. ACKNOWLEDGEMENTS

Thanks to the Vellroy Yards shipyard in Brazil Ltda for their support during the development of the work, and whose results were presented in this paper and the *Agência Nacional do Petróleo* (ANP), *Financiadora de Estudos e Projetos* (FINEP), *Ministério da Ciência e Tecnologia* (MCT) - PRH-ANP/MCT for the promotion of this work.

8. REFERENCES

DNV. "DNV Rules for Classification of High Speed, Light Craft and Naval Surface Craft", Avaible in <http://exchange.dnv.com/publishing/RulesHSLC/RulesHSLC.asp> acessed in 15 May 2012.

García, E. M., "Monitoreo de salud estructural en embarcacion naval "orca" de Material compuesto laminado, sometida a cargas generadas por Olas.<Structural

health monitoring (shm) of composites naval Structures under real sea loads>". Universidad Tecnológica de Bolívar – UTB Cartagena de Indias, Colombia, 2010.

Guilmour, T. H. "Comparative Structural Requirements For High Speed Crafts". Ship Structure Committee, 2005

Hughes, O. F. Ship Structural Design. New York : John Wiley & Sons, 1983

Nakanishi, H. C. ; Palhares, F. L. ; Andrade, B. L. R. ; Tancredi, T. P., "Procedimento De Otimização Aplicado Ao Projeto de Embarcações De Planeio". In: 24º Congresso Nacional De Transporte Aquaviário, Construção Naval E Offshore, Rio De Janeiro. Sobena 2012, 2012.

Savitsky,D., "Hydrodynamic Design of Planning Hulls". Marine Technology, 1964.

Stone,K.F., "Comparative Structural Requirements for High Speed Craft". National Technical Information Service. U.S. Department of Commerce, 2005

Aplicação de fotogrametria para o levantamento das características geométricas do casco de embarcações de planeio

Carla Regina De Oliveira Teodoro
carla.teodoro@usp.br
Camille Lucie Leducq
camilleleducq@gmail.com
Bernardo Luis Rodrigues de Andrade
beluroan@usp.br
Lucas Favero Silvestre
lucasfasil@gmail.com
Rafael Ide Hashiba
rafaelhashiba@gmail.com
Thiago Pontin Tancredi
thiago.tancredi@poli.usp.br
Laboratório de Otimização e Projeto Integrado
Universidade de São Paulo
São Paulo, Brasil

RESUMO

Apresenta-se neste artigo o processo de fotogrametria e a modelagem computacional da superfície de dois cascos de embarcações de planeio, discutindo-se as técnicas aplicadas e os resultados obtidos. Os resultados preliminares indicam que a metodologia aqui descrita pode ser utilizada na determinação do plano de linhas de qualquer embarcação, independente do tamanho ou aplicação; podendo inclusive ser utilizada na verificação das especificações de projeto após a construção.

1. INTRODUÇÃO

No primeiro semestre de 2013, a Universidade de São Paulo obteve a doação de dois cascos de planeio de 17 e 26 pés para serem transformados em laboratórios de pesquisa sobre embarcações de planeio. Ambos os cascos não possuem documentação sobre suas características geométricas e de desempenho. A ausencia do plano de linhas ou modelo computacional de ambos os cascos foi o principal motivador para este trabalho.

A ausência de um modelo computacional ou plano de linhas pode ocorrer em função de diversos fatores: cascos históricos, cascos artesanais, cascos sem documentação, entre outros.

O conhecimento do plano de linhas é importante para a determinação das propriedades hidrostáticas e hidrodinâmicas da embarcação e é de interesse da universidade, agora detentora dos cascos, que tais propriedades sejam determinadas e analisadas com precisão. Para tal, foi utilizada a técnica de fotogrametria a fim de construir um modelo tridimensional de cada casco. Posteriormente, os cascos serão analisados computacionalmente e suas propriedades determinadas.

Neste artigo apresenta-se o levantamento das informações geométricas em um trabalho semelhante a aquele proposto por Ljubenkov (2010), Menna (2009 e 2010), mas, no entanto aplicado a cascos de menor porte e alto desempenho.

A metodologia aplicada deve permitir a elaboração de um modelo computacional que seja o mais preciso possível, permitindo a fabricação de modelos em escala reduzida e a aplicação de métodos de avaliação de desempenho como proposto por Nakanishi (2011). Outra aplicação da metodologia proposta é a verificação da adequação do processo de fabricação em relação às características de projeto.

Levantamento da geometria por fotogrametria

A geometria, em particular da parte do casco que corresponde às obras vivas e às regiões de *spray*, deve ser levantada com a maior precisão possível, pois esas regiões são diretamente responsáveis pelas propriedades hidrodinâmicas da lancha. Da precisão no levantamento da geometria vai depender a qualidade dos resultados dos modelos de avaliação de desempenho empregados.

Por outro lado, alguns o método de avaliação de desempenho, como aquele proposto por Nakanishi (2011) utiliza apenas as linhas de quilha, quinas e deque, e a distribuição do ângulo de *deadrise* ao longo do comprimento da embarcação para criar um modelo CAD parametrizado. Portanto, deve-se ter um cuidado no processo de fotogrametria para estabelecer corretamente essas linhas.

Para poder efetuar o levantamento preciso dos elementos de geometria acima mencionados, decidiu-se usar o processo de fotogrametria.

A fotogrametria é uma técnica que usa imagens fotográficas com padrões prédeterminados para a obtenção de informações detalhadas de objetos ou do meio ambiente. A partir do posicionamento relativo de pontos é capaz de calcular distâncias, ângulos, volumes, elevações, tamanhos e formas de objetos.

A principal aplicação da fotogrametria foi durante muito tempo a cartografia. Atualmente, o desenvolvimento tecnológico nas últimas décadas abrangeu o seu uso no domínio industrial para modelar ambientes de fábricas e peças complexas.

Modelagem

Como a técnica de fotogrametria, a realização dos modelos em CAD é esencial para a correta reprodução da geometria dos cascos. Precisa-se, a partir das informações levantadas no processo de fotogrametria, criar a superfície do casco para que um grupo de balizas possa ser determinado e, a partir dele, as propriedades dos cascos possam ser calculadas.

Para o presente estudo o programa de CAD utilizado foi o *Friendship-Framework*. Uma vez importadas as informações para o *software*, os cascos foram alinhados com os eixos e a escala adaptada.

As linhas e balizas angulares utilizadas no método de Nakanishi (2011) foram criadas para, a partir delas, serem geradas as superfícies usando o conceito de "Meta Surface". Outra metodologia de criação de superfícies utilizada foi a "Loft Surface". Enfim, os perfis de *spray rails* foram adicionados às superfícies. As diferenças entre as geometrias assim geradas são discutidas e as geometrias criadas são comparadas com as geometrias originais dos cascos.

2. ESTUDO DE CASO: EMBARCAÇÕES DE PLANEIO

Os dois cascos estudados são de lanchas de planeio de médio porte com 17 e 26 pés. Os dois cascos apresentam geometrias similares com dois conjuntos de *spray rails* no fundo. As figuras a seguir apresentam a geometria dos ambos os cascos.



Figura 1: Casco de 26 pés: região da popa



Figura 2: Casco de 26 pés: costado



Figura 3: Casco de 26 pés durante o transporte



Figura 4: Casco de 26 pés: região da proa



Figura 5: Casco de 17 pés: região da popa



Figura 6: Casco de 17 pés: região do costado

3. FOTOGRAMETRIA

A fotogrametria é definida pela (ASPRS) como "*a arte, ciência e tecnologia de obtenção de informações confiáveis sobre objetos físicos e sobre o ambiente, através do processo de registro, medição e interpretação de imagens*" (ASPRS, 2012).

Os trabalhos de MARTINS (2013) e RIBEIRO (2001) descrevem o proceso geral de fotogrametria que, em linhas gerais, é baseada na visão humana em três dimensões por observação estereoscópica.

Quando a determinação das coordenadas de pontos no espaço é feita a partir de fotografias, vários elementos devem ser determinados, os quais são divididos em três grupos. O primeiro é chamado de orientação exterior: é a localização da câmera no espaço e sua direção de observação. O segundo é a orientação interior, ou seja, os parâmetros geométricos do processo de fotografia. A principal informação desse grupo é a distância focal da lente, mas podem-se incluir também as características das deformações devidas à imperfeição da lente. O último grupo refere-se a

informações adicionais, é geralmente constituído de barras de escala que permitem conhecer a distância entre dois pontos fixos.

Pode ser demonstrado que para um "par estereoscópico" são necessárias as coordenadas de seis pontos fixos para obter uma visão fiel da realidade. Todavia, quando muitas fotografias estão disponíveis, processos de cálculo conhecidos com "triangulação" permitem diminuir o número de pontos necessários. Existem dois grandes grupos de equações para isso: as de colinearidade e as de coplanaridade.

Para fotogrametria digital, utiliza-se principalmente a coplanaridade para determinar a orientação exterior do sistema, ou seja, a posição e a inclinação da câmera para cada foto.

Para obtenção dos modelos dos cascos, foi utilizado o sistema TRIPTOP para aquisição exata de coordenadas 3D de pontos colados na superfície dos cascos. Os elementos do sistema de fotogrametria utilizado são:

- ***Flash*** com a finalidade de aperfeiçoar a percepção de contrastes no objeto. O TRITOP determina as coordenadas dos pontos ou das extremidades de linhas utilizando contrastes. Portanto, é importante que esses sejam bem determinados, utilizando boas condições de iluminação e uma configuração adequada da câmera (sensibilidade ISO e tempo de abertura).
- **Pontos de referência codificados** possuem seus próprios números de ID para gerar o sistema de imagens automaticamente. Esses pontos de referência codificados garantem que uma imagem possa ser avaliada e permite o cálculo automático das posições da câmera. Na gravação de uma imagem, o objetivo é visualizar o maior número de pontos de referência a fim de conseguir uma medição de alta precisão. Os pontos de referência visíveis em uma imagem devem ter relação com os anteriores. Desta maneira, é possível realizar o processo de "união" das imagens com diferentes tomadas de diferentes ângulos, tornando possível a relação entre os pontos.
- Existem grupos de pontos codificados que se apresentam sob a forma de **cruz**, e outros **individuais**. Um desses conjuntos é a cruz "XY", que define a

referência do sistema de coordenadas 3D. Ela precisa ser identificada, e a partir dela serão identificadas as outras cruzes e conjuntos de pontos codificados e não codificados;

- **Pontos de referência não codificados**: eles são usados para determinar as coordenadas 3D e são identificados automaticamente pelo TRITOP. Eles se apresentam sob a forma de círculos pretos cujo centro é branco. O tamaño dos pontos de referência não codificados deve ser adaptado à resolução da câmera e ao comprimento do objeto medido;
- **Réguas** (barras de escala) certificadas. Essas barras, de comprimento conhecido com grande precisão, são utilizadas como base de comparação para inferência da escala dos objetos fotografados.

Preparação do processo de fotogrametria

O objeto a ser medido deve estar limpo e se encontrar em um lugar com boas condições de iluminação. A luz deve ser suficiente, com intensidade constante, pois o processo de cálculo está baseado na estimativa dos contrastes luminosos. O objeto deve ficar totalmente imóvel durante a captura das imagens. Por todas essas razões aconselha-se, se possível, realizar as fotografias em um local abrigado.

As etapas para a preparação do objeto são:

- Disposição dos pontos de referência para determinar as posições do sistema 3D. Fitas ou marcas de caneta também podem ser usadas para determinação de linhas;
- Posicionamento dos pontos codificados e das cruzes (para cálculo da posição da câmera). Primeiro se escolhe o lugar para a cruz de referência do sistema de coordenadas. Em seguida, as outras cruzes podem ser posicionadas de tal forma que seja possível tirar várias fotos em diversos ângulos, ligando as cruzes (ou os conjuntos de pontos codificados). O número necessário de pontos codificados é de pelo menos 5 pontos codificados em cada foto para determinação das coordenadas dos pontos

não codificados. As cruzes precisam também se encontrar num plano próximo ao plano dos pontos não codificados próximos a ela;

- Posicionamento das barras de escalas. Elas não devem ficar muito próximas para permitir o cálculo das dimensões principais do objeto medido;
- Preparação da câmera e do *flash*.

Captura das imagens e processamento pelo *software*

A ordem de tomada das fotos é importante para que o programa possa interpretá-las de forma adequada. Em primeiro lugar, calibra-se a cruz de referência, capturando-a em diversas fotos, em vários ângulos (tipicamente, 0°, 90°, 180° e 270°).

Depois, faz-se a "união" com a próxima cruz codificada (ou com primeiro conjunto de pelo menos 5 alvos codificados) retirando pelo menos 3 fotos contendo as duas cruzes com posições e ângulos diferentes. A nova cruz identificada pode então ser "unida" à próxima por meio de uma foto que contenha ambas as cruzes, e assim por diante. Em seguida, ligam-se as duas réguas à ao menos um desses grupos de pontos codificados.

Uma vez que o programa reconheceu a cruz de referência, os demais pontos codificados e as réguas; podem-se realizar outras fotografias para identificação dos pontos não codificados. Novamente, cada ponto não codificado deve estar presente com um conjunto de cinco ou mais pontos codificados em pelos menos três fotos com posições e ângulos diferentes. O processo é idêntico a quando são utilizadas fitas.

Em posse das fotos, cria-se um novo projeto no *software* TRITOP, no qual são definidas as características da câmera, réguas e pontos codificados. As imagens são processadas para o cálculo das coordenadas 3D através dos pontos de referência. Por fim verifica-se o resultado, acrescentando novas imagens, se preciso.

4. CAPTURA DOS CASCOS ESTUDADOS

Os adesivos foram posicionados nos pontos de interesse. No caso dos cascos em estudo, eles foram dispostos para formar secções. Esse é um método comum para caracterizar a geometria de cascos.

Foram também colocadas nos cascos fitas isolantes na vertical, com a intenção de que linhas pudessem ser posteriormente feitas, visando complementar as seções verticais formadas pelos pontos.

Assim, foram criadas 13 seções com, aproximadamente, 17 pontos por secção; além de 13 seções com fita isolante, espaçadas de 40 cm em média. Para uma boa medição de certas curvaturas e detalhes importantes (como as linhas de *chine*, ou “arestas vivas”), também foram usadas fitas isolantes (Figura 7).



Figura 7: Preparação do casco de 17 pés

Uma das barras de escala foi posicionada embaixo do casco no sentido longitudinal e a outra na popa (Figura 8), onde também foi colocada a cruz de referencia e um grupo de 5 codificados. Ao longo do costado, 4 cruzes de codificados foram fixadas e na parte mais baixa do casco mais 5 agrupamentos de 5 codificados foram

colocados. O espaçamento entre codificados foi escolhido de modo a permitir a "união" computacional entre eles. Finalmente, foram usados mais 5 pontos codificados no ângulo entre a popa e o costado para assegurar a continuidade entre os dois grupos de referências.



Figura 8: Posicionamento da cruz de referência e da barra de escala

A sessão de fotos começou pela popa do casco (calibrando a cruz de referência), depois foi percorrido o costado da popa até a proa e finalmente o fundo desde a proa voltando para a popa.

Como também pode ser observado na Figura 18, apenas um dos lados do casco foi fotografado. Isso porque, partindo da hipótese de simetria do casco, será possível obter a totalidade da superfície realizando um espelhamento do mesmo quando for feita a exportação dos dados para o *software* CAD. O resultado do processo de fotogrametria para o casco de 17 pés é mostrado a seguir.

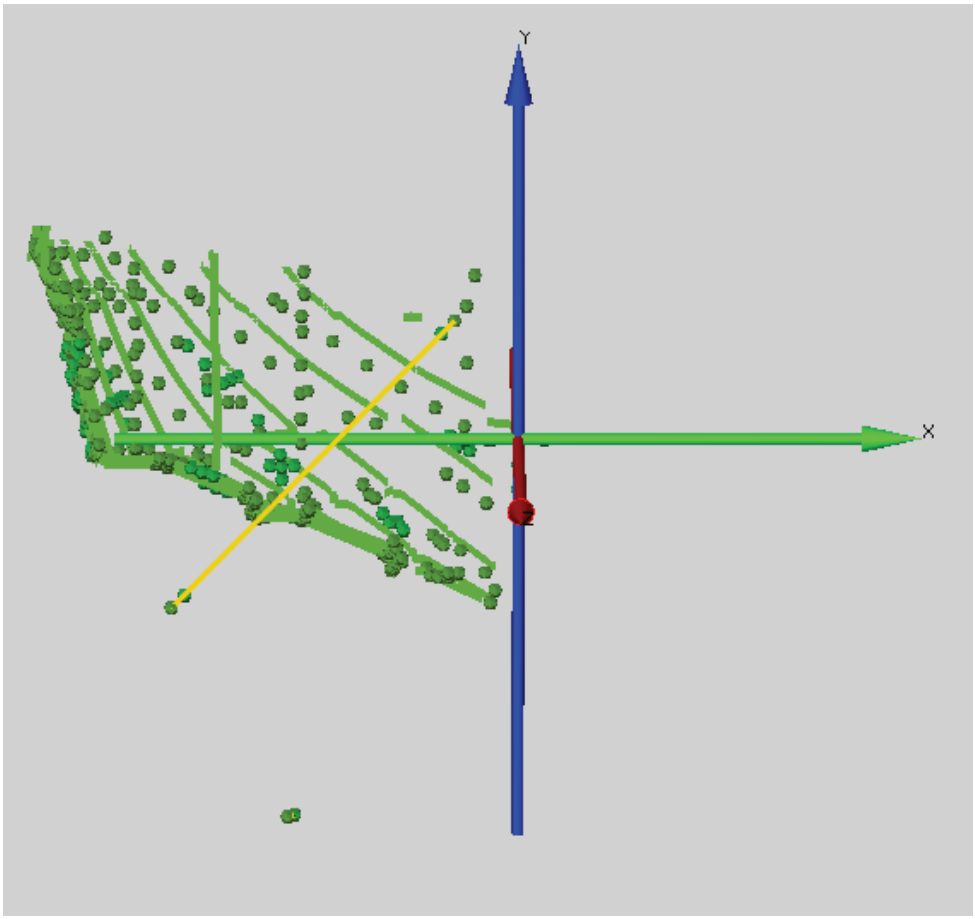


Figura 9: Fotogrametria do casco de 17 pés (vista frontal)

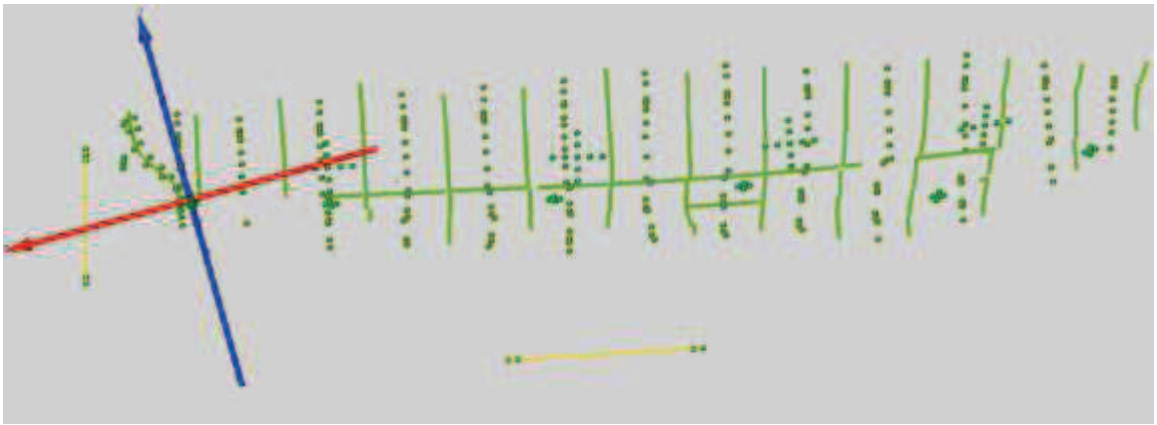


Figura 10: Fotogrametria do casco de 17 pés (vista lateral)

Análogo ao casco de 17 pés, também foram utilizados dois dias para a fotogrametria do casco de 26 pés. No primeiro dia houve apenas a preparação da superfície e, no segundo, houve a sessão de fotos.

Utilizando o mesmo método do que para o primeiro casco, foram desenhadas 20 seções com fitas isolantes e 20 linhas de pontos, cumulando 680 pontos. O espaçamento entre duas seções foi de 40 cm aproximadamente. Uma das barras de escala foi posicionada na popa, junto com a cruz de referência, e a outra foi deixa na vertical, próxima ao costado. Foram utilizadas 6 cruzes codificadas e 10 conjuntos de pontos codificados.

Foram usados muitos pontos codificados e, portanto, para a "união" de todos eles, foi feito um cuidadoso sequenciamento das fotos. Começando pelo eixo de referência na popa, a sessão prosseguiu pela lateral; chegando à proa, foi feita a "união" com os pontos mais próximos à quilha; captados os primeiros pontos do fundo, os outros foram sendo captados até o retorno à popa.

Houve um problema com um dos conjuntos de pontos codificados do fundo e, por isso, foi necessária a inclusão de um novo conjunto próximo ao casco. Para evitar a movimentação da superfície, foi disposta uma cadeira com a cruz de referência.

Captadas todas as referências, foram realizadas mais fotos para inclusão dos pontos não codificados, completando a fotogrametria.

5. TRATAMENTO DOS DADOS E MODELAGEM EM CAD

A fotogrametria dos dois cacos permitiu obter as coordenadas 3D de um grande número de pontos não codificados para ambos os cascos. Em adição, procurou-se obter as linhas que permitem determinar com mais precisão as curvaturas mais acentuadas e complexas da geometria dos cascos, tais como as linhas da quilha, das quinas, da popa e dos *spray rails*.



Figura 11: Preparação do casco de 26 pés

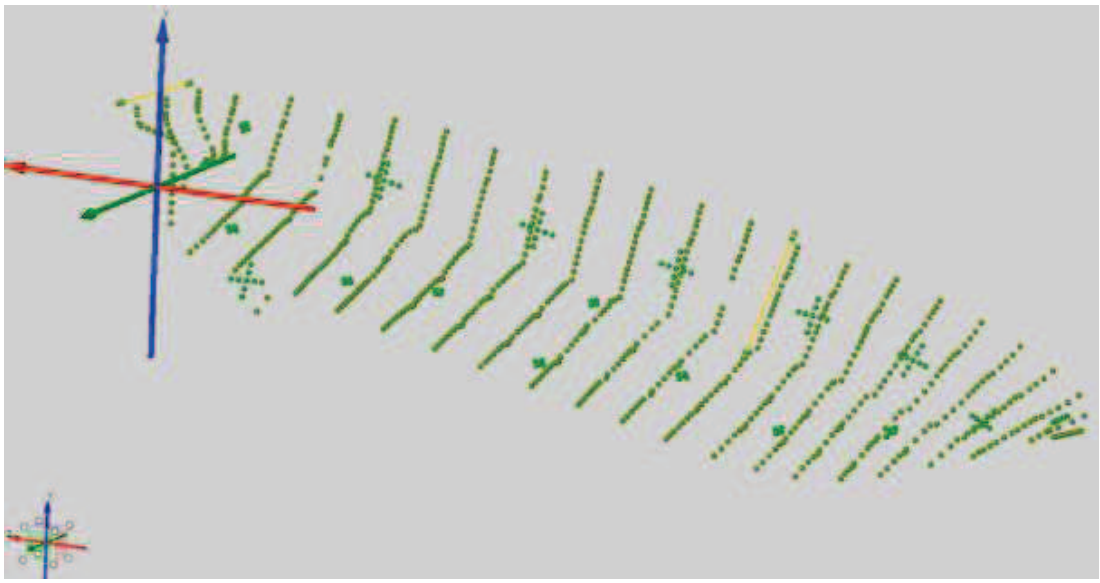


Figura 12: Casco de 26 pés gerado pela fotogrametria

Essas linhas podem ser calculadas por meio da medição do contraste entre o branco do casco e o preto da fita isolante utilizada. Portanto, a precisão e a identificação dessas linhas dependem da qualidade das fotos processadas, da geometria do elemento e das condições de luz.

Para a fotogrametria do casco de 17 pés, essas condições não se mostraram ideais. Pelo fato do casco não estar muito elevado, as fotos da parte baixa do casco ficaram mais escuras e, em alguns trechos, o *software* não conseguiu informações suficientes sobre o contraste para poder identificar as linhas de fita, o que dificultou a obtenção da geometria no *software* CAD. Em particular, em regiões que apresentam altas mudanças angulares esse processo foi mais complicado e alguns trechos de fitas não puderam ser identificados. Para o casco de 26 pés, a melhor iluminação permitiu obter um modelo mais completo e preciso.

6. GERAÇÃO DOS MODELOS

Esta secção descreve o procedimento de geração o modelo do casco de 26 pés. O método utilizado para o casco de 17 pés é similar, e as eventuais diferença serão detalhadas adiante.

Nesse projeto, criou-se a superfície dos cascos a partir dos pontos e linhas importados do programa TRITOP. Portanto, o modelo criado não é paramétrico, mas sim baseado em pontos e curvas reais e outros extrapolados. A partir das informações disponíveis, foram criados pontos pertencentes às principais curvas de interesse dos cascos, que são as linhas do deque, da quilha, das quinas e dos *spray rails*. Como alguns desses pontos não pertenciam exatamente a essas linhas, utilizou-se a chamada “C-Spline Curve”.

Dos diversos recursos disponíveis para geração de superfícies, dois, em particular, se mostraram bastante adequados para o presente projeto: a “Lofted Surface” e a “Meta Surface”. A “Lofted Surface” é uma superfície que passa por duas ou mais curvas quaisquer. Já a “Meta Surface” é um tipo de superfície mais flexível, pois permite a definição de como cada seção deve ser traçada. Por fim, para unir superficies preservando os contornos e curvaturas de interesse, pode ser usada a “Filled Surface”

Mudança de escalas

A primeira transformação realizada sobre os dados obtidos por fotogrametria foi a mudança de escala. Estando calculadas em milímetros, a ordem de grandeza das coordenadas era de 103, o que atrasava o processando. Os dados foram escalonados para que o modelo possuísse a dimensão correta em metros.

Sistema de coordenadas

Em seguida, foi necessário verificar o alinhamento dos dados em relação ao sistema de eixos, os quais foram alinhados em função do espelho plano de popa.

Primeiramente, para verificar se a superfície era de fato plana, foi feita uma varredura calculando as componentes do vetor normal em diversos pontos da superfície. Deste modo foi possível verificar que a variação era da ordem de décimos de milímetro, portanto, a superfície foi considerada plana.

O casco foi então alinhado de modo a deixar a quillha na direção do eixo X positivo, a boca no eixo Y e o pontal no eixo Z, que é a configuração usualmente empregada na modelagem de navios.

Principais linhas do casco

Como próxima etapa, procurou-se determinar as principais linhas que determinam a superfície do casco: a linha do deque, a quilha, a quina principal e a secundária e as linhas dos *spray rails*, que são representadas na figura abaixo.

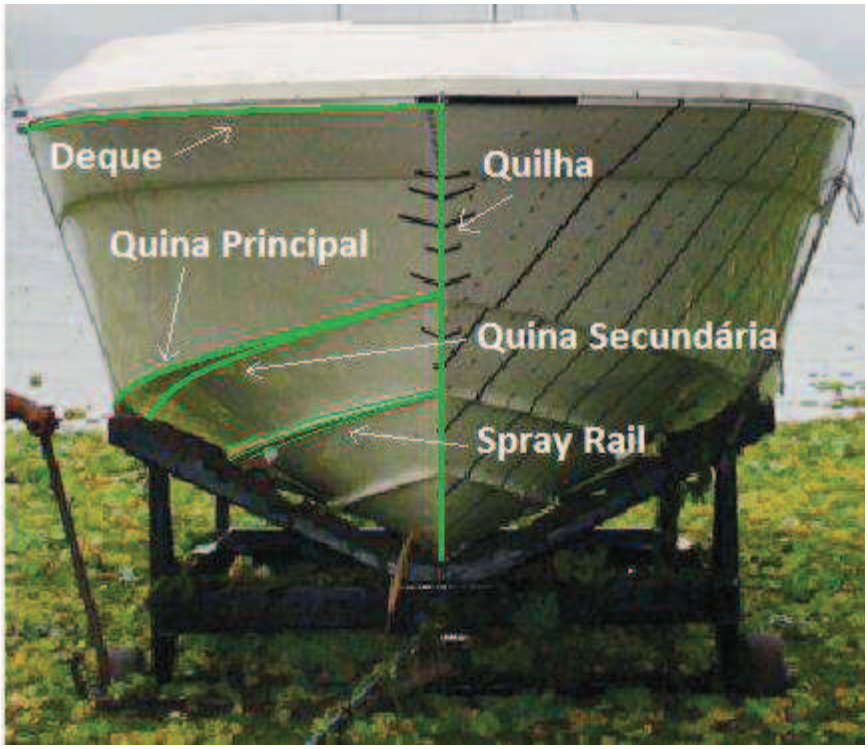


Figura 13: Localização das principais linhas no casco

Quilha

Localizando os pontos de mínimo Y das curvas marcadas com fita isolante foi possível traçar a quilha. Alguns desses pontos não correspondem de fato a um ponto da quilha, mas ao último ponto da linha de fita disponível. Todavia eles fornecem alguma informação e devem ser considerados.

Para representar a quilha foi utilizada uma curva “C-Spline” com o grau e com o número de pontos de controle desejados. Como havia muitos pontos “guias“ não pertencentes de fato à quilha, optou-se por usar grau 3 com 10 pontos de controle, garantindo assim um equilíbrio entre suavidade e a precisão da curva (Figura 14).

Ao contrário do esperado, observou-se que a quilha não está alinhada com o eixo Z. Assim sendo, foi usada a ferramenta para calcular em quantos graus a quilha, e consequentemente o casco, deveria ser girada (Figura 15). Encontrado o ângulo que minimizasse a diferença de coordenada em X, todos os pontos e curvas foram girados.

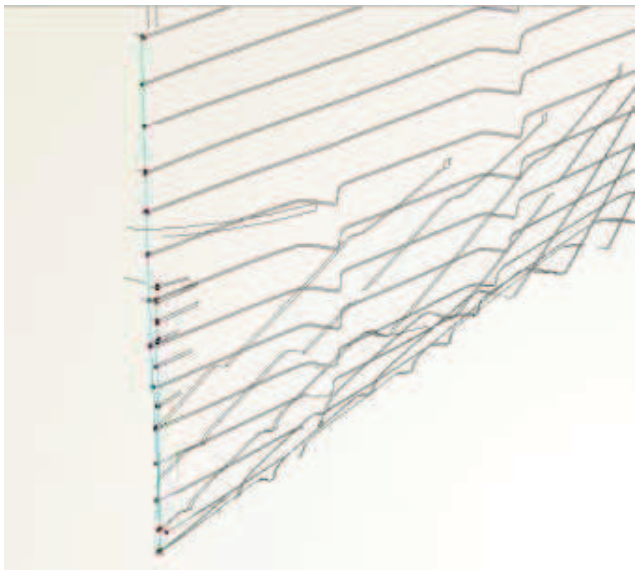


Figura 14: Linha de quilha (em azul) na vista ortotropica.

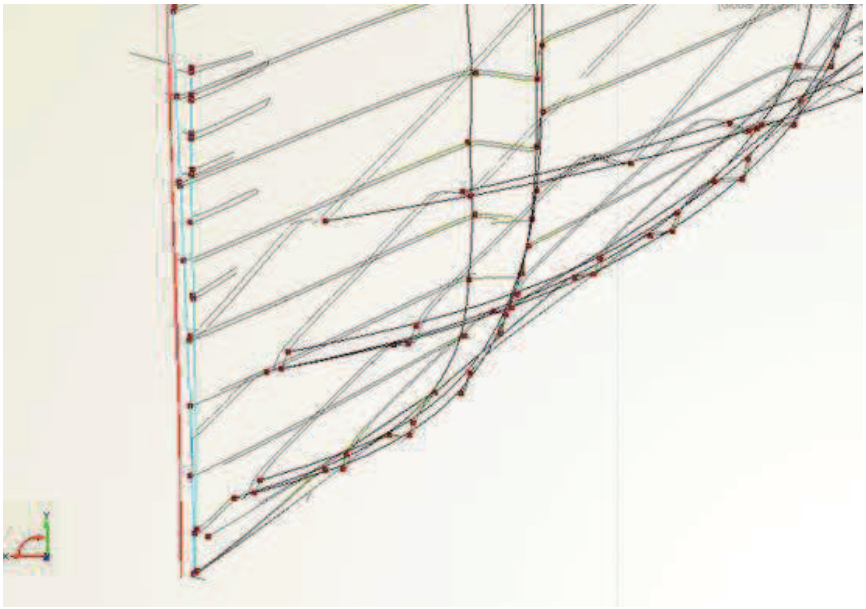


Figura 15: Rotação da quilha: em azul, a original; em vermelho, a rotacionada

Com isso, garantiu-se o alinhamento da quilha com o eixo Z, porém ela ainda não se encontrava na posição de Y zero, ideal para o espelhamento do casco. Para isso, foi criado um procedimento para calcular o valor médio em X da quilha. Foi obtido 0.0397m, e todos os pontos/curvas foram transladados por esse valor. Em seguida, as componentes em X da quilha foram zeradas para alinhá-la perfeitamente com o eixo Z, Figura 16.

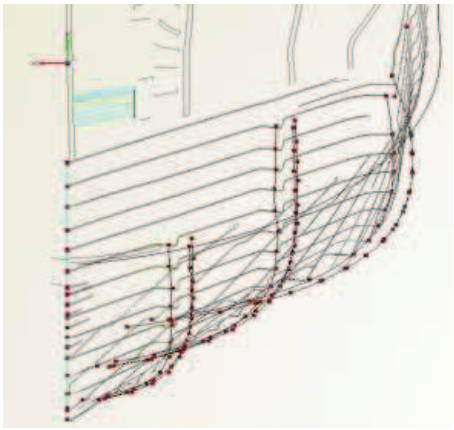


Figura 16: Quilha alinhada com o eixo Z

Deque

Para identificar os pontos da linha do deque foi usada uma função para calcular o raio de curvatura em cada ponto da curva e identificar os pontos de maior mudança, como pode ser visto na Figura 17, e usá-los para gerar o deque.



Figura 17: Pontos da linha do deque

Quina primária

De maneira alternativa à análise de curvatura da curva, para identificar os pontos da quina principal foi criado um plano passando pelo deque e pela quilha. Em seguida, foi criada uma função para calcular a distância dos pontos em cada curva até o plano.

Desse modo, foi possível identificar aqueles de maior distância, correspondentes ao ponto da quina principal. A linha de quina principal assim obtida esta representada na Figura 18.

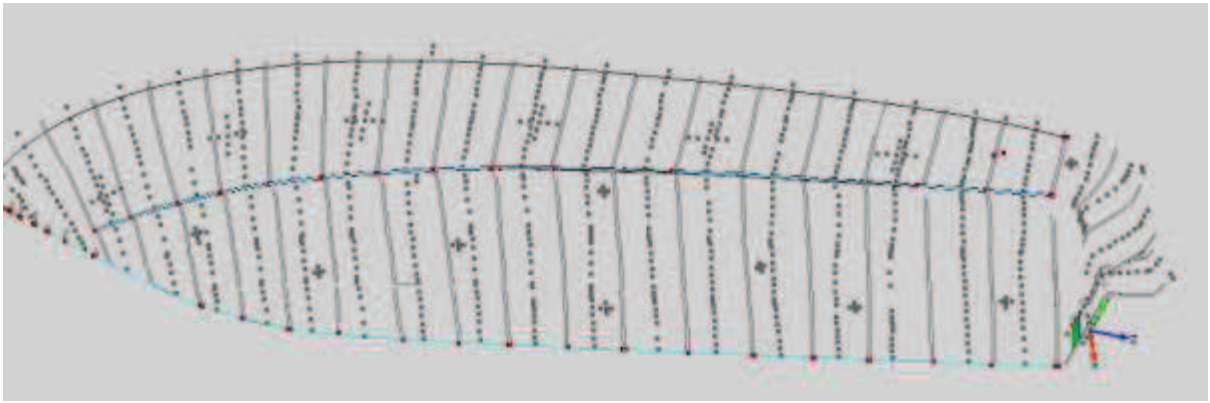


Figura 18: Casco com a quina principal traçada

Porém esse método se mostrou muito mais trabalhoso e com a mesma precisão do método de análise de curvatura.

Quina secundária

Para obtenção dos pontos da quina secundária, foi criada uma “Procedimento” que criasse uma linha reta ligando os pontos extremos de uma curva e calculasse a distância ponto a ponto entre a curva e a reta. Com isso, foi possível identificar o ponto de maior distância, que foi considerado pertencente à quina secundária.

Spray rails

Inicialmente, foram criadas imagens das curvas na proximidade dos *sprays rails* para poder analisá-las com mais simplicidade. Em seguida, foi feita uma barredura desses segmentos de linha calculando-se a derivada em X. Com isso, foi possível determinar os pontos de maior mudança de derivada e, assim, selecionar três pontos a, b e c para formar cada seção do *spray rail*.

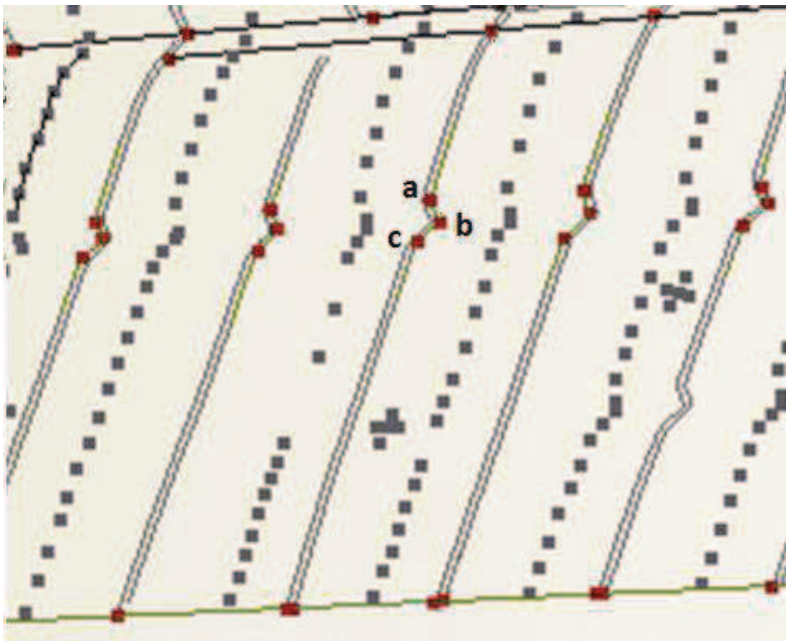


Figura 19: Identificação dos pontos a, b e c dos *spray rails*

Alternativamente, os pontos do segundo *spray rail* foram determinados pelo raio de curvatura (ambos os métodos fornecem o mesmo resultado). As curvas das fitas do TRITOP são importadas com grau 1, que foi aumentado para permitir o uso da ferramenta de cálculo de raio de curvatura (o grau escolhido foi 3, pois se mostrou o maior grau em que não havia deformação demasiada das curvas). Encontrando os pontos de maior mudança de curvatura, foi possível traçar três linhas delimitadoras para cada *spray rail* (Figura 20).

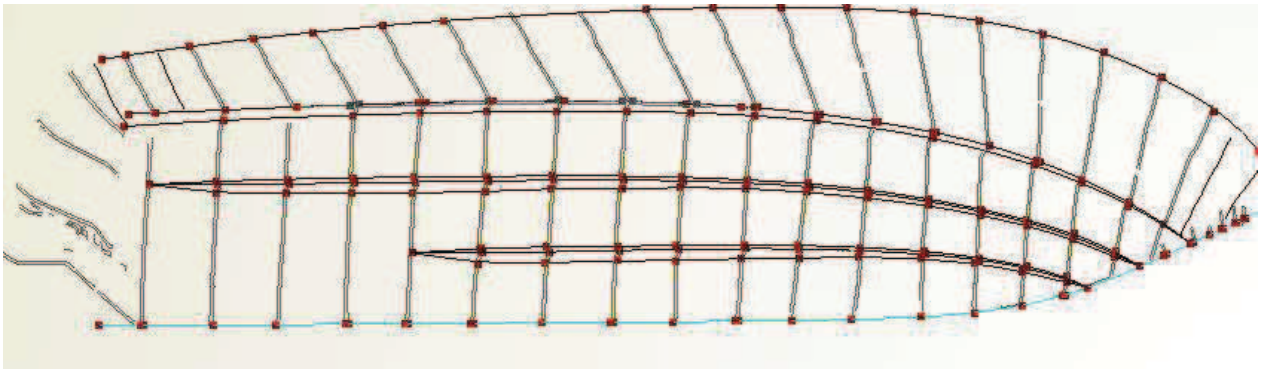


Figura 20: Casco com *spray rails* traçados

Determinação dos principais ângulos

Visando usar o recurso de “Meta Surfaces” para gerar a superfície, é necessário obter os ângulos de *deadrise*, de chegada na quina secundária, de saída da quina principal e de chegada no deque.

Os ângulos foram calculados usando-se dois pontos próximos da região onde se desejava calcular o ângulo. O ângulo da quina principal está ilustrado na Figura 21.
Figura 21: Em vermelho, pontos usados para cálculo do ângulo da quina principal

Esses ângulos foram armazenados em uma curva, com coordenada longitudinal correspondente à baliza em questão, posição transversal arbitrária e altura igual ao ângulo dividido por dez (para ficar visualmente com mesma ordem de grandeza do casco). Deadrise, menor na popa e maior na proa.

Prolongamento das linhas

As curvas obtidas foram geradas com os dados disponíveis, todavia a extensão de cada uma delas acaba diferindo. Por exemplo, as curvas na popa terminavam em diferentes posições longitudinais.

Para fazer o prolongamento das curvas foi criado um “Procedimento” para calcular o vetor tangente normalizado na extremidade da curva e gerar uma reta seguindo a tangente.

No caso da linha da quilha e do deque, na região da proa, foi necessário usar um prolongamento das curvas, pois os últimos pontos que permitiriam fechar as curvas não estavam disponíveis.

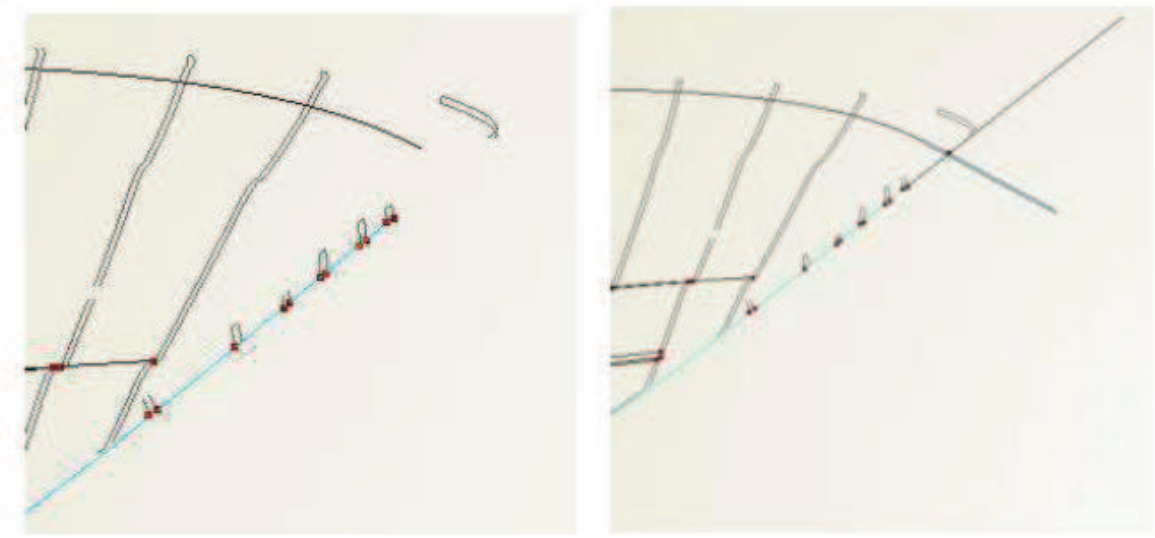


Figura 22: À esquerda, deque e quilha incompletos; à direita, ponto final gerado pela intersecção dos prolongamentos das curvas

Como pode ser visto na Figura 22, foram prolongadas ambas as curvas e depois foi criado um ponto de intersecção que serviu para fechá-las. Na popa, para determinar até onde as curvas deveriam ser prolongadas, foi criado um plano usando trechos retos das curvas.

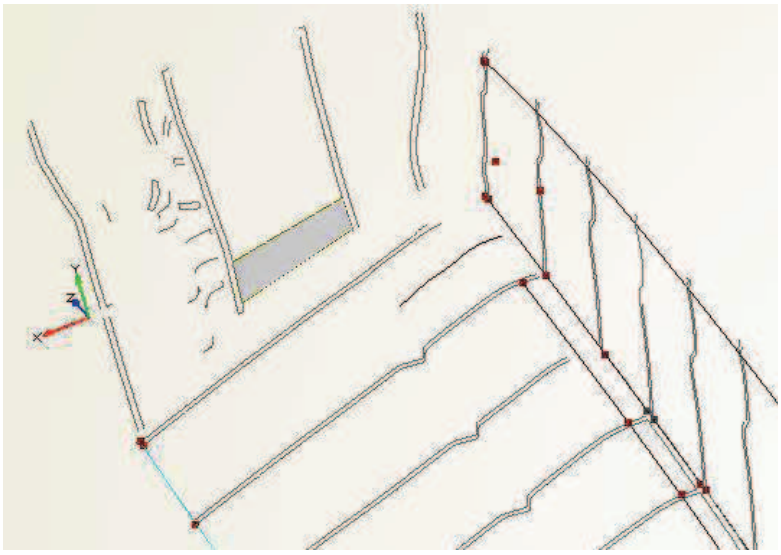


Figura 23: Plano criado na parte reta da popa (em cinza)

Depois, foi criada uma função para expandir esse plano, permitindo o prolongamento das curvas do deque, quinas e quilha. Para isso foi determinado o ponto de

intersecção por meio da ferramenta “Surface Intersection Point”. O mesmo foi feito para as curvas dos ângulos.

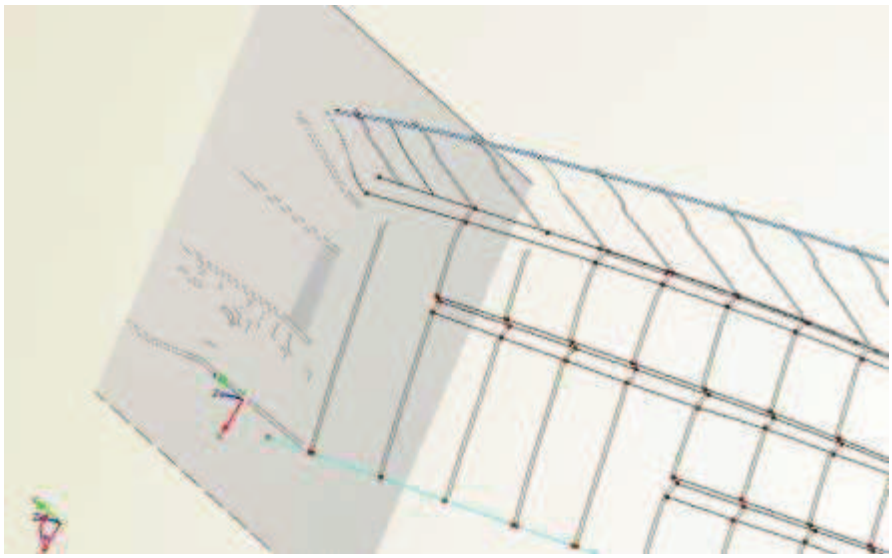


Figura 24: Prolongamento das linhas na popa

Geração da superfície

Para gerar as superfícies foram usados dois métodos: o de “Meta Surfaces” e o de “Lofted Surface”. Ambos são ferramentas do programa usado e apresentam vantagens e desvantagens que serão detalhadas nos itens a seguir.

“Meta Surfaces”

Para gerar uma superfície com o recurso “Meta Surfaces” é necessário usar uma outra ferramenta, a “Curve Engine”, que define, por meio de uma “Procedimento”, como devem ser traçadas as seções da superfície.

Devido à complexidade da geometria, o casco foi divido em seis partes: fundo, fundo plano (área plana entre as quinas principal e secundária), costado, proa, popa e *spray rails*.

Para todas as regiões, exceto a popa e os *spray rails*, foi usada uma “Curve Engine” que recebia como entrada as duas curvas entre as quais a superfície seria gerada, o

ângulo de encontro a cada uma delas e uma curva fornecendo as posições longitudinais onde era desejado que fossem traçadas as seções.

Na Figura 25 vemos o casco com as superfícies geradas: em vermelho, o costado; em azul, o fundo; em amarelo, o fundo plano; e em verde a proa.

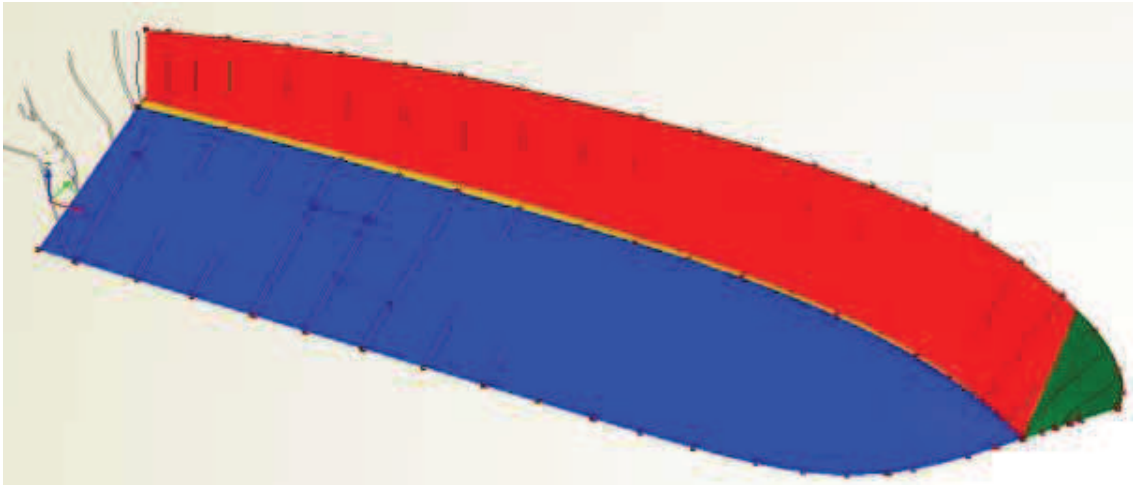


Figura 25: Casco com costado, fundo, fundo plano e proa traçados

Na região da popa, devido à complexidade das formas, foi usado o recurso de "Lofted Surface". Para isso, foram selecionados trechos das curvas disponíveis, mais uma projeção da última delas no plano da quilha, e a superfície foi traçada.

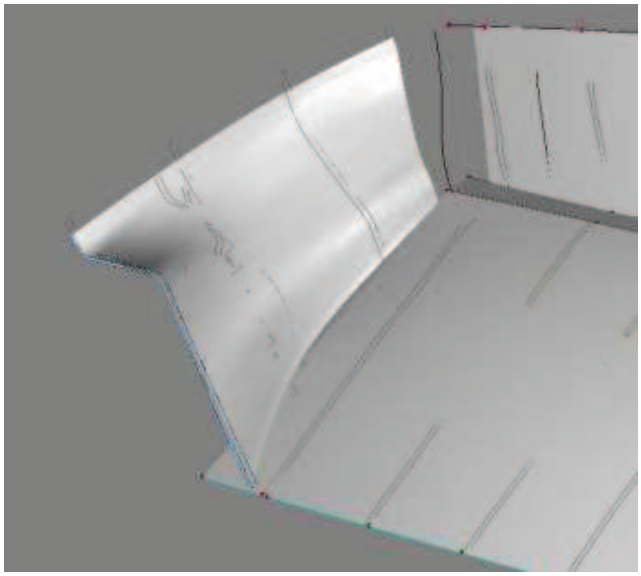


Figura 26 "Lofted Surface" para geração da popa

Para fazer a junção do costado e a popa foi utilizado o recurso de “Fillet Surface” (Figura 27).

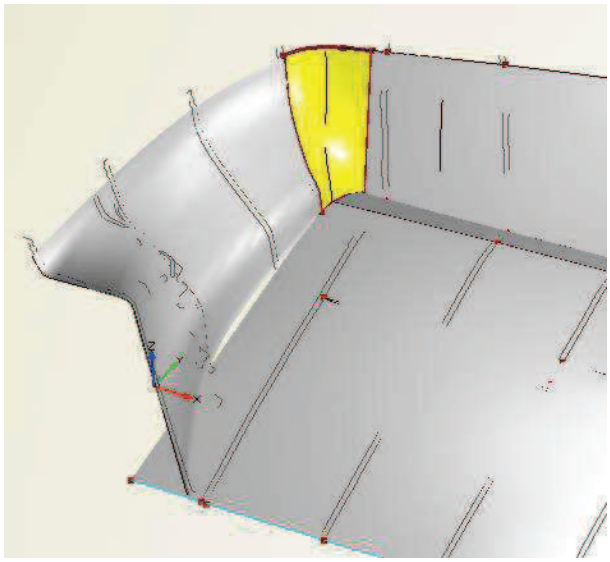


Figura 27: “Fillet Surface” (em amarelo) fazendo a conexão entre costado e popa

Alternativamente, foi escolhida uma curva da popa, que foi projetada no plano da quilha e da quina principal, gerando uma superfície mais uniforme e suave (Figura 28).

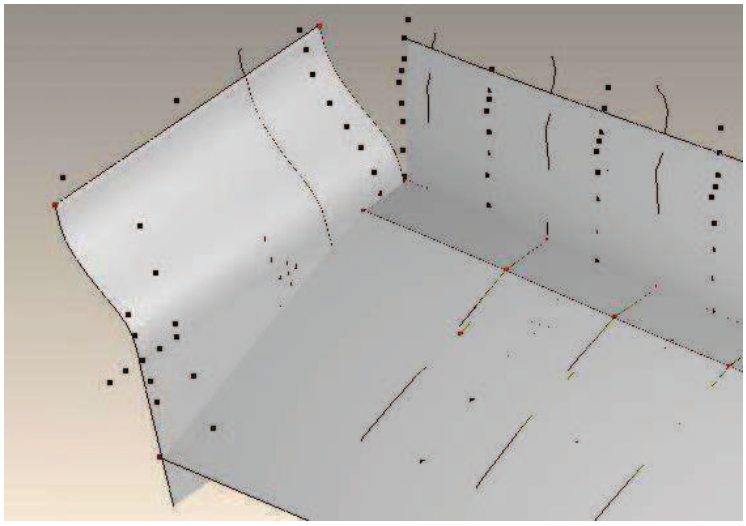


Figura 28: Popa de perfil uniforme

Novamente, a junção do costado com a popa foi realizada por meio do “Fillet Surface”. Apesar de gerar uma superfície que aproximasse mais o volume da popa, a primeira opção gerava um canto vivo na altura da linha de centro na ocasião do

espelhamento da mesma, gerando um perfil incomum para cascos do tipo. Por isso, a segunda opção foi escolhida e, na ocasião de avaliações de desempenho, caso essa simplificação venha a prejudicar os resultados, fatores de correção serão calculados (por exemplo, o volume da reentrância na popa pode ser estimado pelo casco real e descontado do volume do modelo).

Para cada *sprays rail* foi feita uma projeção das curvas mais externas sobre a superfície do fundo. Com isso, foi traçada uma superfície usando essas projeções e a linha entre elas, garantindo a união desses apêndices com o casco.

Para suprimir a superfície extra entre *spray rails* e o casco (Figura 29), foi necessário dividi-la em várias regiões. Para isso foi usada a ferramenta de *"*Sub Surfaces*",* que permite selecionar um sub-domínio da superfície a partir de curvas projetadas sobre ela e que a delimitam. Com isso, são selecionadas apenas as subsuperfícies de interesse e as outras são descartadas.

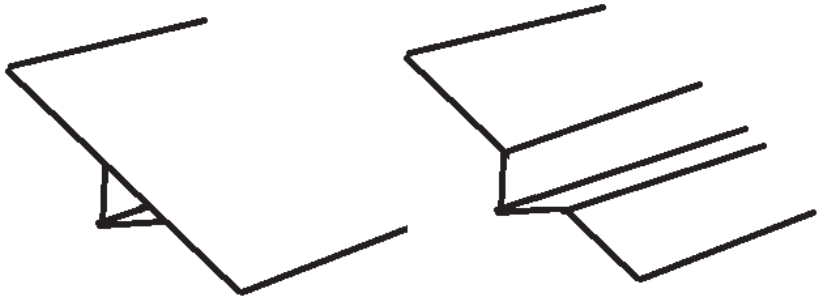


Figura 29: Esquematização do procedimento realizado nos *spray rails*

Por fim, como podemos ver na Figura 49, existe uma porção de superficie sobressalente, que vai além do fundo, que deve ser removida. Para isso, a curva de intersecção entre o fundo e a popa foi encontrada por meio do recurso “Intersection Curve” e, usando essa curva no recurso “Surface Sub Via Surface Curve”, foi selecionado apenas a porção de superfície de interesse. Espelhando o resultado, obtemos o casco de 26 pés completo exibido na Figura 30.

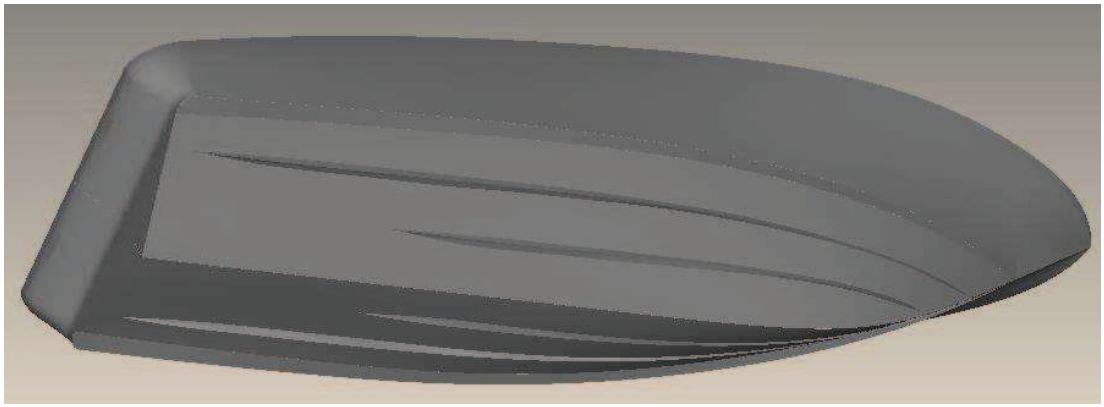


Figura 30: Visão em perspectiva do fundo do casco de 26 pés

“Lofted Surface”

Como muitos dados não são considerados quando da utilização de “Meta Surfaces”, também foi gerada um superfície com o recurso “Lofted Surface”, para identificação da melhor alternativa.

Para usar esse recurso é necessário que as curvas estejam orientadas no mesmo sentido e com comprimento bem definido. Por exemplo, na região do costado, para cada curva foi criada uma imagem cortando as extremidades, de modo que ficasse próximo do deque e da quina principal, mas não as interceptasse.

Em seguida foram criados dois “Intersection Points”: um com o deque e a curva; outro com a quina e a curva. Com isso, foi criada uma “Interpolation Curve” usando a curva imagem gerada e os dois pontos foram usados para prolongar a curva até o deque e a quina.

O mesmo procedimento foi feito para o fundo, permitindo o “Loft” de todo o costado, fundo e fundo plano. Para fechar a região da proa foi usado o recurso “Coons Patch”, que é uma superfície determinada com quatro curvas, fazendo com que ela também siga a curvatura da linha do deque.

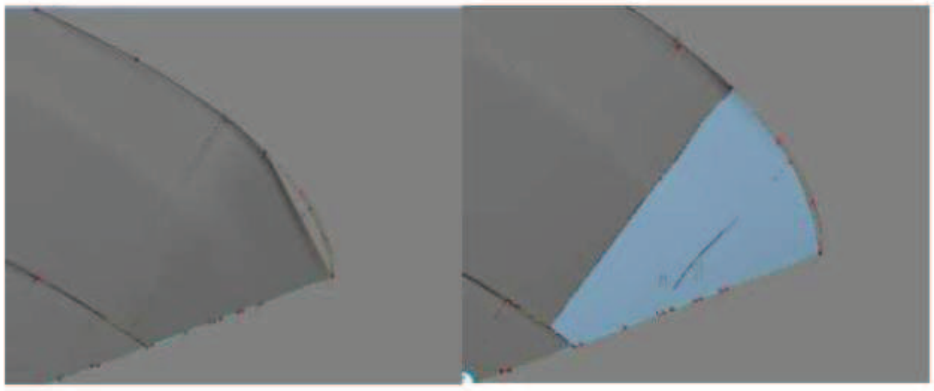


Figura 31: À esquerda, fechamento com “Lofted Surface”, à direita, com “Coons Patch”

Na popa foi feito o mesmo procedimento usado nas “Meta Surfaces”.

Como resultado, foi observado que o “Lofted Surface” aproveita mais as informações disponíveis e se aproxima mais das curvas reais. Entretanto, gera uma superfície muito complexa, com muitas variações de curvatura (Figura 32).

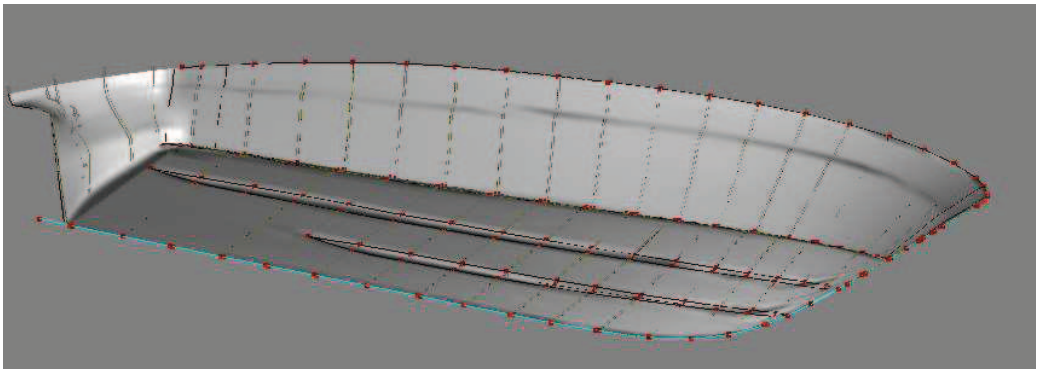


Figura 32: Casco gerado com o recurso de “Lofted Surface”

Além disso, em algumas regiões, como os *sprays rails* próximos à proa, há a geração de “amassados” sobre a superfície (Figura 33).

Como o modelo deverá ser reproduzido pela fresa projetada pelos alunos de Engenharia Mecatrônica, optou-se por usar o casco mais suave e regular gerado com “Meta Surfaces”.

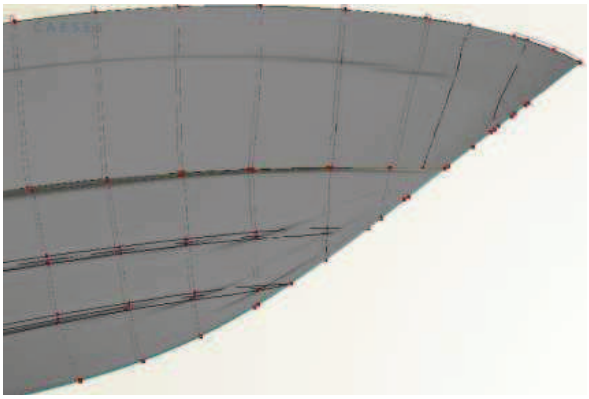


Figura 33: *Spray rails* irregulares na região da proa

Casco de 17 pés

Os pontos e curvas obtidos na fotogrametria do casco de 17 pés possuíam menor qualidade que os do de 26 pés. Entretanto, a experiência com a geração da superfície do casco de 26 pés serviu para contornar as dificuldades encontradas e gerar um bom modelo. O resultado desses passos é mostrado na Figura 34.

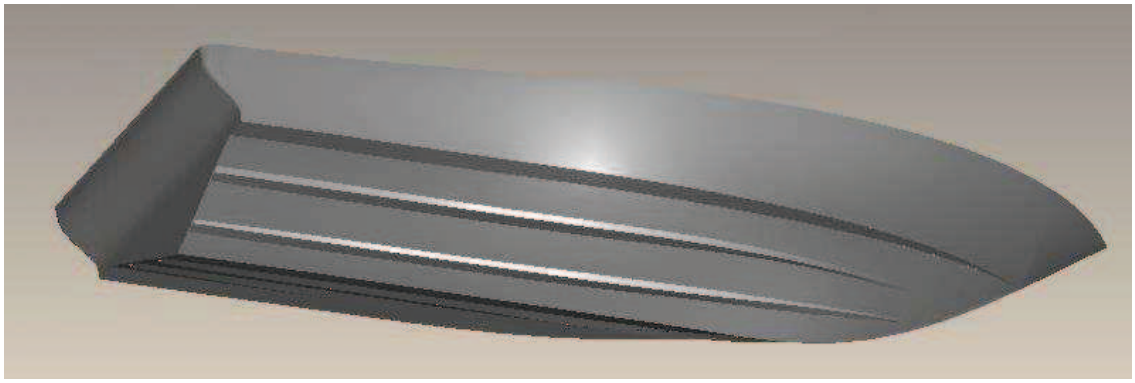


Figura 34: Visão em perspectiva do fundo do casco de 17 pés

7. ANALISE DOS RESULTADOS

Como primeira validação do modelo gerado, o modelo em CAD foi comparado com o real. A comparação do casco de 26 pés pode ser vista na Figura 35 e 36.

É possível verificar bastante proximidade e verossimilhança dos modelos. Algumas simplificações podem ser observadas no costado, onde o modelo não apresenta o

desnível presente no real. Todavia, isso não influencia no desempenho, pois essa região não fica submersa.

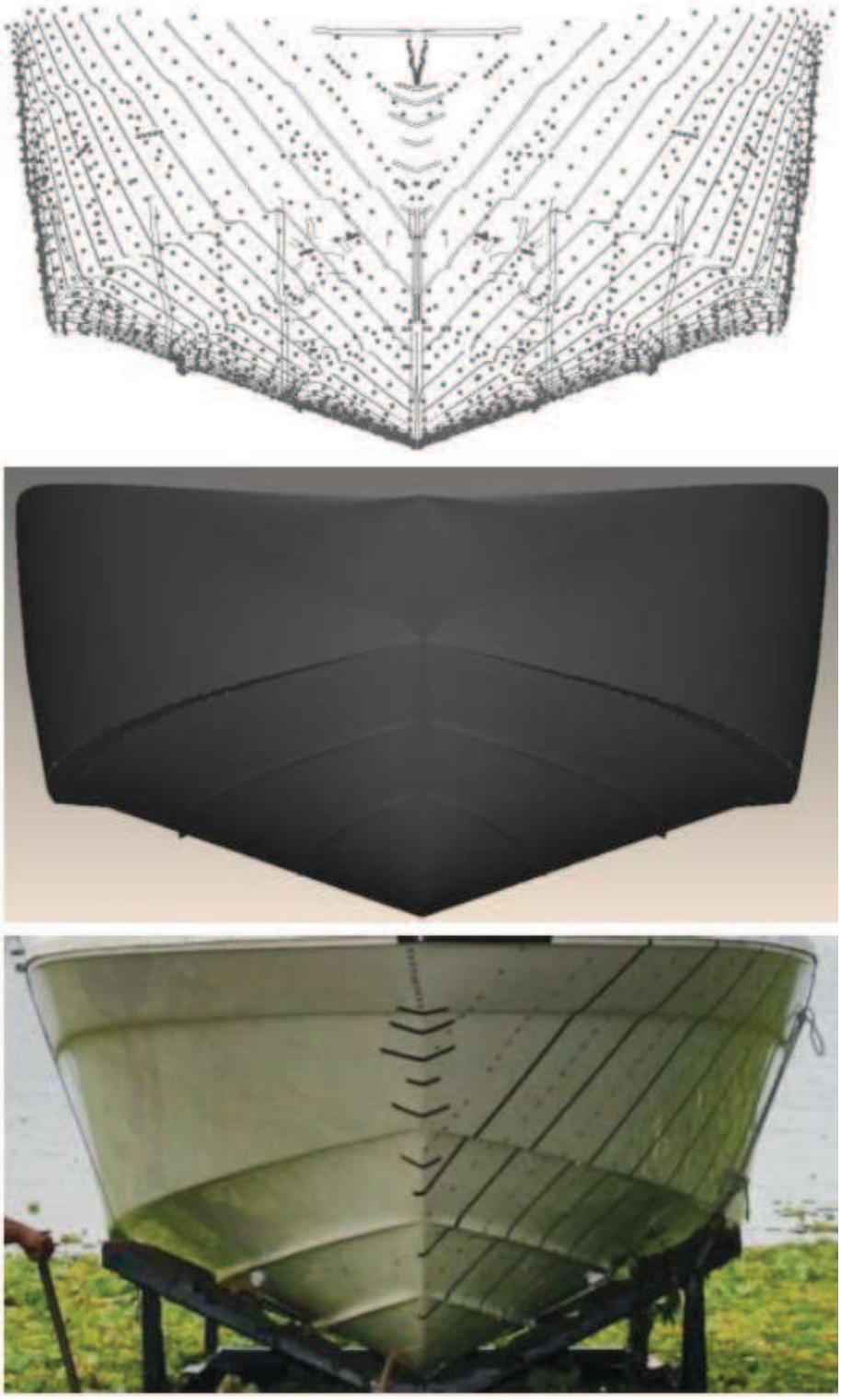


Figura 35: Vista frontal do modelo e do caso real de 26ft

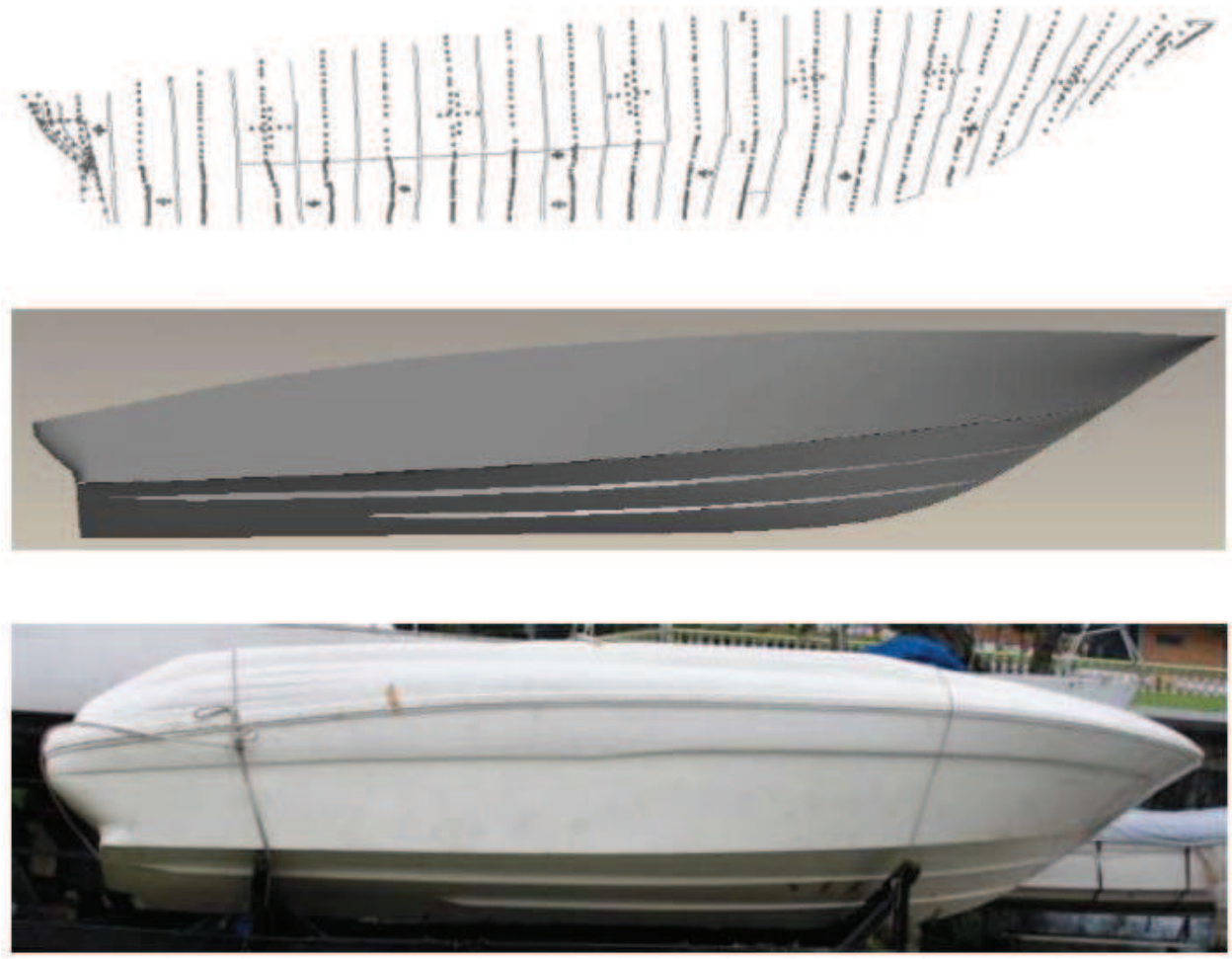


Figura 37: Vista lateral do modelo e do casco real de 26ft

É possível verificar bastante proximidade e verossimilhança dos modelos. Algumas simplificações podem ser observadas no costado, onde o modelo não apresenta o desnível presente no real. Todavia, isso não influencia no desempenho, pois essa região não fica submersa.

A comparação do casco de 17 pés pode ser vista na Figura 38. Na Figura 39 é possível verificar uma simplificação mais importante, que é a da popa, pois a reentrância nela presente não foi modelada. Posteriormente, quando forem feitos os cálculos hidrostáticos, serão feitas correções para que esse volume extra seja desconsiderado. .

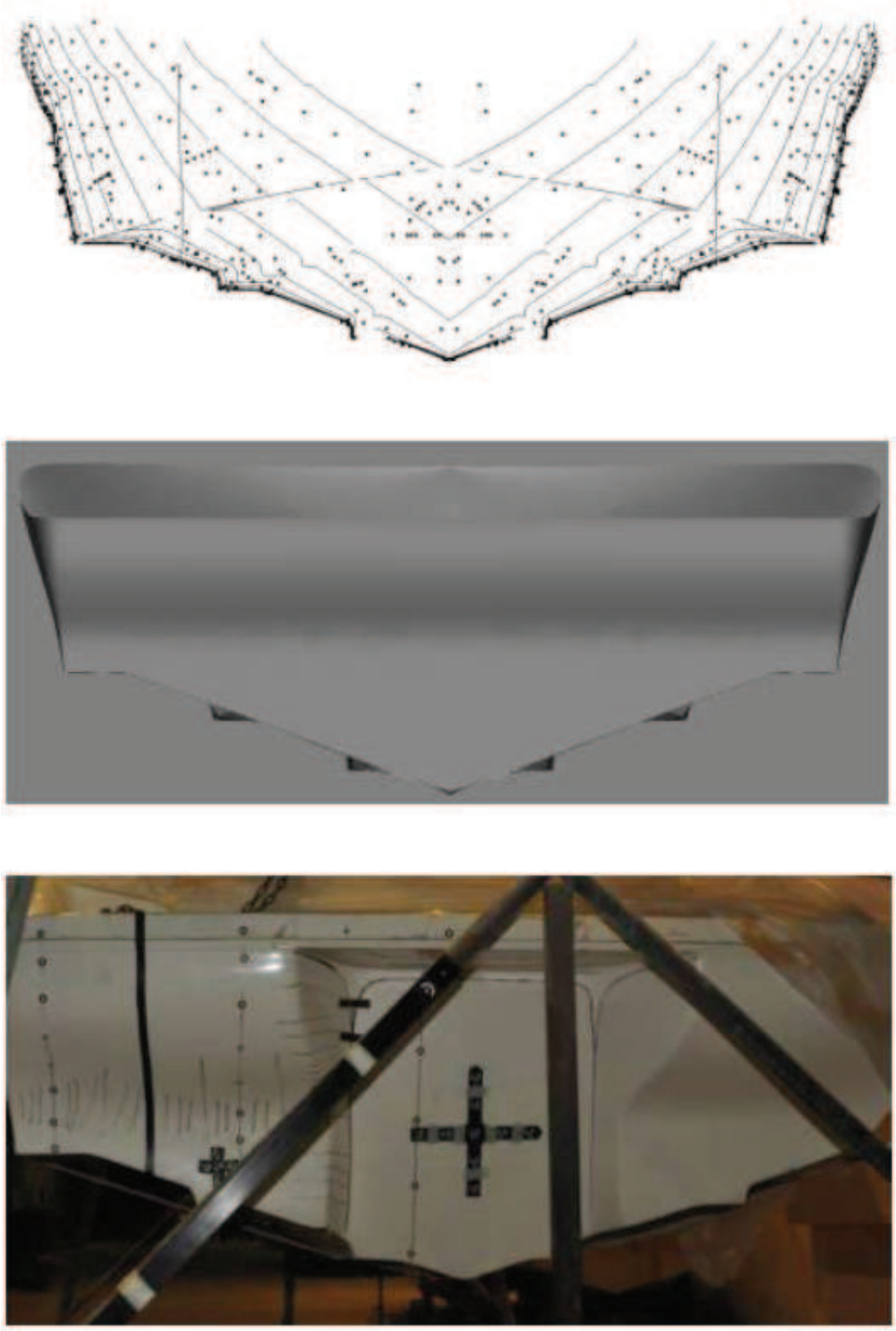


Figura 38: Vista traseira do modelo e do casco real

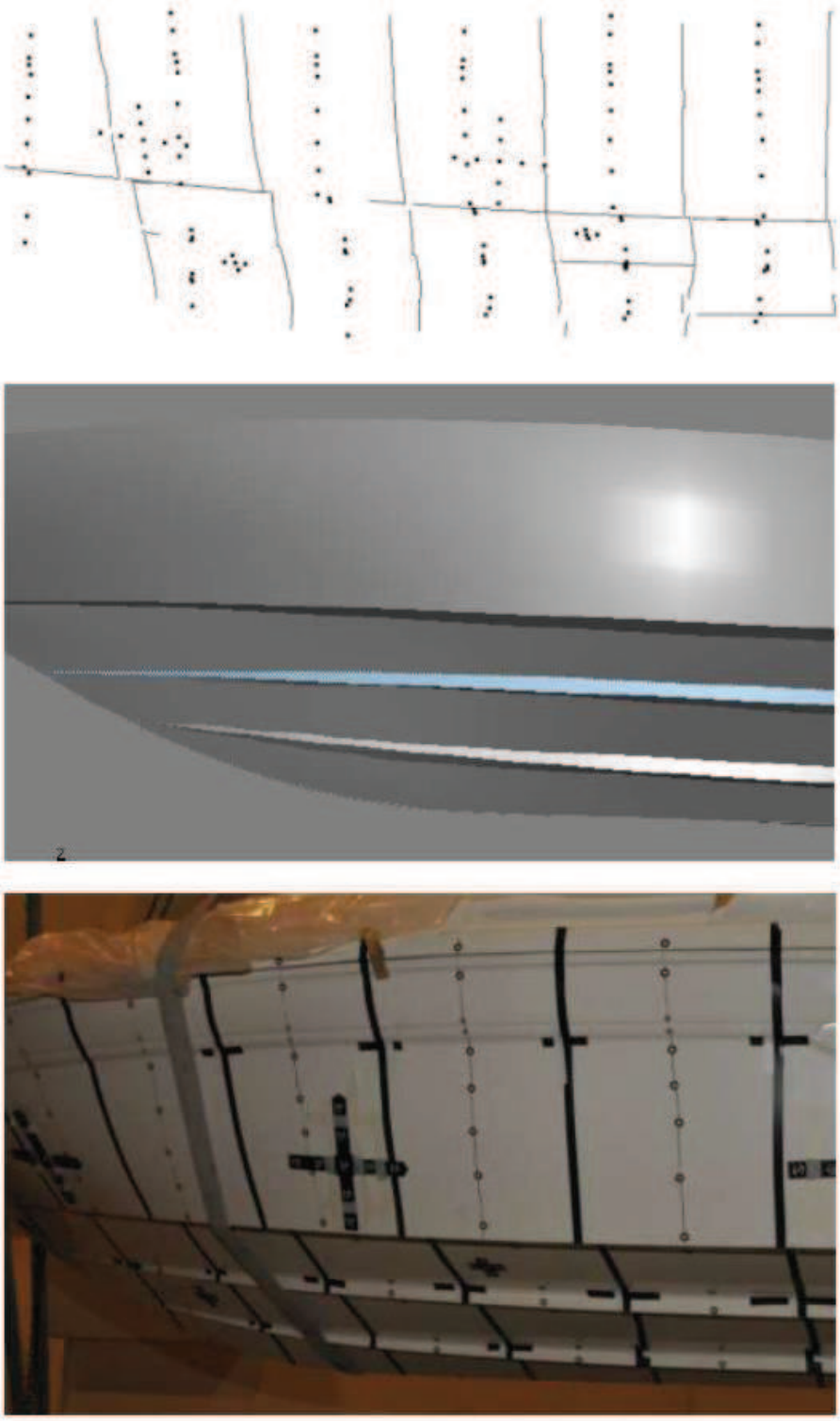


Figura 39: Vista de detalhe do modelo e do casco real

8. CONCLUSÃO

A partir da doação de dois cascos de planeio do estaleiro *Vellroy* para a Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, de respectivamente 17 e 26 pés, foi proposto que se fosse feito um completo estudo sobre esses cascos, para que ao fim se pudesse obter um modelo computacional e uma modelo em escala reduzida de ambos os cascos.

Primeiramente realizou-se um amplo estudo de trabalhos e pesquisas relacionadas com cascos de planeio, notadamente realizados por Savitsky (1964 e 2007), Radjocic (1990) e Nakanishi (2011). Com esse estudo inicial pôde-se estabelecer de maneira clara a diferença entre cascos de planeio e de deslocamento e as principais propriedades dos cascos de planeio.

Em um segundo momento empregou-se a técnica de fotogrametria para que as superfícies dos cascos pudessem ser geradas computacionalmente. Foi utilizado o software *Tritop*, o qual, a partir das fotos retiradas das superfícies com marcadores, gera a superfície como um todo. A superfície gerada pelo *Tritop* foi então "trabalhada" em um software CAD, chamado Friendship-Framework. Com a superfície gerada e com auxílio do *Método de síntese e otimização para embarcações de planeio* (Nakanishi, 2012), as propriedades hidrostáticas podem ser geradas.

9. AGRADECIMENTOS

À Vellroy Estaleiros do Brasil Ltda. pela doação dos cascos e pela disponibilização de espaço para as sessões de fotogrametria. Aos nossos colegas Fábio Araujo e João Guilherme pela ajuda no transporte dos cascos doados. Um agradecimento especial é dedicado ao nosso colega Humberto Nakanishi, que nos ajudou em muitas etapas do projeto.

10. REFERÊNCIAS

ASPRS – American Society for Photogrammetry and Remote Sensing. What is ASPRS? Disponível: <www.asprs.org/About-Us/What-is-ASPRS.html>. Acesso: 06 maio 2013.

GOM: Optical Measuring Techniques. TRIPTOP User Manual - Software, TRIPTOP V6.2. Braunschweig, 2009.

Hadler, J. B. and Hubble, E. Nadine. 1971. Prediction of the Power Performance of the Series 62 Planing Hull Forms. *SNAME Transactions.* 1971, Vol. 79.

Ljubenkov B., Zaplatić T., Žiha K., Bosančić F., 2010. Measurements for reliability of ship production and operation interaction. *Advanced Ship Design for Pollution Prevention* – Guedes Soares & Parunov (eds), Taylor & Francis Group, London, ISBN 978-0-415-58477-7.

MARTINS, E. F. O. Conceitos básicos de fotogrametria. Universidade do Estado de Mato Grosso, Mato Grosso, 2012. Disponível em: <http://sinop.unemat.br/site/prof/foto_p_downloads/fot_4918fotoguametuia_veusao_2_0 __pdf.pdf>. Acesso em: 08 maio 2013.

Menna F., Ackermann S., Scamardella A., Troisi S., Nocerino E., 2009. *Digital photogrammetry: a useful tool for shipbuilding applications*, 13th Congress of Intl. Maritime Assoc. of Mediterranean, IMAM 2009, İstanbul, Turkey.

Menna F., Troisi S., Low cost reverse engineering techniques for 3D modelling of propellers, *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Vol. 38, Part 5 Commission V Symposium, UK, 2010.

Nakanishi, H. C. 2011. Modelo de síntese e otimização para embarcações de planeio. Trabalho de formatura, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2011.

RADOJCIC, D. An Engineering Approach to Predicting the Hydrodynamic Performance of Planing Craft Using Computer Techniques. Royal Institution of Naval Architects, 1990.

RIBEIRO, J. C. Fotogrametria digital. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001. Disponível: www.leb.esalq.usp.br/disciplinas/Topo/LER5831/Angulo/fotogramdig2.pdf Acesso em: 08 maio 2013.

SAVITSKY, Daniel. Hydrodynamic Design of Planing Hulls. MARINE TECHNOLOGY, Vol. 1, 1964, p. 71-95.

SAVITSKY, D.; DELORME, M. F. ; DATLA, R. Inclusion of Whisker Spray Drag in Performance Prediction Method for High-Speed Planing Hulls. Marine Technology, Vol. 44, 2007, p. 35-56.__

Lancha ambulancia-florence

Luis Rafael Hansell Camacho
Universidad Latina de Panamá

INTRODUCCION

El proyecto explora la posibilidad, de implementar un diseño de bajo costo para una lancha ambulancia, permitiendo así, cubrir un segmento del mercado. Que actualmente solo es ocupado de manera informal por algunos fabricantes del ámbito nacional. El diseño, se basa en la aplicación de los cascos de EKRANOPLANOS TIPO TANDEM, como portante para una ambulancia acuática. La ventaja radica en que este tipo de casco, puede acceder a zonas de navegación de aguas interiores y de mar costero. Sin ningún tipo de precaución relevante. Además el diseño se basa en la ergonomía interna, la cual define las formas externas de la nave y no al contrario. Lo cual hacen de esta nave, una herramienta adaptada a las necesidades de las personas y no al contrario, como ocurre en la mayoría de estos navíos. En donde un casco cualquiera, se adapta a prestar un servicio específico. Con las correspondientes incomodidades y problemas EN SU DESEMPEÑO EN LA MAR.

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La LANCHA AMBULANCIA-FLORENCE: Es un proyecto del tipo TRANSDICIPLINARIO, INVESTIGATIVO y EMPRESARIAL. Panamá cuenta con cientos de kilómetros de costa oceánica en el caribe y el pacifico, además de ríos navegables. Muchos de ellos son las únicas vías de comunicación que permiten ingresar o salir de algunas comunidades consideradas como de difícil acceso.

Hasta ahora cuando una persona requería asistencia médica de emergencia debían ser movilizados en helicóptero, algo rápido pero costoso ó en barco algo barato pero lento. Debido a esto, la empresa *Battakaflot* unidos a la *UNIVERSIDAD LATINA-I+D+I.* Espera cambiar la realidad al diseñar una lancha ambulancia totalmente

automatizada. La misma es elaborada en aluminio AERO-NAVAL (5086 H116/H111) , cuya duración es de 32 años (Reseach ALCOA -77), ó sea una larga vida util. Esta ambulancia tiene 9 m de eslora y 5 m de manga. Tipo catamarán (TANDEM) , lo que le permitirá navegar no sólo en ríos y lagos, sino también en los océanos Atlántico y Pacífico. A una alta velocidad, arriba de los 36 NUDOS. Dependiendo de las condiciones marinas.

Esta lancha fue diseñada para acceder a la orilla de ríos y playas con una profundidad mínima de 0,3 m (Un pie) y cuenta con una cabina de climatizada; para proteger de los electos, a la persona que requiere atención médica y a los paramédicos que deben atenderlo durante su traslado. Las normas medicas del MINSA (Ministerio de salud de Panamá), y las recomendaciones de la AMP (Autoridad Marítima de Panamá); se aplicaron para efectuar el diseño.

Se espera poder exportar este producto a diversos mercados de Centroamérica, Suramérica y el Caribe, ya que muchos países de estas regiones, Tienen la mismas necesidades de suplir a las comunidades de difícil acceso con naves que garanticen la asistencia médica de emergencia.

BENEFICIOS PARA EL PAÍS

En Panamá, la industria de diseño y construcción naval. Es casi nula, y en general la gran mayoría de naves son importadas a altísimos costos, debido a que su producción artesanal no es productivamente rentable. Por ser el mercado nacional es bastante pequeño.

Por lo cual se plantea este diseño que permitirá optimizar la producción de navios pequeños. Por medio del proceso de inyección integrado al modelado de micropiezas por prototipado rápido de plásticos (impresora 3D) y la utilización de sistemas expertos (PLM) , lo cual, pretende mejorar las condiciones de competitividad para vender y exportar estos navíos. En los cuales es necesario integrar la mecánica, la informática, con la electrónica y la automatización de los procesos (mecatrónica).

Este proyecto, aunque se puede realizar de forma independiente por parte de la Universidad Latina de Panamá, tiene el apoyo de la Universidad Politécnica de Madrid, quienes tienen una red de Universidades Iberoamericanas, que buscan la profundización en el tema de Microfabricación materiales compuestos y metales incorruptibles, para mejorar las perspectivas de producción interna de productos . Que se están convirtiendo en el corazón de las nuevas tecnologías a nivel mundial. La red actualmente está conformada además por la Universidad Politécnica de Madrid (España), La Universidad Central (Colombia) y la Universidad de la Frontera en Chile y siguen buscando alrededor del mundo nuevos aliados, que contribuyan a enriquecer la red; Panamá por su posición estratégica enriquece esta red a través del proyecto propuesto.

IMPACTO ESPERADO

Existen muchas ventajas en desarrollar el diseño y construcción naval, propio y por ende del perfeccionamiento de la fabricación de navios de trabajo principalmente. Causando un alto impacto en múltiples factores:

- IMPACTO ECONÓMICO: Se disminuirán las importaciones, al producir botes de trabajo más económicos, lo cual es un beneficio no solo para la industria nacional, sino para los mismos usuarios, consiguiéndose por ende una disminución del precio de estos en el mercado. Además, al ser los equipos empleados mucho más compactos y pequeños se produce un ahorro significativo de recursos en materia prima, energía y espacio físico necesario para llevar a cabo la producción, beneficiándose la industria nacional.

- IMPACTO AMBIENTAL: Al producirse una reducción en la necesidad de energía para la producción de las naves, se reduce el consumo energético, ayudando al medio ambiente, además de mejorar las condiciones de producción y rentabilidad de la industria.

- IMPACTO EN LA SALUD: Los materiales incorruptibles y la microinyección tiene gran importancia en el campo de la medicina. Existen además otros sistemas similares menos frecuentes como son los integrados en órganos artificiales, microsistemas de estimulación de nervios y músculos. En el mercado también se encuentran prótesis electromecánicas capaces de tomar las señales musculares del paciente y enviarlas a un sistema electromecánico encargado de realizar los movimientos dependiendo del tipo de prótesis. Por tal motivo se pretende mejorar la calidad de vida de los usuarios produciendo piezas para las naves de alta calidad para dichas aplicaciones, además de ser de baja consecución por poderse producir a nivel nacional.

- IMPACTO EN LA INDUSTRIA DEL TRASPORTE Y AUTOMOCIÓN: La aplicación a la nave de sistemas micro electromecánicos (MEMS) que integran funciones sensoras, de proceso y/o actuación, tienen un papel preponderante , los cuales tienen múltiples aplicaciones en el área del transporte y automoción, incorporando microsensores de presión en el sistema de control electrónico del motor y acelerómetros para la activación y mandos de la nave, por ejemplo.

- IMPACTO ACADÉMICO: Los resultados obtenidos servirán y producirán impacto además en la compresión y complementación del conocimiento actual del diseño naval, no solo para el proceso de DISEÑO NAVAL , sino en general mejorar los conocimientos tanto de profesores como de los estudiantes, a cerca de la tecnología de MECATRÓNICA NAVAL.

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

OBJETIVO GENERAL

Diseñar una lancha ambulancia mediante sistemas PLM, para que preste un servicio eficaz en las comunidades de difícil acceso.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar una lancha ambulancia que cumpla con las especificaciones del MINSA y AMP, requeridas para prestar el servicio de trasporte asistencial médico.

- Adecuar las formas de la nave, mediante un diseño ergonomico . A los equipos médicos necesarios para una ambulancia.

- Documentar los resultados del proyecto en lo referente a los nuevos conocimientos generados, las ventajas y desventajas de la utilización de este nuevo tipo de nave, a través de informes, publicación de artículos de investigación, participación en congresos y ferias comerciales è industriales.

JUSTIFICACIÓN Y DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

JUSTIFICACIÓN

Esta nave es de vital importancia para el traslado de pacientes con alguna urgencia, a través de los ríos ó el mar según sea el caso. Se realizó la adecuación interna de la nave haciéndola totalmente ergonómica. La parte eléctrica, se integró mediante sistemas mecatrónicos de mando remoto (MEMS). Los cuales hacen al navío mas seguro y confiable en su operación. Esta ambulancia, presta los servicios de *traslado asistencial básico* de pacientes que requieren una atención especializada de emergencias en una institución hospitalaria de mayor complejidad.

DELIMITACIÓN

El presente proyecto cuenta con las siguientes delimitaciones:

Para comprender el motivo de esta investigación hay que tener en cuenta varios aspectos. El primero, es que panamá tiene una superficie de 77.000 km2, aproximadamente. Corresponden a su extensión marítima casi un 40%. También es la única nación de América central con canal interoceánico con costas en el océano Pacífico y en el Mar Caribe, en los que posee diversas islas. Además, es uno de los países con mayores recursos hídricos. Por esta razón, se decide realizar este

proyecto, ya que se considera de gran importancia que panamá, debe contar con suficientes ambulancias marítimas y fluviales que puedan suplir la necesidad de las diferentes poblaciones nativas que se encuentran ubicadas en zonas costeras, fluviales y lacustres donde se hace indispensable movilizarse mediante transportes acuáticos. Se enfoca la investigación en diseñar una forma de reducir los elevados costos de estas ambulancias, acondicionando una lancha que tuviera las medidas necesarias con los equipos biomédicos que debe tener una ambulancia de este tipo, cumpliendo así con la normatividad, y lo más importante, sin reducir su calidad deservicio en todo tiempo.

TIPO DE INVESTIGACIÓN

Según la tipología de investigación dada en el manual de investigación de la universidad Latina de Panamá, este proyecto de investigación se puede tipificar entre el grupo de Tipo Correlacionales (TRANSDICIPLINARIO, INVESTIGATIVO y EMPRESARIAL), ya que por medio de este; se busca establecer la relación que existe entre las más de 2000 variables que intervienen en el proceso de DISEÑO PLM de la nave.

MARCO TEORICO

Clásicamente las ambulancias se clasifican por su capacidad de resolución con base a dos características y algunos atributos fundamentales:

1. El tipo de recursos humano.
2. El equipamiento.
3. Características propias del vehículo.

Los tipos de ambulancias son:

Soporte vital avanzado: médico especialista en medicina de emergencias y desastres, enfermera especializada en emergencias y desastres, y conductor.

Soporte vital intermedio: enfermera especializada en emergencias y desastres y conductor.

Soporte vital básico: técnico de urgencias y conductor.

Por el tipo de vía de comunicación que emplean pueden ser:

1. Ambulancia terrestre
2. Ambulancia marítima (acuática o fluvial)
3. Ambulancia aérea

El equipamiento y las acciones a realizar son similares, aunque cada tipo de transporte tiene sus peculiaridades.

TRANSPORTE ASISTIDO

Es el transporte de personas que requieren algún tipo de asistencia médica o sanitaria.

En relación al transporte de pacientes `pueden ser, según el tipo de prioridad:

Transporte de emergencia (Prioridad 1).
Transporte de urgencia mayor (Prioridad 2).
Trasporte de urgencia menor o traslado simple (Prioridad 3).
No se traslada (Prioridad 4).

También se denominan los tipos de transporte, de acuerdo a la oportunidad de la atención o al tipo especial de transporte, como:

Transporte primario.
Trasporte secundario.
Transporte terciario.
Transporte cuaternario.

MODELOS DE ATENCION PRE-HOSPITALARIA

Los modelos de atención pre hospitalaria son una forma de sintetizar la realidad de la atención pre hospitalaria de emergencia y urgencia, con el uso de medios de transporte sean terrestres, marítimos o aéreos. En los países Latinoamericanos, podemos conceptuar los modelos de la siguiente manera:

Unidad pre hospitalario: las ambulancias dependen del centro hospitalario o asistencial, el personal y el equipamiento depende del hospital.

Servicio pre hospitalario: las ambulancias dependen de un servicio pre hospitalario que aún mantiene nexos con el hospital, pero el personal, equipamiento y disposiciones administrativas internas son propias.

Sistema pre hospitalario: las ambulancias dependen de una central de comunicaciones, el personal, equipamiento y todas las disposiciones administrativas son autónomos de los centros asistenciales, con los cuales se trabaja de modo coordinado.

Sistema integrado interinstitucional: los sistemas dependen de un centro coordinador, aunque mantiene la operatividad de sus propias centrales. Son regidos, en el desempeño de sus actividades, por el centro coordinador. Existe un sistema financiero de intercambio de servicios y prestaciones.

CAPACIDAD OPERATIVA:

En los servicios de emergencia hospitalaria y pre hospitalarios es importante considerar el concepto de capacidad operativa. Es la capacidad que tiene un servicio de prestar atención utilizando sus recursos de manera eficiente y eficaz. El término se aplica generalmente referido a la máxima capacidad operativa de un servicio, es decir la cantidad de pacientes que pueden ser atendidos sin disminuir la calidad de atención estándar. Dependiendo del perfil de prioridades de las personas que reciben atención . La capacidad operativa puede alcanzar su máximo en 12. Los servicios generalmente se diseñan con una capacidad operativa máxima un 20% mayor a la capacidad operativa usual.

EVACUACION DE LA CENTRAL DE EMERGENCIAS:

Una central de emergencias debe evacuarse ante situaciones de desastre o en casos de colapso funcional debido a peligros persistentes, sean originados al interior

o al exterior de la central. Recordemos que un desastre ocurre cuando la capacidad operativa se quiebra, sea institucional, local, regional o nacional los recursos móviles de una central de emergencias tiene la ventaja que no se verána fectados todos a la vez. La base de datos, los sistemas de gestión informáticos por su naturaleza deben ser redundantes y en caso de desastre la mayor parte estaría protegido, y podría ser reconstituido con relativa prontitud. La operatividad de la central de emergencia esencialmente es la intercomunicación entre los servicios hospitalarios, pre hospitalarios y las unidades de referencia de pacientes o lugares de referencia bibliográfico o especializado en tóxicos, materiales peligrosos,productos biológicos, etc. El restablecer la operatividad depende de:

1. Disponibilidad de vehículo con radiocomunicación que haga las veces de central de emergencias
2. Establecer un lugar seguro para instalar una central de emergencias temporal. La evacuación de la central de emergencias debe contemplar: Asegurar la sobrevida del personal especializado y no especializado. Realizar almacenamiento de seguridad de la información antes de la evacuación. Desplazamiento de dispositivos de radiocomunicación portátil. Comunicar a los recursos móviles y centros asistenciales la necesidad de evacuación de la central. Mantener el comando y control.

COORDINACION INTERINSTITUCIONAL.

La coordinación interinstitucional se debe producir, de forma independiente, por: Acuerdos pre establecidos: entre los sistemas y servicios pre-hospitalarios, los bomberos, la policía, el servicio AERONAVAL, otros grupos como la cruz roja, etc. Coordinación activa a través de la central de emergencias: en tiempo real se coordina entre las instituciones para facilitar los servicios, sirven de apoyo los acuerdos pre-establecidos, pero los problemas imprevistos se resuelven negociando.

Coordinación operativa o en la escena: entre los operadores o prestadores asistenciales se realiza una coordinación basada en los acuerdos pre establecidos y los acuerdos negociados por la central de emergencias.

ESPECIFICACIONES DE LA AMBULANCIA MARITIMA:

El proponente deberá ofertar el bien de acuerdo a las especificaciones contenidas en el anexo técnico contenido en la resolución de la OMS ***N. 1043 de 2006***.

La embarcación debe estar fabricada en materiales resistentes al medio acuático.

La cubierta inferior del compartimiento del paciente debe ser fabricada en material antideslizante, sin elementos afiliados o cortantes, de material lavable, con acabados redondeados, superficies pulidas y resistentes a los agentes desinfectantes habituales.
El comportamiento para el paciente debe tener como mínimo las siguientes dimensiones: luz útil 2.20 metros, ancho útil 2.20 metros, altura interna útil 2.0 metros. (sobre estas medida se autorizan variables máximas del 10%).

Los soportes y elementos metálicos de los equipos no representan riesgo de accidente.

El piso no debe poseer elementos afilados o cortantes y está fabricado en material lavable, que evite la acumulación del mugre y contaminantes, resistente a los agentes desinfectantes habituales, antideslizante, con las uniones del piso con las paredes herméticamente selladas.

Debe contar con un banco para soportar una camilla principal, construida en material resistente y fijado debidamente en la cubierta de la ambulancia.

La disposición de los soportes metálicos para equipos de asistencia, deben quedar de tal forma que no produzcan daño a los ocupantes de la nave.

La embarcación destinada al servicio de ambulancia está fabricada en materiales resistentes al medio acuático.

Debe contar con un techo-cubierta de material rígido o plegable, liviano, para proteger y cubrir los compartimientos del paciente, piloto y acompañantes.

El techo-cubierta debe servir en su parte exterior de soporte a los dispositivos se alerta, luces y exploradoras y en su parte interior para la fijación de los rieles para la ubicación de líquidos parenterales y accesorio médicos.

SISTEMA ELECTRICO:

Debe tener un generador de energía eléctrica o convertidor de 12 voltios corriente continua a 120 voltios +/- 15% de corriente alterna, con mínimo dos tomacorrientes del tipo “encendedor de cigarrillo” bien identificados en el compartimiento del paciente, que permita que los equipos funcionen de manera adecuada y en forma simultánea. Contar con baterías con una capacidad mínima total de 150 amperios-hora.

EL COLOR:

El color principal de la ambulancia debe ser de buen a visibilidad y fácil identificación, preferiblemente blanco. En todos los lados exteriores de la embarcación, incluido el techo debe estar escrita la palabra “AMBULANCIA” fabricada en material reflectivo. - En los costados de la embarcación debe llevar el nombre de la entidad a la cual pertenece, la sigla TAB y el logotipo del departamento administrativo de la salud MINSA. En los costados y en el techo de la ambulancia, tiene la “estrella de la vida”, de color azul o verde reflectivo o el emblema protector de la misión medica de conformidad con lo dispuesto en la resolución 1020 de 2002 del ministerio de la protección social y las demás normas que las adicionen o sustituyan.

SISTEMA SONORO Y DE COMUNICACIONES:

La ambulancia debe contar con un sistema de perifoneo externo como mecanismo de alerta o de información. Un sistema de telecomunicaciones de doble vía,

asignado exclusivamente a la ambulancia, que le permita establecer contacto con su central, base o red de coordinación.

LUCES Y OTROS ELEMENTOS:

Cuenta la ambulancia marítima o fluvial con la brújula y con las luces de navegación para su correcta operación diurna o nocturna. Sobre el techo o cubierta, se cuenta con un dispositivo de señalización óptica (barra de luces) que puede ser el tipo rotatorio, intermitente o estroboscopio, de fácil observación con la luz del día.
La ambulancia tiene iluminación interior para todo el área de manejo del paciente. Tiene compartimiento aislado apara los cilindros de oxigeno con manómetros visibles y regulables desde el interior del compartimiento del paciente. El paciente está ubicado de tal manera que los gases de los motores no le afecten.

AREA DEL PACIENTE:

Debe contar con asientos tanto para los acompañantes como para el motorista auxiliar con su respectivo espaldar. En el compartimiento de paciente, lleva la leyenda de “NO FUME” y “USE CHALECO SALVAVIDAS”. Los compartimientos son livianos, de material resistente, lisos, lavables, sin bordes agudos o filos cortantes, con puertas resistentes, abatibles o deslizantes, con anclajes seguros para evitar su apertura. Los gabinetes llevan el nombre correspondiente y colores de identificación para guardar los elementos, de acuerdo con su especialidad, así:

- Azul: sistema respiratorio.
- Rojo: sistema circulatorio.
- Amarillo: pediátrico.
- Verde: quirúrgico y accesorios.

Los equipos de tratamiento médico están asegurados convenientemente sin detrimento de su operación.

DOTACION EQUIPOS (AMBULANCIAS DE TRASLADO ASISTENCIAL BASICO TAB):

Camilla principal con sistemas de anclaje.
Camilla secundaria para inmovilización espinal.
Atríl porta sueros de dos ganchos.
Un tensiómetro adulto.
Un tensiómetro pediátrico.
Un fonendoscopio adulto.
Un fonendoscopio pediátrico.
Pinzas de magil.
Tijeras de material.
Un termómetro clínico.
Una perilla de succión.
Una riñonera.
Un pato mujeres.
Un pato hombres.
Una lámpara de mano.
Una manta térmica.
Sistema de oxigeno con capacidad total de almacenamiento de mínimo tres metros cúbicos. Parte del sistema debe ser portátil para permitir el desplazamiento de las camillas manteniendo el suministro de oxígeno al paciente.
Aspirador de secreciones.
Un dispositivo de bolsa válvula mascara con reservorio de oxigeno para adultos.
Un dispositivo de bolsa válvula mascara con reservorio de oxigeno pediátrico.
Tres cánulas oro faríngeas de diferente tamaño.
Una máscara de no re inhalación con reservorio para adulto.
Una máscara de no re inhalación con reservorio pediátrica.
Un combi tubo o mascara laríngea.- Un sistema ventury adulto.
Un sistema ventury pediátrico y Un nebulizador
Conjunto para inmovilización que debe contener collares cervicales graduables.

Inmovilizadores laterales de cabeza, férulas neumáticas, de cartón o plástico para el brazo, cuello, antebrazo, pierna y pie.- Vendas de algodón, vendas de gasa, vendas triangulares.

INSUMOS:

Guantes desechables. - Apósitos de gasa u apósitos de algodón. - Ganchos de cordón umbilical. - Sondas naso gástrico de diferentes tamaños. - Sondas negatón de diferentes tamaños. - Cinta de esparadrapo y cinta de micro poro. - Sabanas para la camilla. - Tapabocas. - Cuaderno para anotaciones y bolígrafo. - Un delantal de plástico.

BIOSEGURIDAD:

Cuenta con recipientes debidamente rotulados para almacenamiento de residuos peligrosos biosanitarios y corto punzantes de acuerdo con las normas vigentes. - Cuenta con gafas de bioprotección elementos de desinfección y aseo. - Cuenta con soluciones cristaloides: (solución salina, hartman y dextrosa). - Medicamentos e insumos de uso no medico como analgésicos, desinfectantes y otros.
HERRAMIENTAS Y EQUIPO DE SEGURIDAD

Tiene como mínimo un extintor para fuegos ABC, con capacidad mínima de carga de 2.26 kilogramos para la ambulancia. Cuenta con chalecos salvavidas para cada uno de los ocupantes de la motonave. - Cuenta con un conjunto de herramientas entre lo que debe estar una linterna con pilas, destornilladores, un alicate, llaves de boca fija, llave de expansión, una cuerda estática y sus correspondientes ganchos para la tracción. Una vara de tres metros para empujar, acercas la embarcación o recoger náufragos.

ESTIMACIÓN PRELIMINAR:

DISEÑO METODOLÓGICO:

Un enfoque ecléptico investigativo se dio en la compilación de datos preliminares del diseño. Por tratarse de un proyecto TRANSDICIPLINARIO, INVESTIGATIVO y EMPRESARIAL. Debemos asegurar que el diseño final sea altamente eficaz y de bajo costo. Es por esto que hemos decidido, aplicar la metodología de diseño. Mediante un sistema PLM (Product Life Cycle Management). Que asegura la administración del ciclo de vida del producto y baja rotundamente los costos de la nave.

Los métodos de simulaciones virtuales, permiten ensayar una enorme cantidad de variables del diseño, en corto tiempo y a bajo costo. Dependiendo del tipo de herramienta computacional empleada, presenta errores de 1:300 000 de la variable real de control o menos. Lo cual es bastante practico, ya que nos permite tener un grado de confiabilidad en nuestros diseños; muy alto.

EQUIPAMIENTOS:

El equipamiento interior, fue realizado siguiendo las normatividades del MINSA. Por el equipo de trabajo de la escuela de INGENIERÏA BIOMEDICA de la ULATINA-Panamá. Asegurando que la nave cumpla con todos los requisitos médicos que la ley exige.

RESULTADOS (científicos, técnicos, etc.)

El objetivo principal de esta investigación era diseñar una ambulancia acuática capaz de prestar servicio en todo tiempo y en todo mar y de bajo costo. Al concluir los diseños y efectuar las pruebas con los modelos computacionales y maquetas reales creemos que se lograron los resultados esperados.

CONCLUSIONES:

Realizada la investigación y analizados los resultados, se concluye: En panamá, el servicio de ambulancia acuática, prácticamente no existe, ya que solo existen algunas unidades, y está localizadas de manera aleatoria sin ningún ordenamiento estratégico. Dejando el resto del país situación critica en caso de desastre. Los pacientes de las zonas costeras del país que necesitan un servicio de traslado

asistencial médico, deben transportados por moradores de la región y en algunos casos, las lanchas del servicio AERONAVAL.

Para conseguir y dotar una lancha como ambulancia acuática, se debe gestionar ante el Ministerio de Salud, EL AERONAVAL, empresas privadas, entidades no gubernamentales o países amigos. La lancha debe cumplir las normas internacionales y nacionales para el transporte y atención medicalizada. La inversión en lanchas ambulancia es un beneficio para los pobladores de la región sin distingo socioeconómico, ya que permite prestarle atención medica o primeros auxilios mientras se llega al hospital ó Centro de Salud más cercano.

BIBLIOGRAFÍA

Dequn Li, Huamin Zhou, Peng Zhao, Yan Li. (2009. A real-Time Process Optimization System for Inyection Molding, State Key Laboratory of Mold and Die Technology, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan, Hubei 430074, People's Republic of China, pp. 5-7

Tan, K. H. y Yuen, M. M. F. (2006). A Fuzzy Multiobjective Approach for Minimization of Injection Molding Defects. Department of Mechanical Engineering, The Hong Kong University of Science and TechnoGy Clear Water Bay, Kowloon, Hong Kong ,vol 40, Nº 4, pp. 2-5.

Zhou, Huamin, Zhao, Peng y Feng, Wei. (2007). An Integrated System for Injection Molding Process Determination. 2007. Advances in Polymer Technology. Vol. 26, Issue 3, pp. 191–205,

Whale, J., Fowkes, N., Hill, D., Hocking, G.C. (1995), A model of the injection moulding process, Journal of the Australian Mathematical Society Series B, 37, pp. 1-15.

Marquez J.J., Rueda J. y Chaves M. L. (2009). Design and Manufacturing of a Modular Prototype Mold to be employed in Micro-Inyection Molding Experiments AIP Conf. Proc. vol 1181, pp. 353-361

Chaves, M. L., RIOS, J., MARQUEZ, J. J. y VIZAN, A. (2010). Inspection model assists in correcting injection defects.. Polymer Engineering & Science. vol 50 Issue 6, pp. 1268-1279.

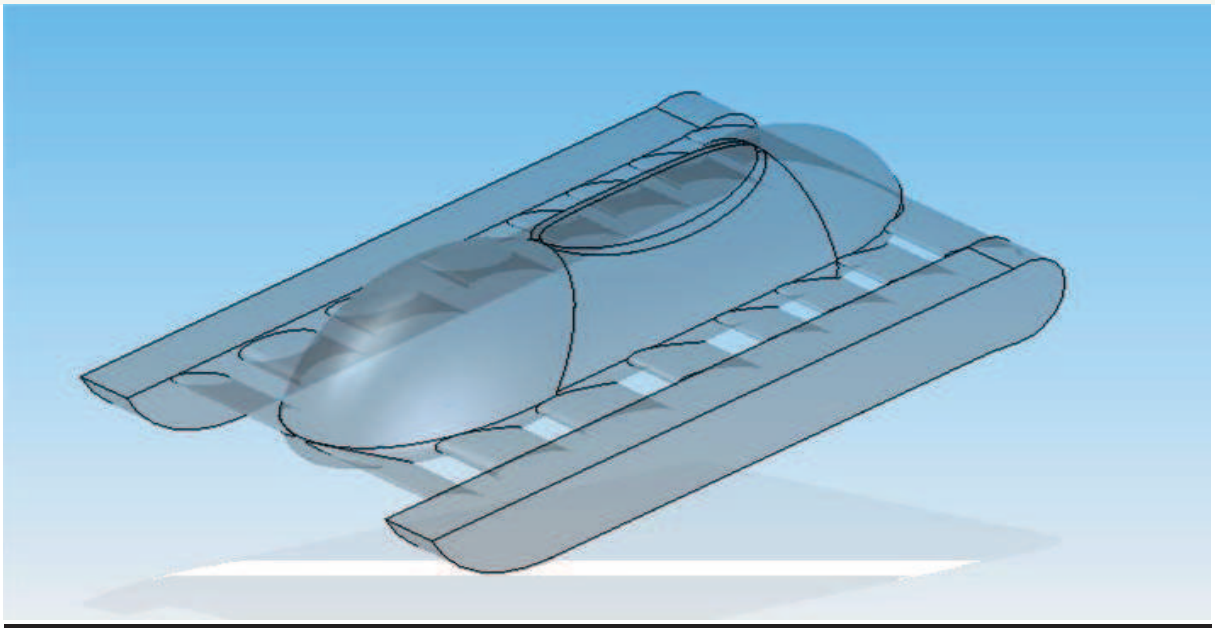
Pantani, R., Coccorullo, I., Speranza, V. y Titomanlio, G. (2006). Morphology evolution during injection molding: Effect of packing pressure. Polymer, Vol. 48, Issue 9, 24 April 2007, pp. 2778-2790

Postawa, P. y Gnatowski, A. (2007). Anisotropy of physical properties injection moulded parts and its analysis. Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering. vol. 23, ed. 2.

www.ship2yard.com
https://en.wikipedia.org/wiki/Ground_effect_vehicle
http://englishrussia.com/2010/03/12/ekranoplan/

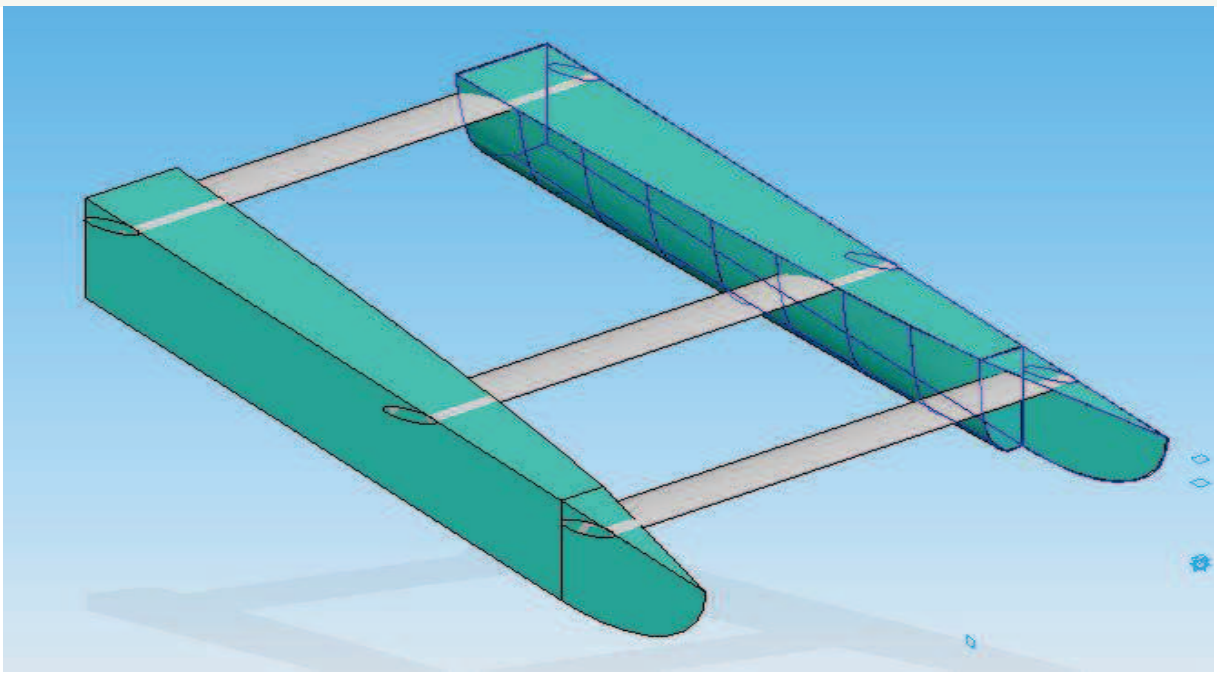
PLANOS Y MAQUETAS VIRTUALES:

LANCHA-AMBULANCIA (VERSIÓN)



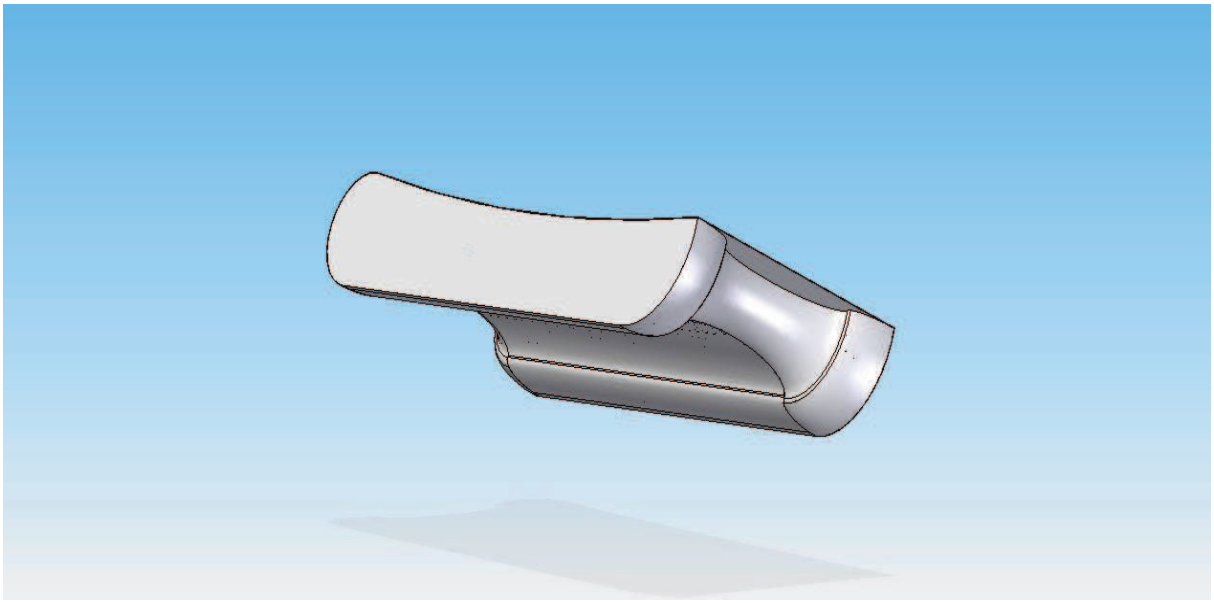
TANDEM MULTIPLANOS

LANCHA-AMBULANCIA (VERSIÓN)



TANDEM TRIPLANOS

LANCHA-AMBULANCIA (VERSIÓN)



TANDEM TIPO RAMWING

PRESUPUESTO FABRICACIÓN DE MODELOS Y PROTOTIPOS

ITEM	Egreso		Inversión		ESTADO DE PARTES (I, II)
	PARTE I	PARTE II	PARTE I	PARTE II	
Recursos (Equipos,materiales, etc)	$1200				
Instrumentación				U$ 1.500	
Materiales y Fabricación de Moldes		$1000			
Materiales plásticos		$500			
Compra de maquina inpresora 3D y modelos	$400	$15000			
Fabricación de prototipos PRFV/ PEE (Reales)			$12000		
Software de Simulación PLM / ST6	$3600				
Software para Sistemas Expertos, MATLAB	$700				
Software para diseño naval, MAXSURF	$3000				
Recursos Humanos (capacitación)	$600				
Salidas de campo	$400				
Viajes congresos, ponencias, encuentros científicos	$3000		$3000		
Material Bibliográfico	$ 300		$200		
Divulgaciones de resultados y WEB (publicaciones)	$100		$250		
Inscripciones a revistas	$250				
***Costo Total Parte I**					$ 13550
***Costo Total Parte II**					$ 18000
AUI					$ 4450
COSTO TOTAL PROYECTO					*$ 36000*

PARTE I: Solo se trabaja con simulaciones computacionales y modelos.

PARTE II: Se construyen y ensayan en el medio marino, prototipos en tamaño real.

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

ITEM	PRIMER SEMESTRE		SEGUNDO SEMESTRE		ESTADO DE PARTES (I, II)
	PARTE* I	PARTE* II	PARTE* I	PARTE* II	
Recursos (Equipos,materiales, etc)	27-08-13				
Instrumentación			27-01-14		
Materiales y Fabricación de Moldes	02-09-13				
Materiales plásticos		27-01-14			
Compra de maquina inpresora 3D y modelos		30-10-13			
Fabricación de prototipos PRFV/ PEE (Reales)				24-02-14	
Software de Simulación PLM / ST6	01-10-13				
Software para Sistemas Expertos, MATLAB	01-10-13				
Software para diseño naval, MAXSURF	01-10-13				
Recursos Humanos (capacitación)	11-11-13				
Salidas de campo	17-12-13				
Viajes congresos, ponencias, encuentros científicos	01-10-13			23-03-14	
Material Bibliográfico	01-10-13			23-03-14	
Divulgaciones de resultados y WEB (publicaciones)	10-11-13				
Inscripciones a revistas	27-08-13				

CADA PARTE TIENE UNA DURACIÓN DE SEIS MESES

CT-9 TECNOLOGÍA DE COSTA FUERA

Position keeping costs of floating offshore platforms for marine renewable energies

Laura Castro-Santos, Sara Ferreño González, Vicente Díaz-Casas, José Ángel Fraguela Formoso

Escuela Politécnica Superior, Universidad de A Coruña, C/Mendizábal s/n, 15403 Ferrol, A Coruña (España)

Teléfono +34981337400; Fax: +34981337410;

laura.castro.santos@udc.es; sara.ferreno@udc.es; vicente.diaz.casas@udc.es; jafraguela@udc.es.

ABSTRACT.

This article defines a method to calculate the position keeping (mooring and anchoring) costs of floating offshore platforms, which can be used to determine the economic viability of a marine renewable energies project. The example will define the most common floating offshore wind platforms (spar, semisubmersible and TLP), their mooring connection (tensioned or non-tensioned) and the type of anchor used. The proposed methodology will be developed using the life-cycle phases of each component considered. Furthermore, the method has been carried out for a floating offshore wind farm located in the North-West of Spain (Galicia region). Results can help to decide what the best option is in economic terms.

Key words. Floating renewable energy, offshore mooring, anchoring, position keeping

1. INTRODUCTION

Offshore wind energy will be developed in next years in order to achieve European Union objectives [1]. However, there are places where depth is very high, so fixed offshore wind structures (monopile, tripod, etc.) cannot be installed. In this context, floating offshore energy will take part in offshore market.

However, one of the most important differences between fixed and floating substructures are mooring and anchoring systems.

In this sense, the aim of this article is defining a methodology which can evaluate the position keeping costs of floating offshore platforms for marine renewable energies. For this purpose several installation, preventive maintenance and decommissioning models of floating offshore wind devices will be considered.

2. METHODOLOGY

2.1. Total cost

The life cycle phases ($\boldsymbol{i}$) of a product will be the base of the methodology proposed [2] [3]: definition, design, manufacturing, installation, exploitation and dismantling, as Fig. 1 shows:

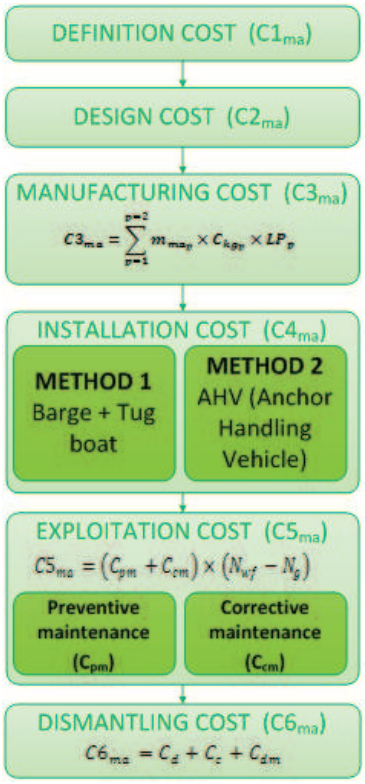


Fig. 1. Life-cycle phases of the position keeping.

Regarding this consideration, total cost of a mooring and anchoring system ($\boldsymbol{C_{ma}}$) will be as follows:

$$C_{ma} = \sum_{i=1}^{i=6} Ci_{ma} \quad (1)$$

2.2. Phase 3 cost

Manufacturing costs ($\boldsymbol{C3_{ma}}$) are calculated taking into account the cost in €/kg ($\boldsymbol{C_{kg}}$) [4] of mooring (p=1) [5] and anchoring (p=2) and their respective mass ($\boldsymbol{m_{ma}}$):

$$\boldsymbol{C3_{ma}} = \sum_{p=1}^{p=2} \boldsymbol{m_{ma_p}} \times \boldsymbol{C_{kg_p}} \times \boldsymbol{LP_p} \quad (2)$$

In this sense, mooring and anchoring [6] devices will be dimensioned considering they are satisfying the requirements related to acting forces (wind [7], waves [8] and currents) [9] [10].

2.3. Phase 4 cost

Regarding installation costs ($\boldsymbol{C4_{ma}}$) of mooring and anchoring, two different methodologies will be considered [11]. Method 1 employs a barge and a tugboat. Method 2 requires a specific vessel called AHV (Anchor Handling Vehicle). Moreover, it should be noted that in the case of anchors, AHV vessel dropped directly anchor, completing the installation process. This technique avoids the use of subsea equipment, but makes difficult the placement of the anchor at the desired location. Furthermore, suction piles are cylindrical boxes which are embedded in seabed by suction. These are lowered to the seabed and then suction is applied by a valve, which is located at its top. This installation process requires the use of subsea pumps and, sometimes, divers.

Cost calculation for Method 1 and Method 2 is:

Method 1	Method 2
$C4_{ma} = \left(C_b + C_{tb} + C_{DL} + C_{pd}\right) \times \left(\frac{N_{anchors}}{T_{instb}}\right)$	$\boldsymbol{C4_{ma}} = \left(\boldsymbol{C_{AHV}} + \boldsymbol{C_{DL}} + \boldsymbol{C_{pd}}\right) \times \left(\frac{\boldsymbol{N_{anchors}}}{\boldsymbol{T_{instAHV}}}\right)$

(3)

Being:

- C_b: barge cost (€/day)

- C_{tb}: tugboat cost (€/day)
- C_{DL}: direct labour cost (€/day)
- C_{pd}: pumps and divers cost (€/day)
- $N_{anchors} = NWT \times LP$: number of anchors (anchors)
- T_{instb}: barge installation time (anchors/day)
- NWT: number of wind turbines (wind turbines)
- LP: number of mooring lines per platform (lines/platform)
- $\boldsymbol{C_{AHV}}$: AHV cost (€/day)
- $\boldsymbol{T_{instAHV}}$: AHV installation time (anchors/day)

2.4. Phase 5 cost

According exploitation cost ($\boldsymbol{C5_{ma}}$), two different issues will be considered [12]: preventive maintenance ($\boldsymbol{C_{pm}}$) and corrective maintenance ($\boldsymbol{C_{cm}}$). Furthermore, we should take into consideration the fact that corrective costs will differ depending on the year of the life cycle ($\boldsymbol{N_{wf}}$), because there is a guarantee stage ($\boldsymbol{N_g}$):

$$C5_{ma} = \left(C_{pm} + C_{cm}\right) \times \left(N_{wf} - N_g\right) \quad (4)$$

The goal of preventive maintenance is to replace and renew components following an established programme: periodic inspections of equipment, cleaning, etc. On the other hand, the corrective maintenance is not programmed, taking place after the occurrence of a fault in the system [12].

Costs of preventive and corrective maintenance are given by:

Preventive maintenance	Corrective maintenance
$C_{pm} = CPM_{TRANSP} + \sum_{p=1}^{p=2} CPM_{MAT_p} + \sum_{p=1}^{p=2} CPM_{DL_p}$	$C_{cm} = \sum_{p=1}^{p=2} P_{f_p} \times (CCM_{DL_p} + CCM_{TRANSP_p} + CCM_{MAT_p})$

(5)

Being:

- CPM_{TRANSP}: cost of transport for preventive maintenance
- CPM_{MAT_p}: cost of materials for preventive maintenance
- CPM_{DL_p}: cost of direct labour for preventive maintenance
- P_{f_p}: failure probability, which will consider the forces acting on the floating platform and the strength of the systems using Montecarlo Method [13]
- CCM_{DL_p}: cost of direct labour for corrective maintenance
- CCM_{TRANSP_p}: cost of transport for corrective maintenance
- CCM_{MAT_p}: cost of materials for corrective maintenance

There are several preventive maintenance strategies: Onshore (without permanent accommodation): helicopter (M1), hiring Field Support Vessel (FSV) (M2) or buy a FSV (M3); Offshore (with permanent accommodation): buying FSV (M4).

2.5. Phase 6 cost

The floating offshore wind farm must be dismantled and removed for repowering [14] or only ending the activity. Firstly, wind farm will be disassembled using specialized vessels. Once the material is onshore, it may be sold as junk, receiving income (which will be counted as negative cost), or deposited in some specific place, paying for it.

Therefore, the cost of dismantling ($\boldsymbol{C6_{ma}}$) is composed by the cost of decommissioning moorings and anchors ($\boldsymbol{C_d}$), the cost of cleaning the affected area ($\boldsymbol{C_c}$) and the cost of disposing the materials ($\boldsymbol{C_{dm}}$) [15]:

$$C6_{ma} = C_d + C_c + C_{dm} \quad (8)$$

3. CONSIDERED MODELS

Three platforms will be considered: semisubmersible (Model A), Tensioned Leg Platform (TLP) (Model B) and spar (Model C). The number of lines per platform (LP) for each of these platforms is 6, 8 and 3 respectively [16]. Moreover, mooring

disposition systems could be: transitional no tensioned systems (1), slack no tensioned system (2), Tensioned Leg Platform (TLP) tensioned (90º) (3) or Taut Leg Buoy (TLB) tensioned (45º) (4), as we can see in Fig. 2:

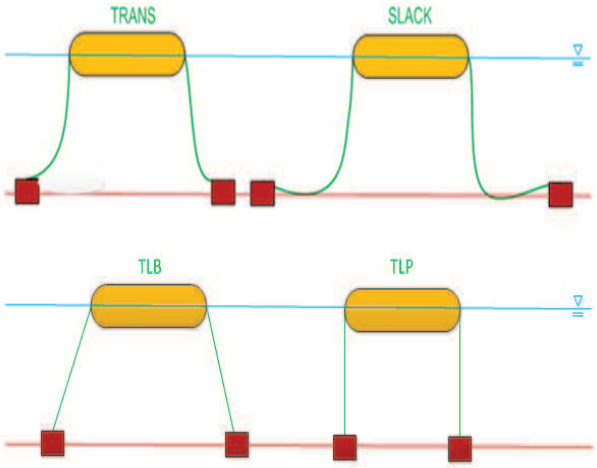


Fig. 2. Mooring models

Regarding mooring materials we will consider three cases: chain (Ch), cable (Ca) and synthetic fibre (polyester) (Fi).
Moreover, cohesive (CS) and no cohesive soils (NCS) will be studied.

Finally and regarding anchoring, four different alternatives will be taken into account: drag embedment anchor (De) [17], suction pile (Sp) [18], gravity anchor (Ga) and plate anchor (Pa).

However, platform TLP with no tensioned mooring (slack or transitional) will be rejected, considering its own definition, which implies tension. Furthermore, drag embedment anchor does not allow vertical forces and plate anchor does not accept horizontal forces [19].

4. RESULTS

Results have been obtained taking into account that floating offshore wind farm is located in Galicia (North-West of Spain), which will condition, through environmental forces applied, anchoring and mooring dimensions.

As we can see in Fig. 3, results for manufacturing costs of mooring indicate that most expensive mooring is Model B-tensioned (90º)-chain with a cost of 28,915,174 €. Moreover, the cheapest one is Model C-tensioned (45º)-fibre with a value of 505,867 €.

Regarding anchoring, the cheapest anchor is plate anchor with costs between 793,800 for Model A and 2,721,600 € for Model B. On the other hand, the most expensive anchor is suction pile with values between 4,596,218 and 9,906,676 €.

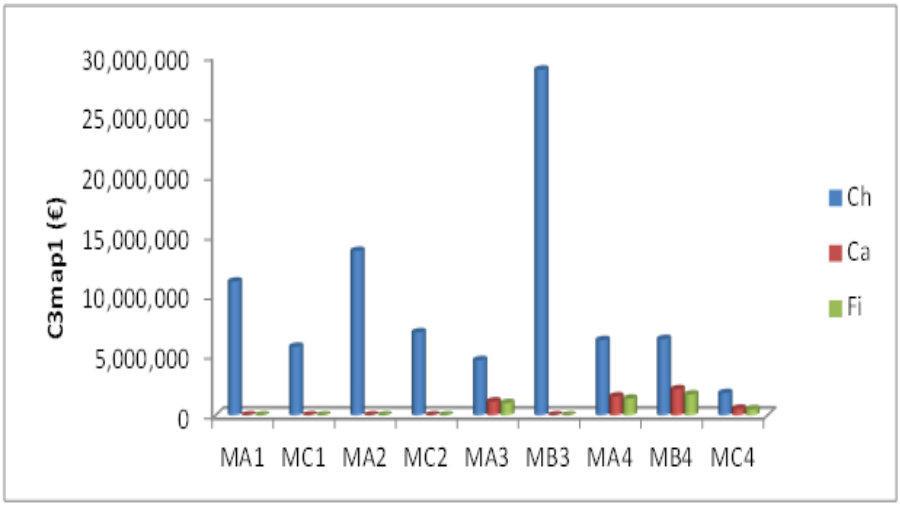


Fig. 3. Manufacturing mooring cost

Installation costs depend on the type of anchor considered, because their installation method is different. In this sense, drag embedment anchors, gravity anchors and plate anchors do not need pumps and divers, so their cost will be less than suction piles, as we can see in Fig. 5.

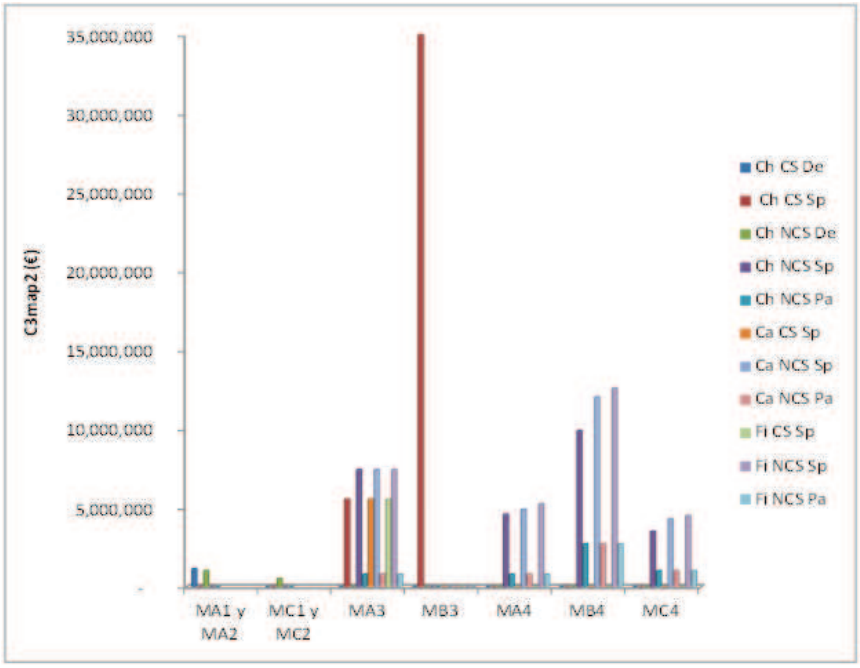


Fig. 4. Manufacturing anchoring cost of tensioned and non tensioned systems

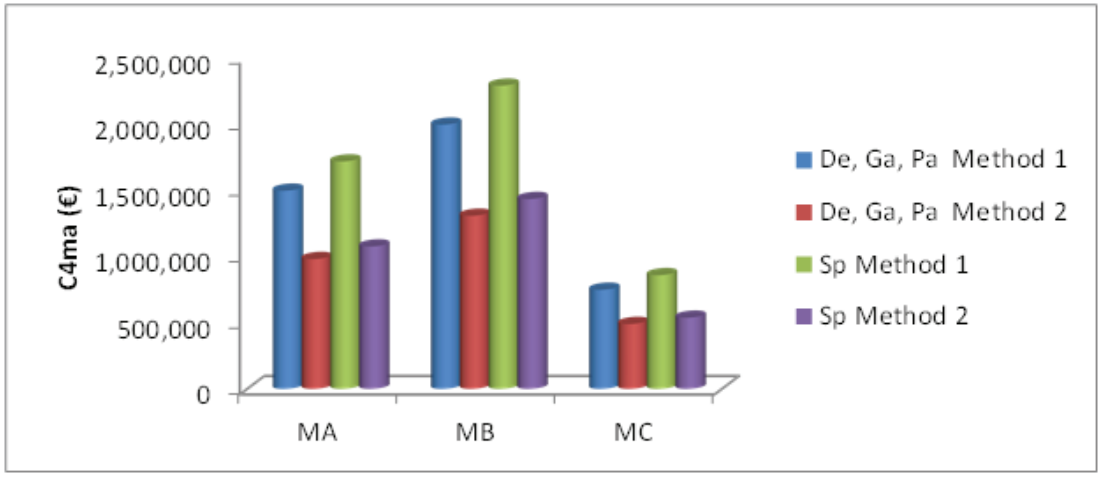


Fig. 5. Installation costs for drag embedment anchors, gravity anchors and plate anchors

Method 2 based on the use of AHV vessel is cheaper than Method 1, which combines barge and tugboat. In fact, the difference in terms of costs is around 600,000- 700,000 €.

According preventive maintenance, helicopter (M1) is the cheapest preventive maintenance system, with value of 388,266 €, as we can see in Fig. 6. On the other hand, the most expensive maintenance method is one which involves buying a FSV

vessel (M3), with values up to 1,235,275 €. This result depends a lot on the distance to shore.

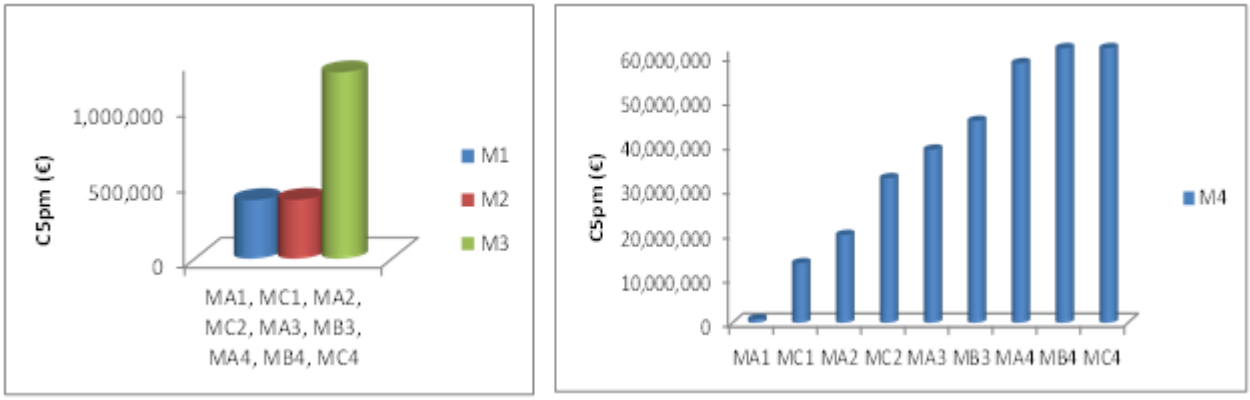


Fig. 6. Preventive maintenance costs for non tensioned and tensioned platforms

Otherwise, corrective maintenance costs related to mooring systems differ from 392.48 in Model A with transitional mooring to 125,997.50 € in Model C with slack mooring, as we can see in Fig. 7:

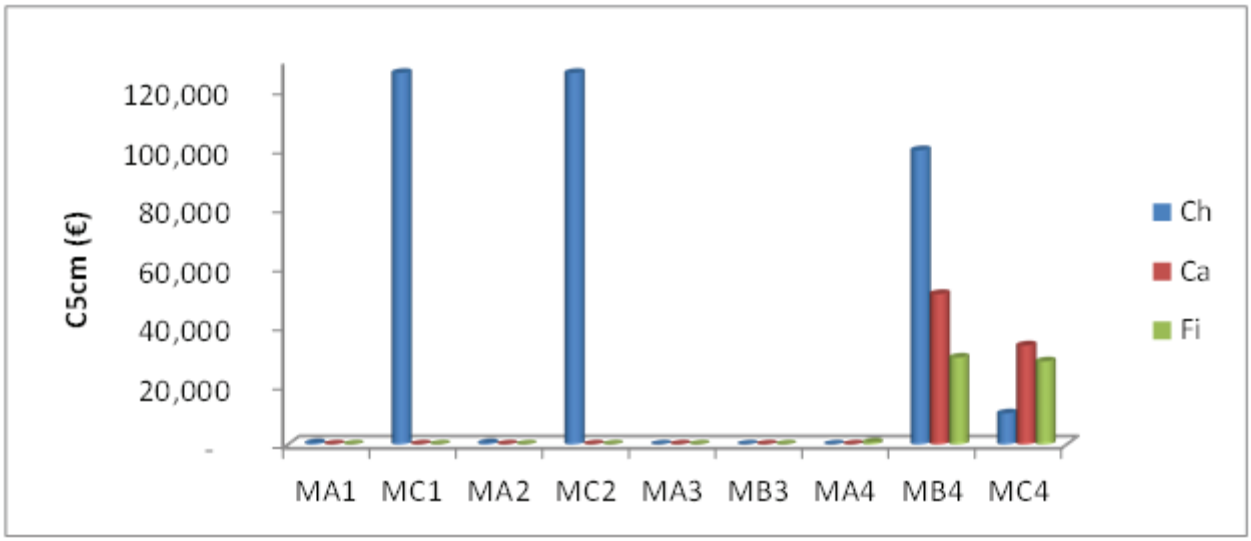


Fig. 7. Corrective maintenance costs for non tensioned and tensioned platforms

On the other hand, most of corrective maintenance costs related to anchoring systems are too much reduced because the failure probability is low (high security coefficients have been considered). In fact, they have values from 955.40 to 48,946.54 €.

According dismantling, we have three different costs: decommissioning, cleaning and disposing materials. Considering decommissioning, there are some differences in costs depend on the type of anchor used, as we can see in Fig. 8. Moreover, cleaning costs will be 200,000 €, being common for the entire wind farm, and disposing materials cost is 213,239 €.

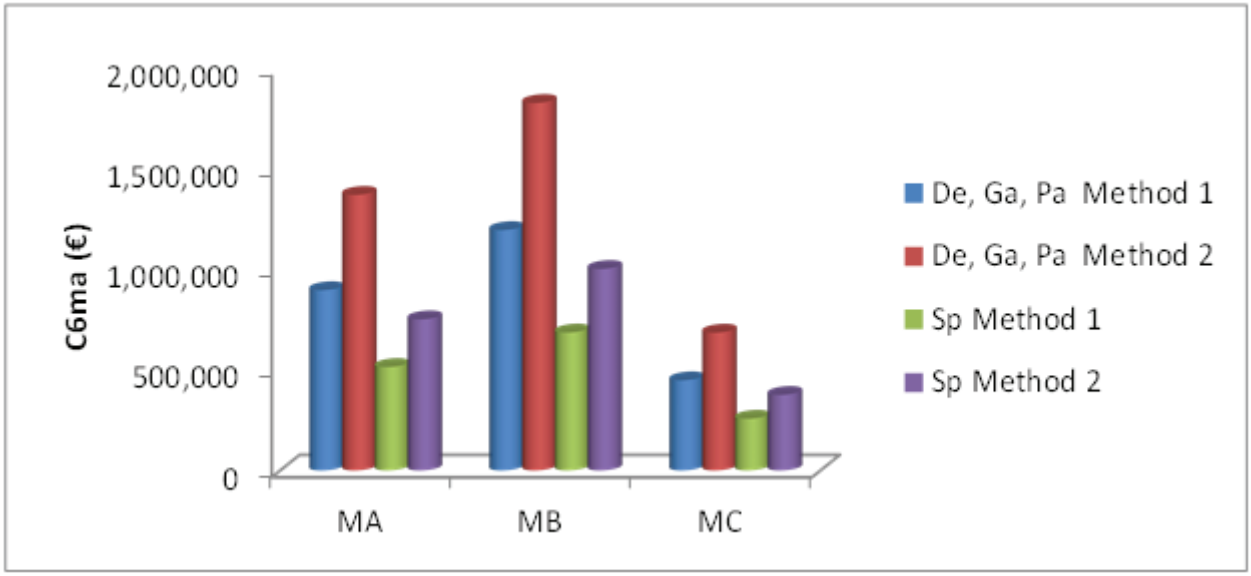


Fig. 8. Decommisioning costs for drag embedment anchors, suction piles, gravity anchors and plate anchors

5. CONCLUSION

The phases of the life cycle cost of the position keeping of a floating offshore wind farm have been taken into account: manufacturing, installation, exploitation and dismantling. They have been considered to develop each of the cost of a floating offshore platform.

Regarding to results, synthetic fibre and plate anchor are, in economic terms, the best mooring and anchoring systems. Otherwise, considering installation process, most economic method is using an AHV vessel. Nevertheless, in terms of dismantling using a cargo barge and a tugboat will be the best alternative.

Concerning maintenance, use helicopter of preventive purposes will be the best option.

The method described can help to determine the economic viability of a marine renewable energy project in the future.

ACKNOWLEDGEMENT

This work was partially funded by the MICIIN through project ENE2010-20680-C03-03.

REFERENCES

[1] Official Journal of the European Union. Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC. (2009), pp.16–60.

[2] European Committee for Electrotechnical Standardization. IEC 60300-3-3:2004. Dependability management. Part 3-3: Application guide. Life cycle costing. (2009), pp.1–70.

[3] W.J. Fabrycky, B.S. Blanchard. Life-cycle Cost and Economic Analysis. Prentice Hall (1991).

[4] Viking Mooring [Internet]. 2012 [cited 2012 Oct 12]. Available from: http://www.viking-moorings.com/mooring-equipment/

[5] O.M. Faltinsen. Sea loads on ships and offshore structures. UK: Cambridge University Press (1990), pp. 262.

[6] K. Rocker. Handbook for Marine Geotechnical Engineering. (1985).

[7] J. Jonkman, S. Butterfield, W. Musial, G. Scott, "Definition of a 5-MW Reference Wind Turbine for Offshore System Development". (2009), pp.1–75.

[8] S.K. Chakrabarti. Hydrodynamics of offshore structures. WIT (1987), pp.1–440.

[9] Det Norske Veritas (DNV). DNV - OS - J101. Design of offshore wind turbine structures. (2010), pp.1–142.

[10] Det Norske Veritas (DNV). DNV - RP - C205. Environmental conditions and environmental loads. (2010), pp.1–124.

[11] E. Wayman, P.D. Sclavounos, S. Butterfield, J. Jonkman, W. Musial, "Coupled Dynamic Modeling of Floating Wind Turbine Systems". In Proceedings of Offshore Technology Conference. Houston, Texas (USA), The Offshore Technology Conference, 2006, pp.1–25.

[12] J. Nilsson, L. Bertling, "Maintenance Management of Wind Power Systems Using Condition Monitoring Systems — Life Cycle Cost Analysis for Two Case Studies". In IEEE Transactions on Energy Conversion, Vol 22, 2007, pp. 223–9.

[13] J. Zhang, R. Gilbert, "Reliability of Mooring Systems for Floating Production Systems". University of Texas at Austin (2006), pp. 1–99.

[14] L. Castro-Santos, A. Filgueira Vizoso, E. Muñoz Caamacho, L. Piegiari, "General economic analysis about the wind farms repowering in Spain". Journal of Energy and Power Engineering (JEPE),Vol 6 (7), 2012, pp.1158–62.

[15] M.J. Kaiser, B. Snyder, "Offshore Wind Energy Installation and Decommissioning Cost Estimation in the U . S.". In Outer Continental Shelf. Louisiana, 2010, pp.340.

[16] J. Jonkman, D. Matha, "A Quantitative Comparison of the Responses of Three Floating Platforms". In European Offshore Wind 2009 Conference and Exhibition, Stockholm (Sweden), 2009, pp.1–21.

[17] American Petroleum Institute (API). Design and Analysis of Stationkeeping Systems for Floating Structures. American Petroleum Institute (API) (2005). pp.190.

[18] S. K. Chakrabarti. Handbook of offshore engineering. Elsevier Ocean Engineering (2005).

[19] R. Rodríguez, I. Gorrochategui, C. Vidal, R. Guanche, J. Cañizal, J.A. Fraguela Formoso, et al., "Anchoring Systems for Marine Renewable Energies Offshore Platforms". In OCEANS 2011 IEEE. Santander (Spain), 2011.

Diseño/análisis de un buque FPSO en aguas profundas del Golfo de México

José Hernández Hernández
Facultad de Ingeniería de la Universidad Veracruzana
E-mail: jhernanh@hotmail.com
Alberto Omar Vázquez Hernández
Instituto Mexicano del Petróleo
E-mail: ovazquez@imp.mx

Se presenta el proceso para la evaluación de la respuesta de un sistema flotante de producción tipo FPSO bajo condiciones de tormenta extrema en el Golfo de México. El proceso presenta de manera general las diferentes consideraciones que deben cumplirse como son el diseño del buque, el análisis de estabilidad e hidrostático, análisis hidrodinámico. Debido a las incertidumbres existentes en los modelos numéricos, se requiere complementar los resultados obtenidos de éstos, con pruebas físicas de modelos a escala en tanque oceánico, para calibrar los modelos numéricos y así tener una mejor representación del comportamiento del FPSO.

INTRODUCCIÓN

El Golfo de México está expuesto tanto a tormentas tropicales (huracanes) como tormentas de invierno y nortes. En el caso de tormentas tropicales estas han sufrido un aumento en la severidad de los huracanes con categoría 4 y 5 en los últimos años que pueden poner en peligro la infraestructura para la producción de hidrocarburos en el mar. Los FPSOs deben ser dimensionados para soportar las acciones permanentes y variables en el tiempo, que puedan presentarse a lo largo de su vida útil; con la finalidad de que proporcionen con seguridad apoyo a las operaciones de producción, a los equipos e instalaciones sobre su cubierta, y a la importación y exportación de hidrocarburos. El presente trabajo está relacionado con la metodología general de diseño naval de un buque FPSO para satisfacer las

características específicas de un proyecto costa afuera y la normatividad aplicable en el Golfo de México.

1. METODOLOGÍA GENERAL DE DISEÑO

En la Figura 1 se muestra el diagrama de flujo de la metodología general para el diseño de buque FPSO en etapa de ingeniería básica. El proceso inicia con la definición del FPSO mediante el establecimiento de los parámetros del sitio y de producción del proyecto, así como las especificaciones de diseño.

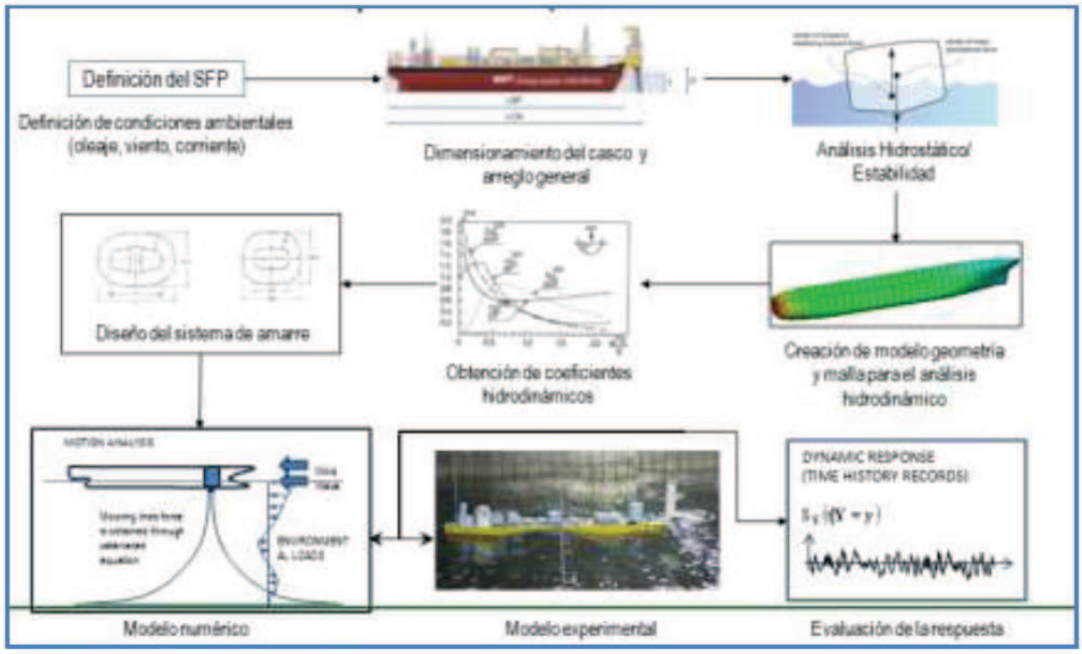


Figura No. 1 Proceso general para el diseño de un sistema tipo FPSO.

Una comparación con buques similares se lleva a cabo para una mejor definición de la geometría básica del sistema flotante. Para definir el arreglo de los equipos e instalaciones sobre cubierta se considera información preliminar existente para una producción equivalente. Con base en estos arreglos preliminares se estiman los pesos asociados a los componentes de la plataforma, incluyendo los pesos propios y de los tanques de lastre.

La siguiente etapa dentro del proceso de diseño consiste en efectuar un análisis hidrostático y de estabilidad para lo cual, es necesario elaborar un modelo numérico.

El análisis de estabilidad del FPSO tiene como objetivo principal verificar que la embarcación posea la capacidad de restauración para volver, en su condición intacta a un equilibrio estable y en su condición dañada a un equilibrio neutro permisible. El análisis hidrostático tiene como objetivo principal obtener los parámetros de desplazamiento, ubicación del centro de empuje y flotación. En la parte interna del buque se deben modelar los tanques de almacenamiento de agua de lastre, combustible y agua potable, los compartimentos para ubicación de maquinaria, y espacios vacíos, entre otros.

El análisis hidrodinámico del FPSO permite determinar los coeficientes de restauración hidrostática, de masa adherida del agua circundante a la plataforma, de amortiguamiento potencial y de las fuerzas generadas por el oleaje. Se elabora un modelo numérico del casco sumergido.

Un análisis del sistema de amarre se requiere para determinar tensiones extremas en líneas de amarre, las cargas transmitidas a la cimentación, así como los desplazamientos del FPSO debido a las condiciones ambientales extremas, ello con el fin de garantizar la suficiente resistencia del sistema a las fuerzas actuantes.

Para efectuar la prueba experimental, debido a las limitantes en profundidad de la infraestructura experimental, se debe considerar un modelo truncado para representar la profundidad del prototipo. En este sentido un modelo numérico debe efectuarse para presentar la prueba del modelo (modelo del modelo) utilizando alguna herramienta computacional para la simulación dinámica comparado posteriormente los resultados con el modelo numérico en la profundidad completa. Esto es usado como base para la calibración del modelo final.

2. BASES DE DISEÑO

El buque FPSO ha sido desarrollado y analizado a partir de las Bases de Diseño de un supuesto campo petrolífero en aguas ultraprofundas del Golfo de México.

En la siguiente Tabla 1 se muestran las características que deberá tener el caso

de estudio del FPSO:

Tabla No. 1 Características del FPSO (Diseño conceptual)

Item:	Cantidad:	Unidades:
Eslora total (LOA)	347	m
Eslora entre perpendiculares (LBP)	330	m
Manga (B)	52	m
Puntal (D)	26	m
Calado máximo (Tmáx.)	19.98	m
Capacidad de producción	90,000	Bopd
Capacidad de almacenamiento	1.5	MMBopd
Tirante de agua	2,090	m
Risers	3	-
Torreta interna	-	-
Doble casco (costados y fondo)	-	

3. ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

El FPSO debe ser diseñado para preservar su estabilidad e integridad estructural durante su operación normal y durante la ocurrencia de estados de mar extraordinarios, como las tormentas de invierno y huracanes. Por lo cual, el casco de flotación debe poseer la capacidad de restauración hacia una condición de equilibrio estable cuando es sujeto a las acciones del viento. En estos términos, la estabilidad está en función principalmente de la geometría del FPSO, centro de gravedad y momento escorante (viento). Los requerimientos de estabilidad intacta y dañada incluyendo compartimentación e integridad estanca son dados por casas clasificadoras como DNV (DNV, 2010) y basados sobre IMO (IMO, 1989).

Un aspecto relevante del comportamiento de estabilidad del buque, lo constituye la verificación del mismo, y para ello se realizan análisis estáticos, los cuales consideran las condiciones intacta (ULS) y dañada (ALS) de acuerdo a lo establecido en códigos, regulaciones, estándares y recomendaciones, emitidos por organizaciones internacionales como la *International Maritime Organization* (IMO).

Para el desarrollo de los análisis estáticos, fue definido un punto de inundación no protegido en la sección de popa, es decir, la abertura que nunca será cerrada, esta condición aplica también para el caso de los tubos de ventilación de tanques.

Cabe resaltar, que este punto de inundación no cuenta con un sistema de cierre automático por lo que en cierto momento podría permitir el paso del agua al interior, originando la pérdida de estabilidad de la embarcación, es por ello que se consideran como fronteras las reglas de clase establecidas por un organismo clasificador como la *International Association of Classification Societies* IACS, para la revisión de los criterios de estabilidad.

El procedimiento realizado para el análisis de estabilidad intacta del FPSO, consistió en identificar como primer paso la normatividad y las recomendaciones aplicables, así como establecer cuáles son los principales requisitos de la normatividad aplicable. Dentro los cuales son altura metacéntrica (GM) con un valor ≥ 1 metro y el área bajo la curva del momento adrizante hasta el ángulo de la primera abertura de inundación, no debe ser menor al 40% más que el área bajo la curva del momento de escora debido a viento hasta el mismo ángulo límite.

El paso siguiente corresponde a recopilar la información requerida para poder realizar el análisis de estabilidad, la cual comprende: planos de curva de contorno del casco, planos de distribución, capacidad de tanques, tabla de pesos, centros de gravedad de módulos en cubierta y casco; una vez que se obtuvo la información de referencia, fue necesario revisarla para identificar los requerimientos para el análisis del FPSO. Posteriormente, con base en la información recopilada y revisada se generó el modelo para el análisis de estabilidad. La Figura No. 2 muestra el arreglo general de los tanques de almacenamiento del FPSO.



Figura No. 2 Arreglo de los tanques de almacenamiento.

En el análisis de estabilidad, una de las principales actividades relativas al modelo del casco fue precisamente definir la configuración del mismo, representado mediante líneas de contorno el modelo (con doble costado y doble fondo), el cual, implícitamente define las características hidrostáticas del FPSO. En la geometría interna del casco, se delimitaron a partir del segundo castado y doble fondo los diferentes tanques de almacenamiento (lastre, crudo, producto fuera de especificación, agua producida, combustible, agua fresca y agua potable), los compartimentos para ubicación de maquinaria, y espacios vacíos entre otros, los cuales son necesarios tener considerados en el modelo para poder realizar los análisis de estabilidad.

Además fueron incluidas las áreas de los equipos e instalaciones sobre cubierta expuestas al viento, ya que estas definen los momentos de escora que se ejercerán en un momento dado en el sistema del FPSO, compuesto entre otros por: el área habitacional, quemador, las grúas, cargas en cubierta y helipuerto. En la figura No.3 se muestran las áreas de los equipos e instalaciones del FPSO sobre cubierta.

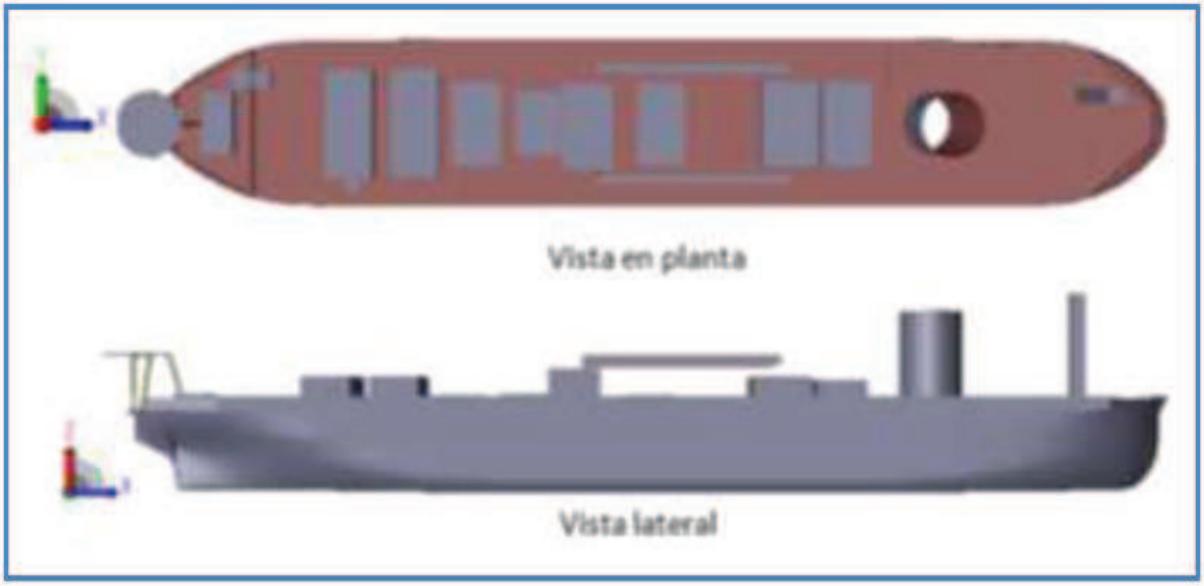


Figura No. 3 Áreas de los equipos e instalaciones sobre cubierta.

Posteriormente, a la elaboración del modelo, fue necesario definir las condiciones de carga para las cuales se revisó la condición intacta del FPSO. Una vez definidas las condiciones de carga se procedió a realizar el análisis de estabilidad para cada una de ellas, las cuales deben cumplir con los requisitos especificados por la normatividad aplicable. Considerándose un criterio de diseño metoceánico de un viento con velocidad de 100 nudos (51.5 m/s) como mínimo, verificándose que esta velocidad de viento es mayor que la presente en el estado de mar de diseño (zona oeste del GOM Norte).

Como resultados de los análisis de estabilidad se obtuvieron los parámetros hidrostáticos asociados al FPSO, para el calado de operación, los cuales incluyen altura metacéntrica, desplazamiento, centro de gravedad, centro de empuje, centro de flotación, entre otros.

Adicionalmente, para las condiciones de carga consideradas (calado mínimo y calado máximo) se obtuvieron las curvas de estabilidad que representan el momento adrizante y el momento escorante (figura 4), mismos que son graficados contra ángulos de escoramiento para asegurar los rangos de estabilidad, donde se incluyeron los efectos de superficie libre de los líquidos contenidos en los tanques, a

partir de esto se obtuvo la relación de áreas debajo de la curva de momento de adrizante entre la del momento de escora.

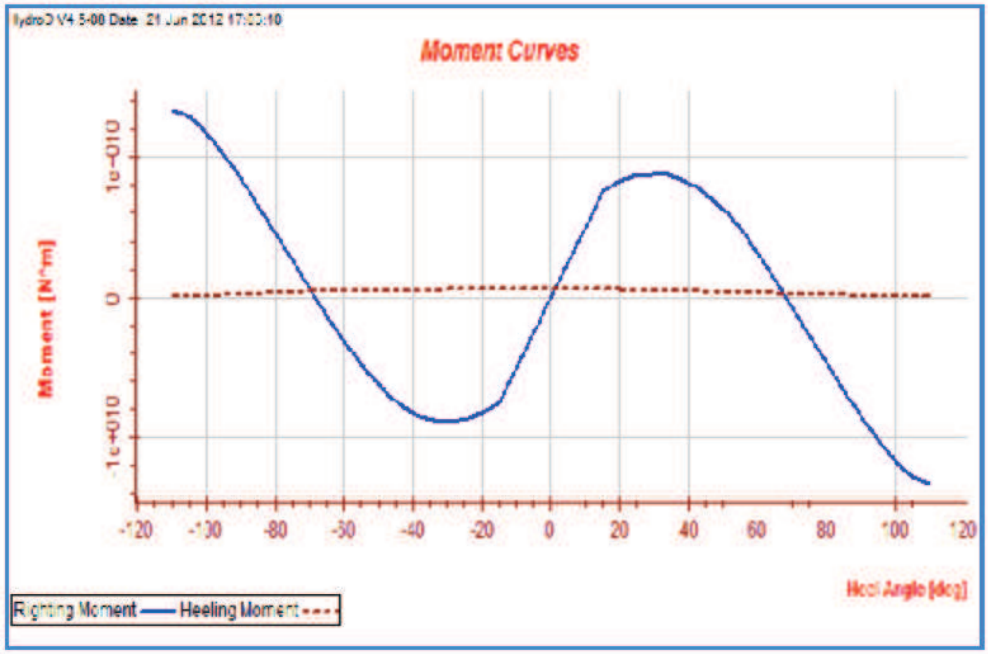


Figura 4. Curva del momento adrizante y de momento escorante debido al viento en condición intacta del FPSO.

4. ANÁLISIS HIDRODINÁMICO

Las cargas hidrodinámicas en un FPSO son principalmente generadas por las olas del océano. Estas cargas hidrodinámicas son debidas a la interacción que existe entre el olaje con el FPSO, las líneas de amarre, risers y umbilicales.

El objetivo del análisis hidrodinámico es determinar la respuesta, expresada en términos de fuerzas y movimientos, de un sistema flotante de producción sujeto a solicitaciones ambientales de oleaje, viento y corriente. Estrictamente hablando, este análisis consiste en cuantificar la magnitud de dichas respuestas dinámicas de la estructura a través del estudio de su interacción con el fluido, debido al efecto combinado de oleaje, viento y corriente, en condiciones extremas, de operación, transportación, instalación, etc. Estos cálculos arrojan los datos de entrada que se introducen en los análisis estructurales en términos de fuerzas, momentos

flexionantes, presiones, etc., los cuales permitirán realizar diseños que garanticen la seguridad estructural del sistema durante su vida útil.

Los llamados Operadores de Amplitud de Respuesta (RAO) o también conocidos como funciones de transferencia, describen la respuesta de un componente o estructura sujeto a oleaje de amplitud unitaria, en el dominio de la frecuencia. Su obtención permite realizar la estimación de la respuesta de un elemento ante oleaje de cualquier altura, basado en las suposiciones de linealidad del sistema estructural y de los efectos del oleaje mismo. Permite también la superposición de efectos en el dominio de la frecuencia, lo que computacionalmente es de gran beneficio. Para calcular los RAO, el punto de partida es determinar la respuesta del sistema estructural ante las olas que representan la energía, en el dominio de la frecuencia, de un estado de mar.

La magnitud del balanceo depende de la relación entre el FPSO y la magnitud del oleaje también de los efectos de resonancia. Puesto que las modificaciones de la geometría son generalmente complicadas generalmente en unidades convertidas, la influencia del amortiguamiento es fundamental. Sin embargo, la relación de la forma del buque y la longitud de la manga resulta en un pequeño amortiguamiento en movimientos transversales con grandes consecuencias para los efectos de resonancia. De este modo, el primer intento para reducir el movimiento de balanceo puede ser la introducción de un amortiguamiento artificial, y las quillas de balance son un camino simple para hacerlo.

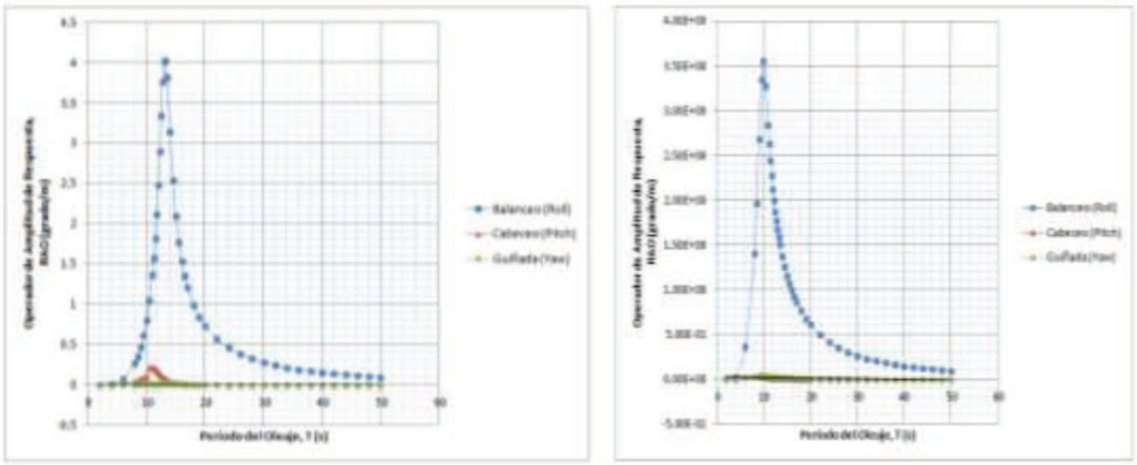
Varios estudios han sido llevados a cabo para evaluar la eficacia del ensanchamiento de las quillas de balance para el FPSO, la mayoría basados en modelos de prueba, y los resultados han mostrado que el alargamiento de las quillas puede producir más del 100% de incremento en los coeficientes de amortiguamiento. La Tabla No. 2 muestra el amortiguamiento como un porcentaje crítico de amortiguamiento, para diferentes tamaños (anchos) de quillas de balance (Ferrari, J.; Ferreira, M., 2002).

Tabla No. 2 Eficacia del ensanchamiento de las quillas de balance

Ancho de quilla de balance	Amortiguamiento
0.45m	4.46%
0.90m	3.90%
1.80m	6.51%

En la figura 5 se muestran los resultados obtenidos en el análisis hidrodinámico (modelo numérico) considerando al FPSO sin quillas de balance y con quillas de balance del movimiento de rotación.

El espectro de oleaje puede ser representado de forma equivalente como la descomposición de una serie de trenes de ola regular de diferentes frecuencias, de modo que se cubre la mayor parte de las frecuencias que describen la energía del oleaje en un sitio dado, bajo la suposición de linealidad, se realizan análisis de respuesta del sistema flotante ante trenes de ola de altura unitaria, con lo que se procede a determinar la correspondiente respuesta en el dominio de la frecuencia.



(a) (b)

Figura No. 5. Operadores de amplitud de respuesta (RAO) del movimiento de rotación del FPSO para una incidencia del oleaje a 90º (a) sin Quila de Balance y (b) con quilla de balance.

5. REALIZACIÓN DE PRUEBAS EXPERIMENTALES

Pruebas experimentales se llevaron a cabo en el Tanque Oceánico del Korean Intitute of Ocean Science and Technology (KIOST). El tanque oceánico tiene las dimensiones de 56 m de largo, 30 m de ancho y profundidad de 3.3 m. Las pruebas se realizaron con un modelo a escala 1/60. Los movimientos del FPSO con su sistema de amarre fueron investigados y comparados con el análisis numérico. Las pruebas del modelo se consideraron olas regulares e irregulares con diferentes periodos y alturas.

El prototipo FPSO está hecho fijo al lecho marino por una torreta localizada a 0.77Lpp. Un sistema de amarre truncado equivalente es empleado (Figura 6).

Dentro de los análisis realizados se tuvo la validación de los movimientos de primera orden (fig. 7), así como la respuesta del FPSO ante condiciones ambientales extremas. Los resultados obtenidos del análisis numérico con las pruebas experimentales se encuentran dentro de los rangos aceptables.

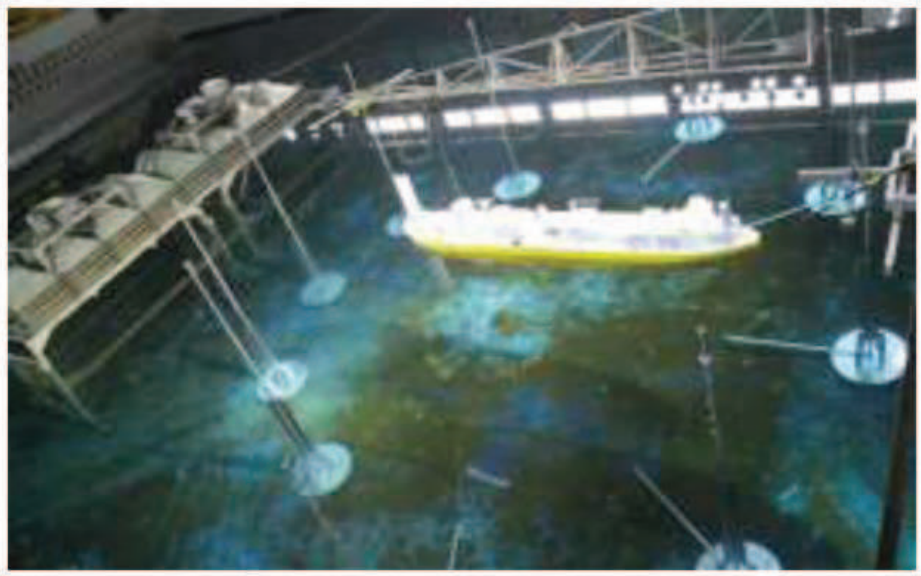


Figura No. 6 Sistema de amarre truncado del modelo a escala (A.O.V. Hernandez et al.,2013).

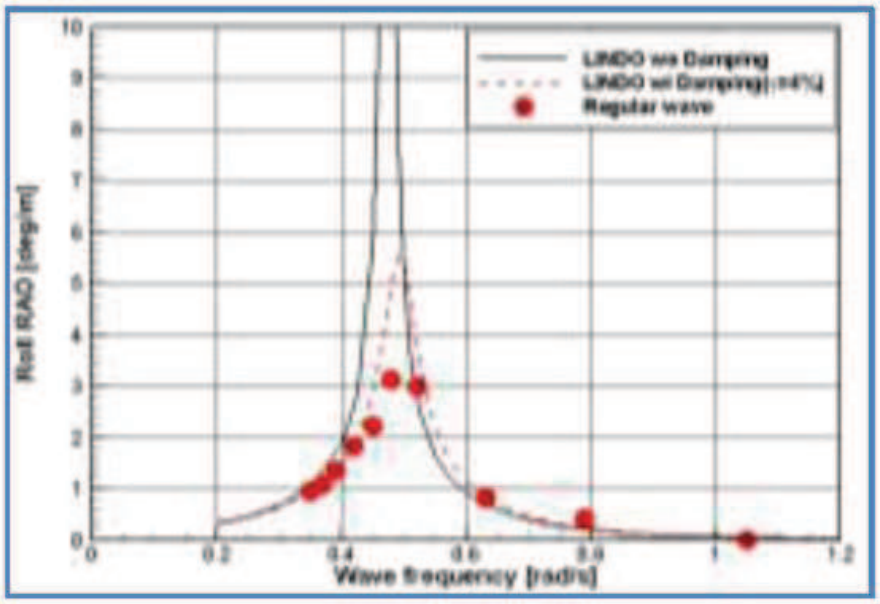


Figura No. 7. Operadores de amplitud de respuesta (RAO) del movimiento de balanceo del FPSO para una incidencia del oleaje a 90o numéricamente y experimentalmente (A.O.V. Hernandez et al., 2013).

6. CONCLUSIONES

El presente trabajo fue enfocado principalmente hacia la evaluación del desempeño hidrodinámico de un FPSO considerando oleaje extremo debido a huracanes en el Golfo de México para satisfacer las características específicas de un proyecto costa afuera y la normatividad aplicable.

Debido a las incertidumbres existentes en los modelos numéricos, se requirió complementar los resultados obtenidos de éstos, con pruebas físicas de modelos a escala en tanque oceánico, para calibrar los modelos numéricos y así tener una mejor representación del comportamiento del FPSO.

Los resultados obtenidos del análisis numérico y las pruebas experimentales muestran que el concepto del buque FPSO es muy favorable.

REFERENCIAS

1.-A.O.V. Hernandez, HG Sung, J. Hernandez, SK Cho, (2013), "*Preliminary Results of Global Performance Evaluation of a FPSO Designed for Mexican GoM*," Anchorage, ISOPE.

2.-DNV, Det Norske Veritas 2010, "*Offshore Standard DNV-OS-C301 Stability and Watertight Integrity*", Det Norske Veritas.

3. - Ferrari, J.; Ferreira, M.; "*Assessment of the Effectiveness of the Bilge Keel as an Anti-Roll Device in VLCC−Sized FPSOs*", 2002, ISOPE, Kitakyushu, Japan.

4. - IMO, International Maritime Organization, 1989, "*Code for the Construction and Equipment of Mobile Offshore Drilling Units*

Elementos a considerar en una instalación de una nueva monoboya como estructura costa afuera

José Perdomo Rivadeneira
Consultor Técnico Marítimo
IENPAC de VENEZUELA, C.A.
Venezuela
Email: ienpacvenezuela@gmail.com; perdomo.jose81@gmail.com

DEFINICIONES

Amarre. Operación física de recoger el cabo de amarre y asegurarlo al buque.

Atraque. Proceso de poner un buque en posición correcta y estacionaria, en relación a la boya y preparada para el amarre.

Bollard Pull (BP). Se expresa en toneladas iguales a 1000 kgf. y se refiere a la capacidad de halada del remolcador, al estar asegurado a punto fijo en muelle o en el mar.

Buque Tanque. Nave de gran tamaño propia para la navegación de altura, destinada al transporte de hidrocarburos.

CALM. Catenary Anchor Leg Mooring", sistema de amarre de la monoboya al fondo marino por medio de cadenas con Configuración de catenaria cada una.

Capitan. Comandante del Buque responsable por su seguridad y Operación.

Chafe Chain. Cadena del sistema de amarre a una monoboya, que se iza abordo de la cubierta del buque y se asegura con un "Bow Stopper" (freno de cubierta.).

CLM. Cargo Loading Master, representante del Terminal durante las operaciones de cargue de buque tanques.

Gas Inerte. Gas como el Nitrógeno o el Dióxido de Carbono, o una mezcla de gases, como los gases de chimenea en donde la concentración de Oxígeno es insuficiente para fomentar la combustión de hidrocarburos. Se considera gas inerte cuando la concentración de Oxígeno es menor al 10%.

GPM. Galones por minuto de agua o agua / espuma que bombea un sistema contraincendio de un remolcador.

Hawser. Calabrote de Amarre entre el Buque Tanque y la Monoboya, construido de Fibra de Nylon (Hilos de Poliamida), con excelente capacidad al choque o capacidad de absorción de energía mecánica.

Monoboya. Estructura auto flotante que sirve para que se amarren los buque tanques y a través de ella se carga o descarga hidrocarburos.

OCIMF. Oil Companies International Marine Forum". Publica documentos técnicos para diseño, operación y mantenimiento de monoboyas y sus componentes.

Operaciones. El cargue, descargue o trasiego de petróleo o lastre, la limpieza de tanques, la liberación de gases, el muestreo y todas las demás actividades auxiliares.

Petróleo. Líquido oleoso constituido por una mezcla de hidrocarburos y otros compuestos orgánicos.

Piloto Práctico. Persona encargada de asesorar al Capitán en la maniobra de acercamiento a la monoboya y quién dirige la maniobra de amarre del buque tanque a ésta.

PLEM. Múltiple del extremo del oleoducto submarino (Pipeline End Manifold), donde se conecta el oleoducto y las mangueras submarinas que conectan la monoboya.

Regulaciones. Normas nacionales o internacionales que se aplican a la operación marítima.

SPM. Amarre de punto único (Single Point Mooring).

SWL. Carga Límite de seguridad (Safe Working Load) de grúas y aparejos de carga.

VEHOP. Venezuela Extra Heavy Oil Project

Buque Tanque. Buque diseñado para transportar hidrocarburos al granel, es decir en tanques, lo que incluye buques graneleros cuando se están usando para este fin.

INTRODUCCION

1.- El presente trabajo tiene como objetivo establecer los Elementos a considerar en una instalación de una nueva "Monoboya" como estructura Costa Afuera que se deben cumplir para el diseño, selección de materiales, fabricación, inspección, pruebas, identificación, embalaje, transporte, carga y descarga, documentación y garantías, de una (1) "Monoboya", para la transferencia del producto a una instalación en tierra considerada en el desarrollo de la Fase de Ingeniería Básica y

de Detalle de un Proyecto. Siendo un soporte de conocimiento e investigación para la toma de decisiones gerenciales en torno a la adquisición de un sistema CALM "Monoboya" tipo Torreta o Tornamesa para un proyecto a desarrollarse .En función de incrementar la capacidad de manejo de crudo y así cumplir, con alta confiabilidad y sin ningún tipo de inconvenientes a la hora de la selección del tipo de Monoboya.

La "Monoboya", como Facilidad Marina para la transferencia de productos; se plantean las interrogantes de orden gerencial para la toma de decisiones, llevando a sus ves las respuestas dentro de la investigación de mercado a nivel mundial y el contexto general de esta tecnología marítima específica para el proyecto. ¿Qué tipo de monoboya es la más recomendado paras su operación y ubicación del proyecto en la zona costera venezolana?

¿Cuáles son los principales fabricantes de este tipo de Monoboyas a nivel mundial?; ¿Qué tiempo de entrega o fabricación tiene las Monoboyas?; ¿cuál es el estimado de inversión que poseen estos equipos?; ¿Existe dentro del mercado internacional disponibilidad en stock de un equipo que cumpla con los criterios de tiempo requerido en un proyecto?

De igual manera el tema a desarrollar pretende presentar una muestra de las características técnicas de una "Monoboya" como estructura costa afuera, la cual es producto de las condiciones de diseño bajo las cuales estará trabajando el equipo, como lo son: caudal y presión, y propiedades del medio ambiente entre otras; todo ello con la finalidad de seleccionar una "Monoboya" capaz de responder a las exigencias del trabajo bajo las cuales debe operar, basados en los lineamientos de las Reglas de Construcción y Clasificación de Estructuras Costa Afuera.

El incremento en el consumo de hidrocarburos en el mundo creó la necesidad de aumentar su transporte por vía marítima, lo cual también se reflejó en el aumento del tamaño de los buques, tamaños que requirieron instalaciones portuarias apropiadas que facilitaran su atención en cualquier condición de mar y teniendo en cuenta las limitaciones de los Puertos. Asimismo, los mayores yacimientos de petróleo no están cerca de los grandes consumidores, lo cual demanda un alto servicio de transporte

de hidrocarburos por vía marítima. Este incremento en el tamaño de la flota mundial del buque tanque trajo consigo el incremento de los riesgos asociados a su operación en áreas de alta densidad de población y zonas de alto tráfico marítimo.

Se impuso entonces, la necesidad de adoptar otros sistemas de transferencia de hidrocarburos que permitieran que los grandes buque tanques no entraran hasta el puerto, pero que llegaran cerca de él, reduciendo así el tráfico marítimo en aguas restringidas, los riesgos de contaminación marina y fluvial y permitiendo que estos grandes buques fueran atendidos en aguas profundas, condición necesaria por sus grandes calados.

Para ello se desarrollaron varias tecnologías como los Terminales multiboyas, puertos artificiales con grandes rompeolas (alternativa muy costosa), islas artificiales en altamar (alternativa de alto costo y alto riesgo) y las **SPM** (Single Point Mooring), entre otras.

El desarrollo de las **MONOBOYAS** o **SPM** se inició en la década de los años **1920** pero fue sólo hasta la década de **1952** que se registro la primera patente.

2.- El uso de terminales petroleros tipo **Monoboyas** viene desarrollándose desde hace relativamente corto tiempo. No fue hasta **1952** cuando se registró la primera patente para diseñar el cuerpo de una boya simple que servía tanto para amarrar como para transferir fluido desde o para un tanquero.

La primera **Monoboya** considerada como precursora de este tipo de facilidades fue construida e instalada para la marina Sueca en **1959**.

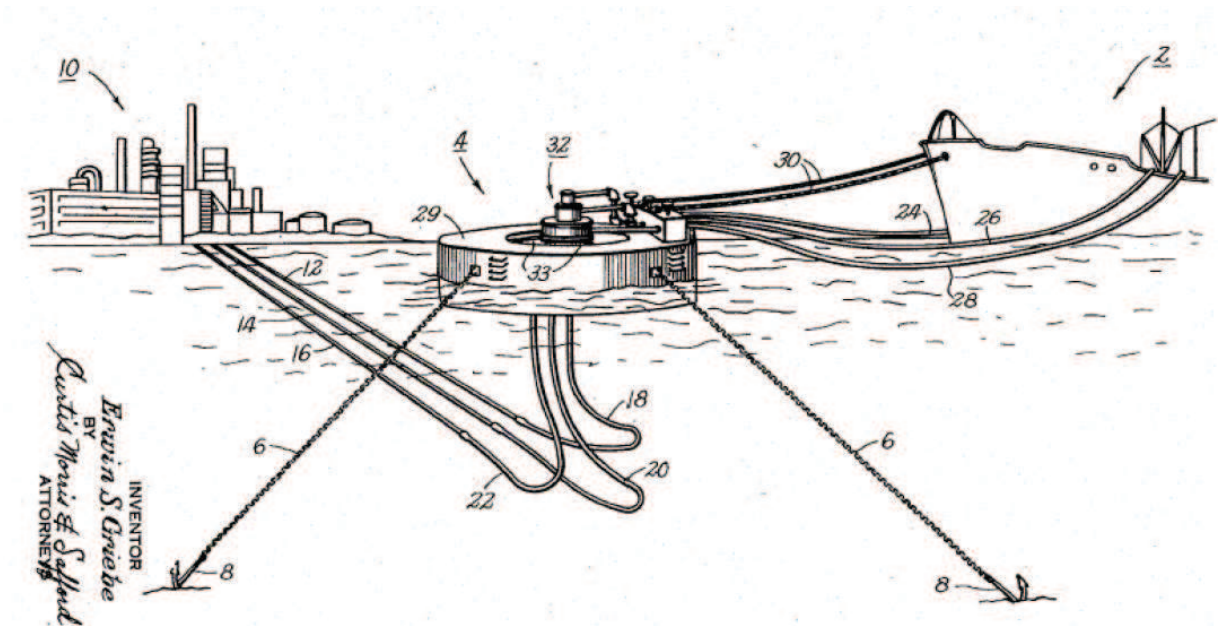


Figura. 1.- Desarrollo de las Monoboyas

2.1.- Desarrollo de las Monoboyas en Venezuela.

En el caso **Venezolano**, fue la necesidad de exportar un producto nuevo en la industria, lo que provocó la instalación de la primera unidad de este tipo en nuestras aguas en **1968** por **SBM** (Single Buoy Mooring**)** para la Refinería CVP - Morón del tipo Bogey Wheel (Riel y Ruedas-1ra.generacion) **Monoboya** - CALM; diseñada para atender buques hasta 100MDWT a una rata de cargue de 20MBls/Hrs; en una profundidad de 19 metros. En **1994** ,**Bluewater** (bluewater Energy Services B.V.) diseña una **Monoboya** del Tipo Torreta - CALM para Corpoven – PDVSA; dedicado especialmente para cubrir la exportación ORIMULSION, como derivado del crudo extra pesado de la Faja Bituminosa del Orinoco, permitiendo amarrar buques hasta 250MDWT a una rata de cargue de 60MBbls/Hrs; en una profundidad de 27 metros. La empresa filial **BITOR** (Bitúmenes del Orinoco) de Petróleos de Venezuela, S.A., iniciando sus operaciones en Noviembre de 1994.

Más tarde, en **1998** se inician las operaciones de la **Monoboya** de Petrozuata, empresa perteneciente a las Ex - Asociaciones Estratégicas para la explotación de la Faja del Orinoco; y cuya finalidad es despachar y recibir crudo para el mercado nacional e internacional. Monoboya del tipo Tornamesa - CALM (2da.generacion), diseñada por ***SOFEC,*** **Inc** (*Specialized Offshore Facilities and Engineered*

Components), para el proyecto VEHOP – Petrozuata. Su configuración permite amarrar buques hasta 150MDWT según las condiciones climatológicas lo permita; a una rata de cargue de 40MBbls/Hrs; ubicada en una profundidad de 25 metros.

Con esta nueva manera de operar terminales petroleros se establecieron nuevos paradigmas de operación y mantenimiento ajustados a las normas internacionales que rigen este ámbito marítimo. No obstante fue necesario aplicar políticas propias sin antecedentes dentro de la actividad portuaria venezolana, todo lo cual ha dejado un amplio margen de experiencia en el desempeño de esta nueva tecnología, pero que sigue siendo susceptible al desarrollo de nuevas propuestas para mejorar.

Después del **11** de Septiembre de **2001**, se ha generado una nueva matriz de opinión con respecto al papel que desempeñan las instalaciones portuarias y aeroportuarias. Estos actos de terrorismo son otra razón para actuar prevenidamente ante amenazas difíciles de estimar.



Figura. 2. - Monoboya del Tipo Bogey Wheel “Riel y Ruedas” 1ra. Generación



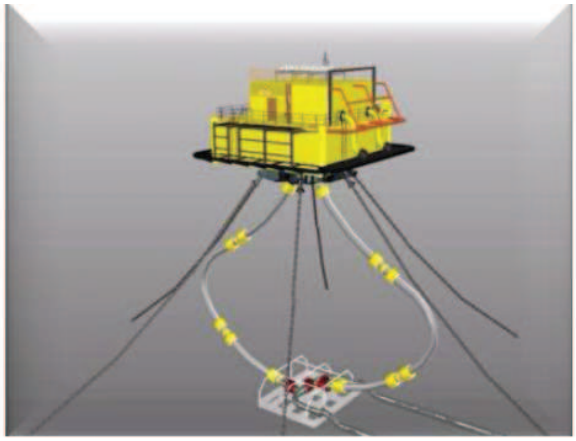


Figura. 3. - Monoboya del Tipo Torreta 3ra. Generación



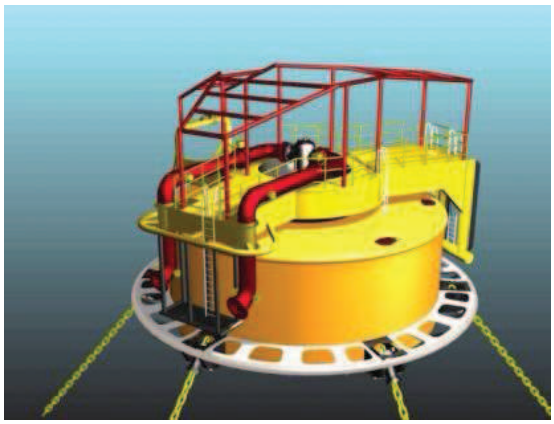


Figura. 4 - Monoboya del Tipo Tornamesa 2da. Generación.

LAS MONOBOYAS

3.- Concepto de Monoboya

Una Monoboya es una estructura autoflotante que permite amarrar un buque tanque y al mismo tiempo entregar o recibir, a través de ella, cualquier tipo de hidrocarburo. Las Monoboyas permiten la atención de grandes buques con grandes calados, ya que pueden ser instaladas en cualquier profundidad, siendo su conexión a tierra a través de un oleoducto submarino.

La Monoboya o “Single Point Mooring” (punto sencillo de amarre) permite al buque amarrado a ella girar libremente alrededor de su estructura, ubicándose en la misma dirección del viento y la corriente marina, de tal forma que el buque amarado a la SPM ofrece la menor resistencia a las fuerzas de las olas, corrientes y vientos.

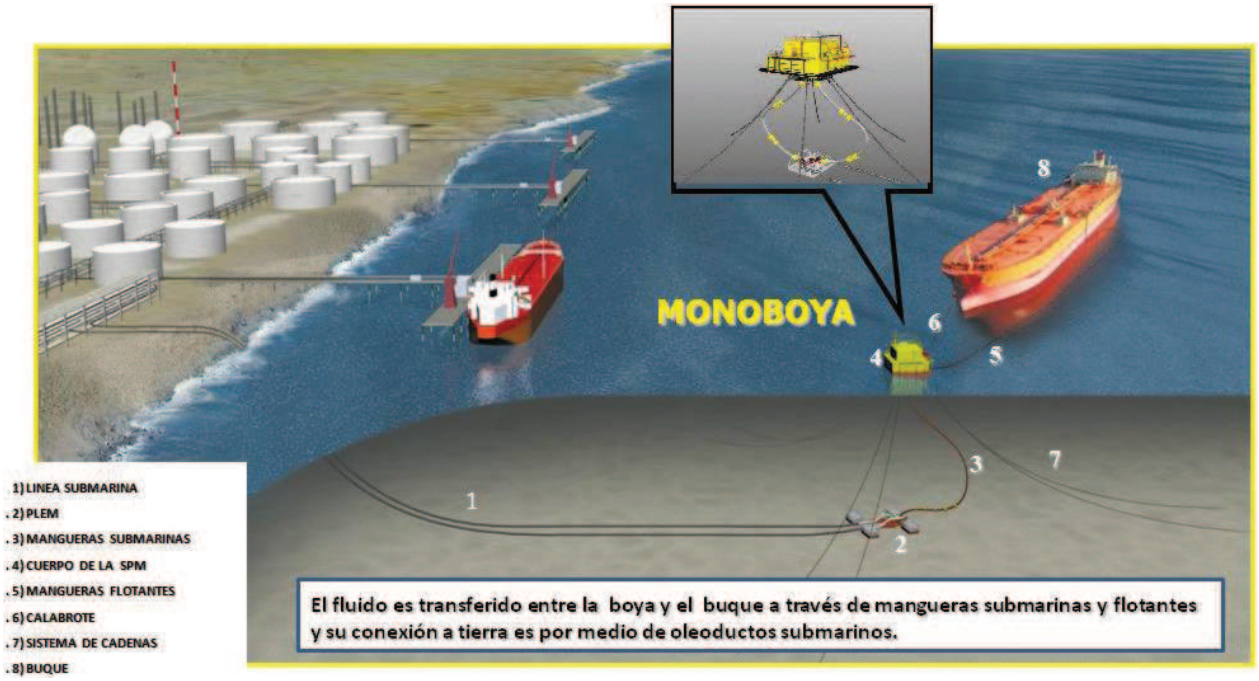


Figura. 5 - La Monoboya y sus Elementos de Conexión

La Monoboya se utiliza ampliamente, dado su costo operativo relativamente bajo, su seguridad de funcionamiento y su flexibilidad de utilización.

Una Monoboya básicamente se compone de una boya circular cuyo diámetro varía de 10 a 17 metros, anclada en el fondo de mar por medio de 6 u 8 cadenas de amarre, las cuales están aseguradas al fondo por anclas o pilotes enterrados.
Sobre la boya hay una estructura giratoria montada sobre cojinetes de rodillos que permite la rotación de 360 grados. Esta estructura giratoria está equipada con tuberías, válvulas, conexiones, instrumentos de navegación y control y a ella están conectadas las mangueras flotantes.

Las MONOBOYAS, se utilizan fundamentalmente como elementos de amarre en proa de los barcos, para permitir las operaciones de Cargue y Descargue de productos, en zonas de grandes calados, generalmente requeridos por el tamaño de aquellos.

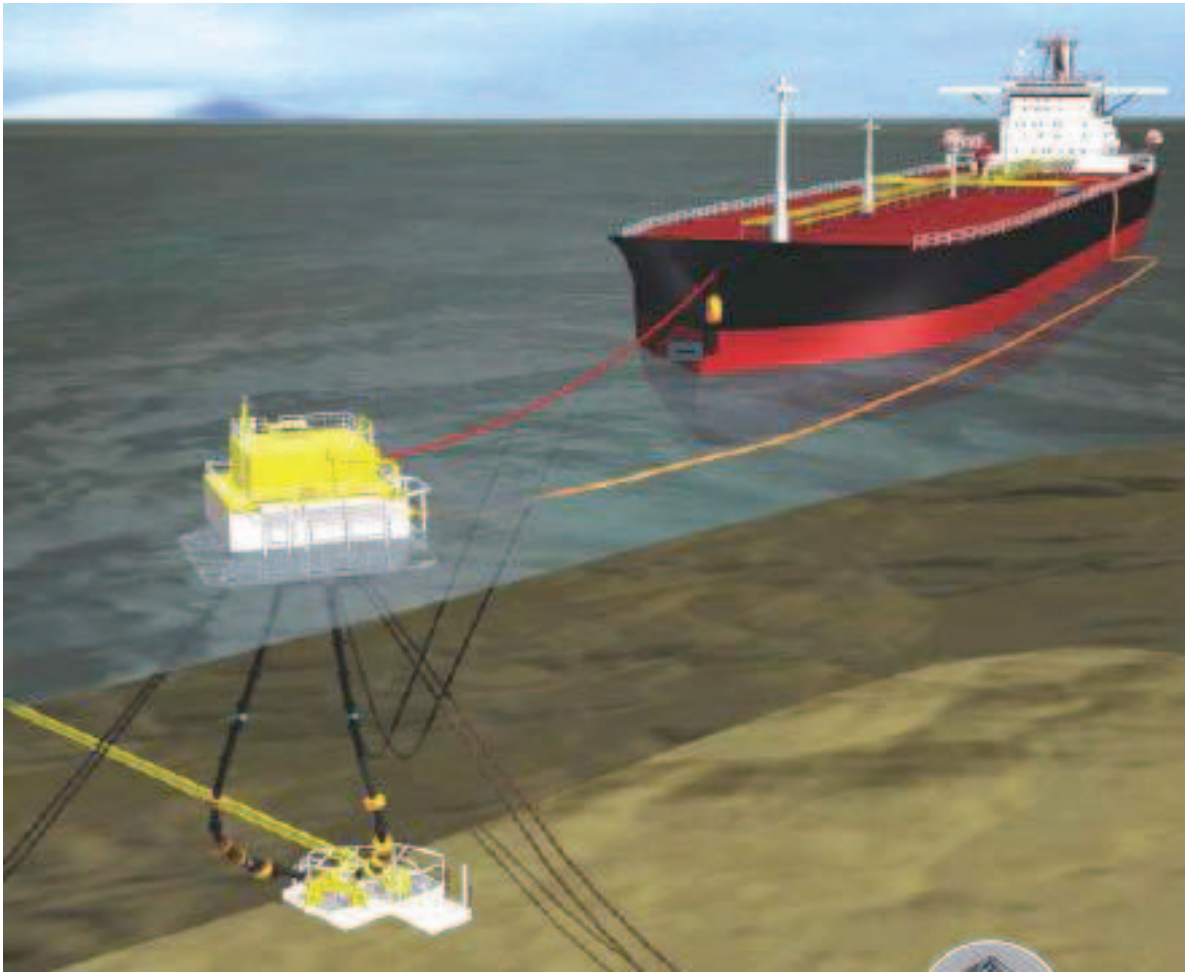


Figura. 6 - La Monoboya en operaciones de Cargue y Descargue de Tanqueros

En el centro del cuerpo de la boya esta el pivote central, componente fundamental para poder transferir el fluido entre las partes fijas y las partes giratorias.

La conexión de la boya con el oleoducto submarino se hace por medio de mangueras flexibles, las cuales son instaladas con collares flotadores para mantener la configuración submarina adecuada.

Los siguientes tipos de Monoboya (Single Point Mooring) son los más comunes y comerciales:

La **Monoboya** - CALM (**Catenary Anchor Leg Mooring**), consiste en la boya de amarre, cadenas y anclas, elementos de amarre para buques, mangueras submarinas y mangueras flotantes. La boya de amarre es normalmente de acero y su tamaño típico es de 12m de diámetro por 5m de alto. El cuerpo de la boya provee la flotabilidad suficiente para todos los componentes, válvulas y tuberías que la conforman.

Una cubierta giratoria es montada en la parte superior de la boya y está diseñada para transmitir las fuerzas recibidas en el sistema de amarre por los buques tanques y por las mangueras flotantes hacia las cadenas y anclas del sistema de sujeción al fondo marino.
El sistema de anclaje de la **Monoboya** consiste en 6 u 8 cadenas, que se extienden desde el cuerpo de la **Monoboya** en forma radial hasta llegar a quedar aseguradas a las anclas o pilotes.

El buque se amarra a la boya por medio de uno o dos cabos denominados “Hawser” asegurados a la cubierta giratoria.

Las mangueras flotantes están instaladas en la cubierta giratoria a una tubería que se ubica por fuera del cuerpo de la boya. La longitud de estas mangueras está determinada por el tamaño del buque, ubicación de los múltiples y equipo de amarre disponible.

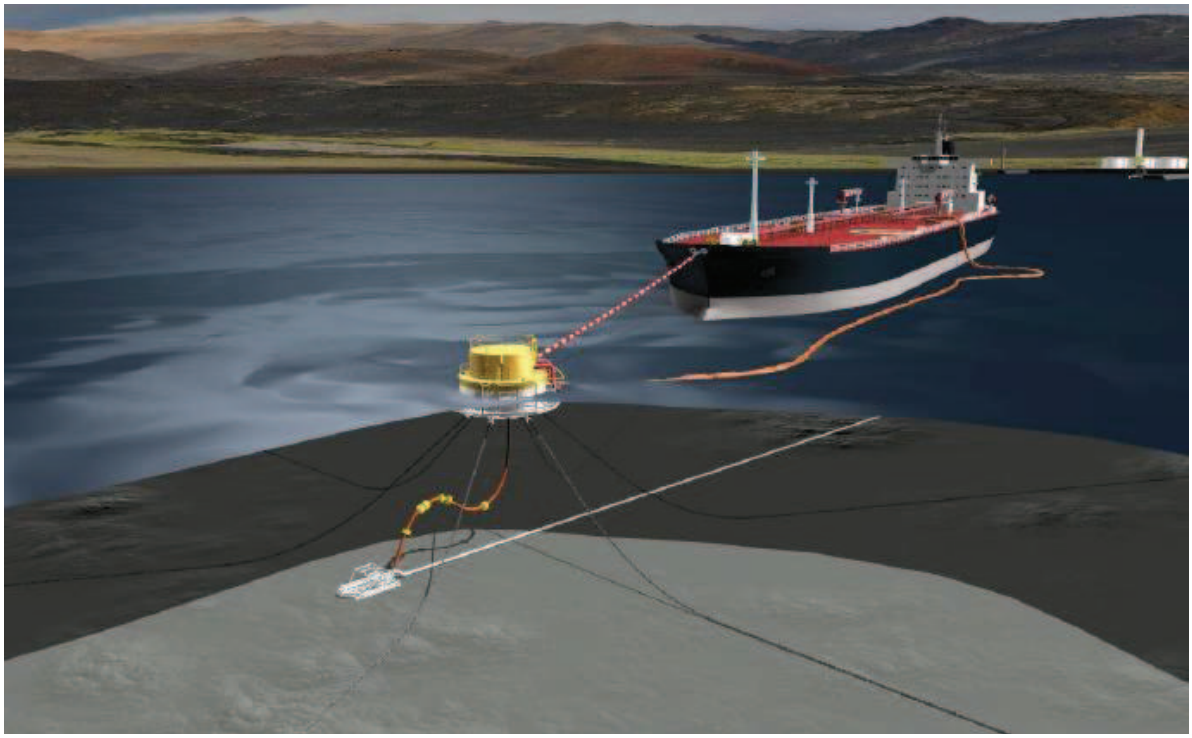


Figura. 7 - Sistema de Anclaje de la Monoboya



Figura. 8 - Sistema de Amarre y Cuerpo de Mangueras Flotantes

Las mangueras submarinas bajo la **Monoboya**, permite la conexión entre el cuerpo de la boya y el oleoducto submarino en el PLEM (Pipe Line End Manifold).

Las mangueras submarinas pueden ser instaladas en varias configuraciones conocidas como “Lazy s”, “Steep s” o “Linterna China”.

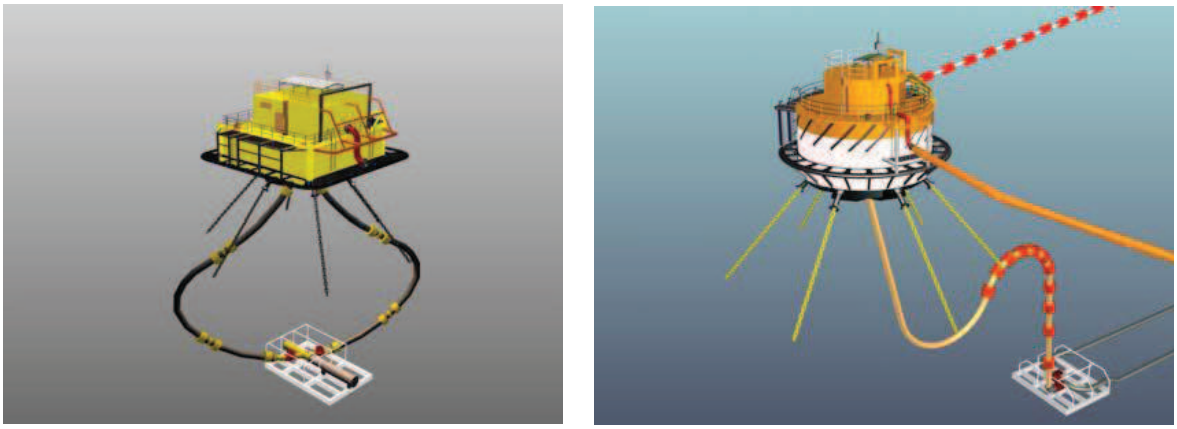


Figura. 9 - Configuraciones de las Mangueras Submarinas “Linterna China” – “Steep Wave”

ELEMENTOS A CONSIDERAR EN UNA INSTALACION DE UNA NUEVA MONOBOYA COMO ESTRUCTURA COSTA AFUERA

4.- En consideración de la experiencia administrativa de las Operaciones de Monoboyas a nivel mundial; una operación segura y confiable del terminal marino tipo Monoboya, a ser instalada en un Proyecto Nuevo; es recomendable visualizar y evaluar todos aquellos elementos que tengan su relación para la Operatividad y Seguridad del Proyecto.

Seguridad debido a que en el exterior de la cubierta no hay partes rotatorias o móviles que obstruyan el paso; debido al fácil acceso a la Monoboya desde el bote de mantenimiento y la existencia de una cabina de protección.

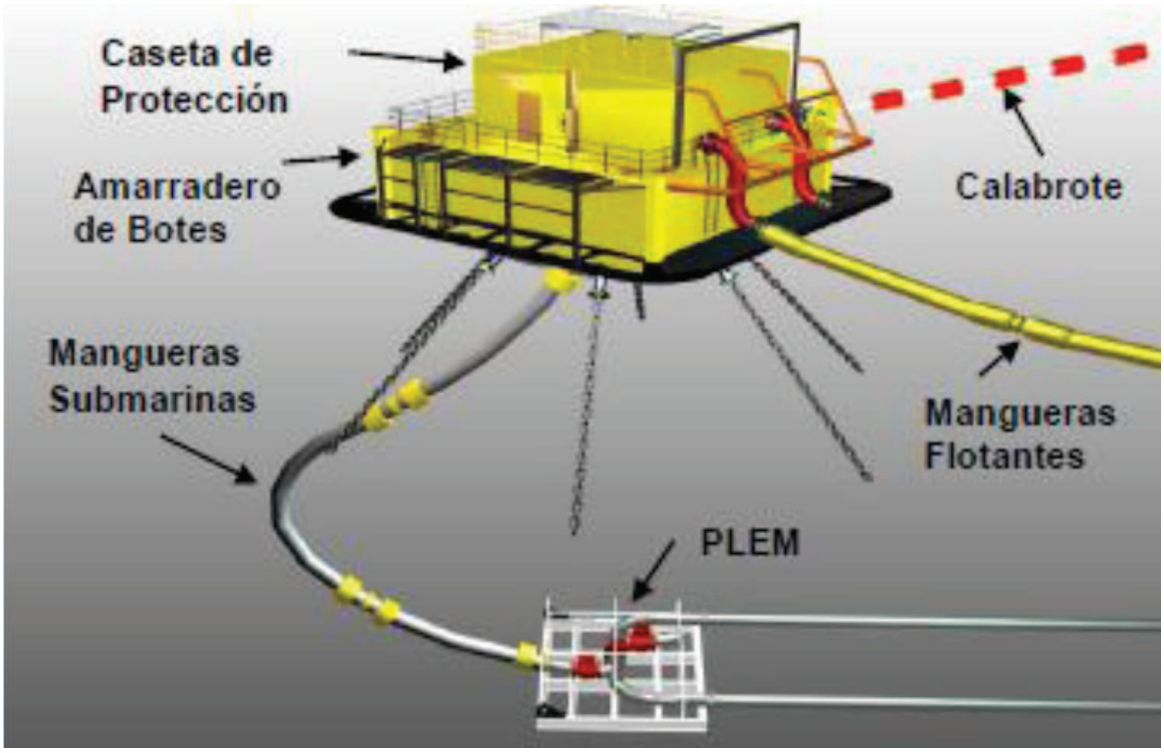


Figura. 10- Elementos de una Monoboya Tipo Torreta.

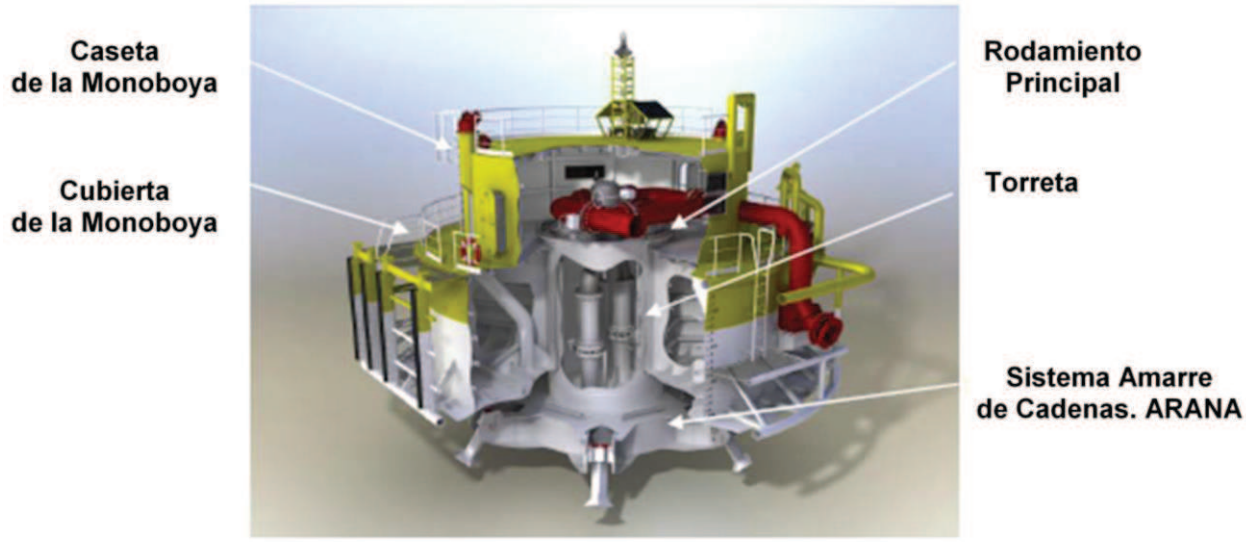


Figura. 11- Elementos Internos de una Monoboya Tipo Torreta

Confiabilidad Operacional debido a la protección del cojinete principal y otros equipos en la cabina, la buena defensa alrededor de la boya, la protección de las tuberías. Una Monoboya es normalmente una pieza de equipo crítica dado que otras

inversiones mayores de capital, tales como una refinería, tanques de almacenamiento, servicios de producción o planta eléctrica dependen de ésta. Por lo tanto, la disponibilidad de la Monoboya es muy importante dentro de la inversión total. Las Monoboyas del tipo (Torreta), tienen un registro probado de 25 años de servicio interrumpido respecto al activo principal (Planta Eléctrica, Refinería, Muelle, etc.), sin haber la necesidad de un retiro periódico al dique seco o cambio de la Monoboya y entonces sin el subsiguiente tiempo asociado de parada de toda la planta o la necesidad de reemplazo de piezas mayores mientras está fuera del agua.

Bajos Costos de Mantenimiento debido al mantenimiento sencillo y accesible así como la posibilidad de mantener la Monoboya en el agua por un período largo de tiempo (25 años) sin mantenimiento en el dique seco, gracias a la protección efectiva del cojinete principal y otros equipos de la cabina de protección. (Principales acciones a ser evaluadas por el equipo técnico a la hora de tomar las decisiones más adecuadas entre una Monoboya del Tipo Torreta y del Tipo Tornamesa).

4.1- Objetivos Específicos de los Elementos a Considerar.

Objetivos Específicos.

- Identificar algunos ***Elementos Operacionales de Tierra*** que permitan la operatividad y seguridad de la **Monoboya** acorde a su filosofía operacional**.**

- Identificar todos aquellos ***Elementos Indispensables que requieren los fabricantes*** para permitirles realizar sus cotizaciones dentro de un proyecto de una Monoboya nueva.

4.1.1- Elementos Operacionales de Tierra.

- El Petróleo está formado por hidrocarburos, que son compuestos de ***Hidrógeno*** y ***Carbono***, en su mayoría ***Parafinas, Naftenos*** y ***Aromáticos***. Junto con cantidades variables de derivados hidrocarbonados de ***Azufre, Oxígeno*** y ***Nitrógeno***. Cantidades variables de gas disuelto y pequeñas proporciones de componentes ***Metálicos***.

- El contenido de ***Azufre*** determina si es Dulce: <0,5% del Peso o Acido >0,5%.

4.2- Información Pre – Diseño

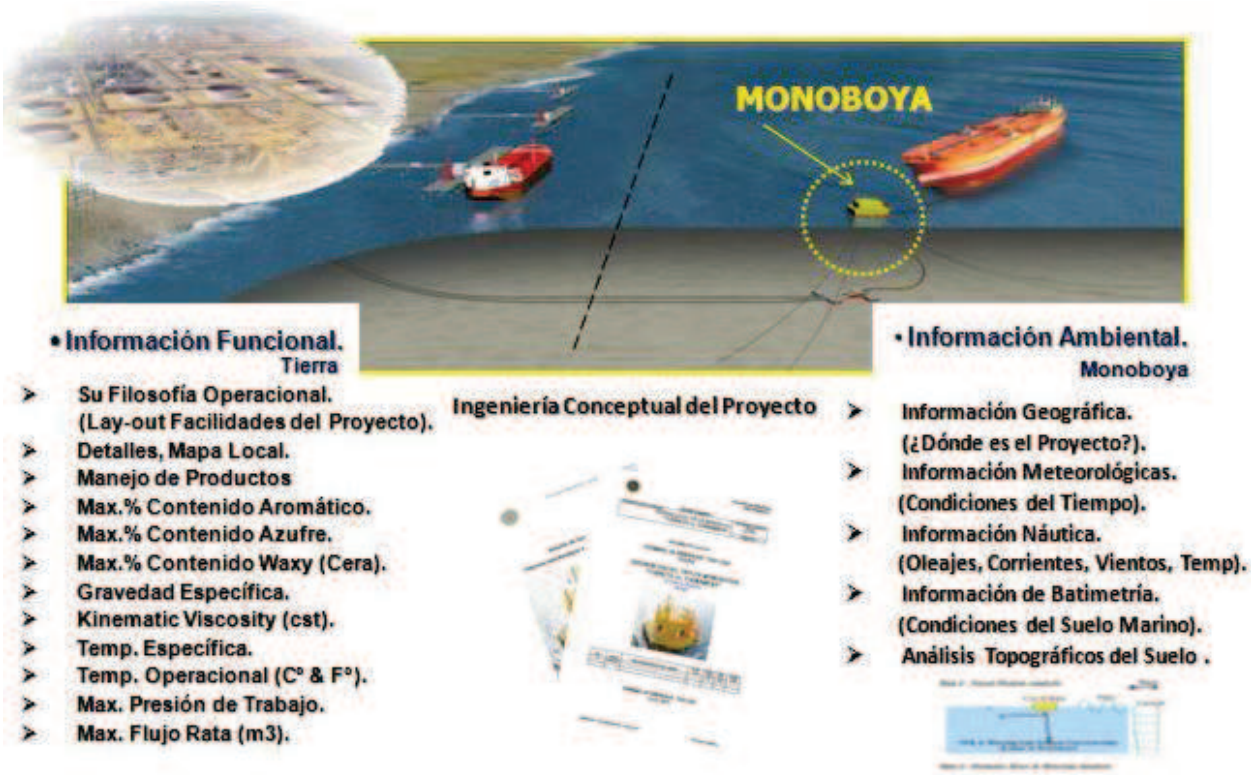


Figura. 12- Elementos Funcionales en el Pre – Diseño

4.2.1- Información Funcional (Tierra): Se deberá visualizar todos aquellos elementos acorde a su Filosofía Operacional que permitan a los constructores de la **Monoboya** generar las recomendaciones adecuadas en la incorporación de los equipos asociados a la transferencia del Crudo en las respectivas fases de descarga (Buque – Tierra) y cargue (Tierra – Buque) por medio de la utilización de la **Monoboya**.

4.2.2- Información Ambiental (Monoboya): se deberá visualizar todos aquellos elementos externos meteorológicos asociados al Proyecto y ubicación final de la instalación de la **Monoboya**. Para ello se enuncian los elementos a considerar:

- Información Geográfica (¿Dónde es el Proyecto?).
- Información Meteorológica (Condiciones del Tiempo).

- Información Náutica. (Oleajes, Corrientes, Vientos, Temperatura)
- Información de Batimetría (Condiciones del Suelo Marino)
- Análisis Topográfico del Suelo Marino.

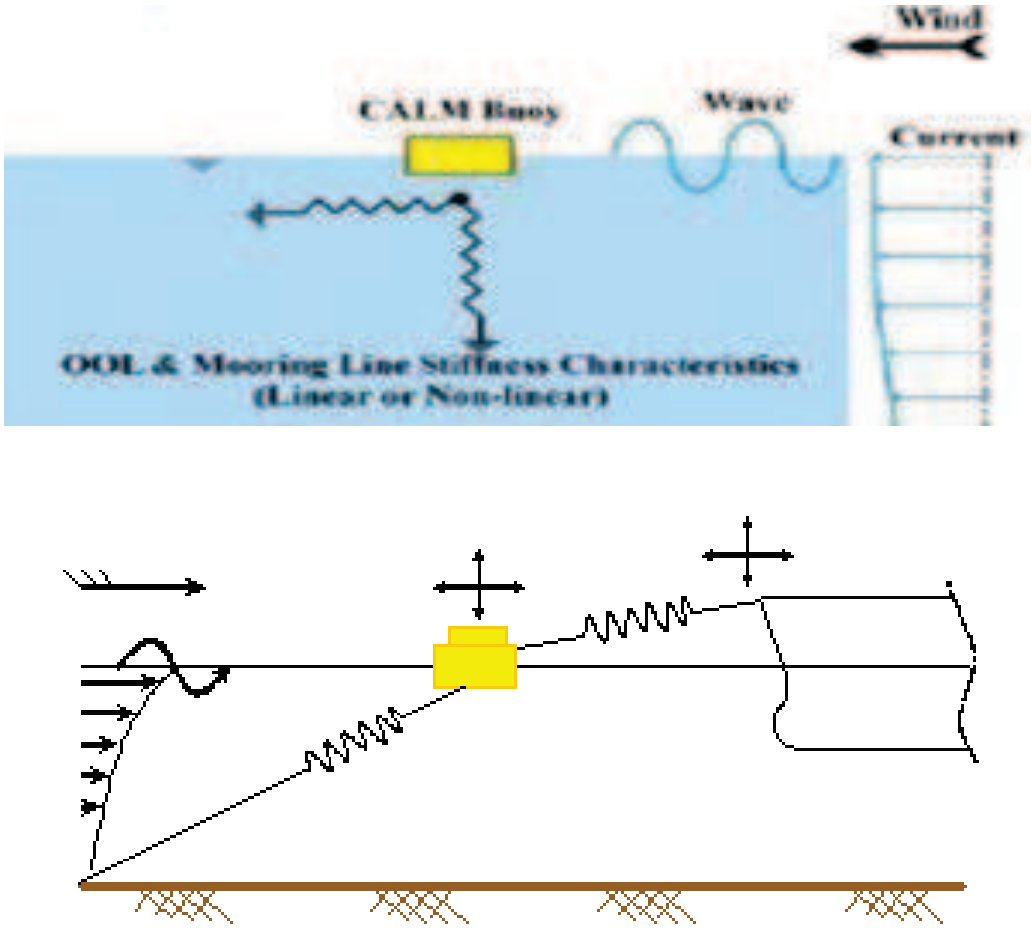


Figura. 13- Elementos Ambientales Monoboya en el Pre-Diseño

4.2.3- ¿Por qué una Terminal Tipo CALM Sistema de Boya?

- Se ha iniciado una campaña ***EXPLORATORIA*** en las Plataformas Continentales en Latinoamérica, en dónde países con alto potencial de **EXTRACCION** de **HIDROCARBUROS** (gaseosos y no gaseosos) Costa Afuera, por lo general en aguas profundas han recurrido a infraestructuras offshore las cuales soportan condiciones climáticas extremas y entre ellas se encuentran la utilización de **Monoboyas** como dispositivos de seguridad dentro de la **Cadena de Valor**.
- No hay puertos de aguas profundas naturales necesarios.

- Sistema de Bajo Costo.

- Puede ser instalado en aguas abiertas y sin protección.
- Tiene todo el año de accesibilidad.
- Las instalaciones existentes se aprietan, superficial o han limitado el espacio portuario.
- Facilidad de Instalación a corto plazo.
- Plazos de entrega cortos.
- Instalado directamente en aguas profundas.
- No dragado necesario.
- Procedimiento simple de amarre.
- Tecnología probada.
- Apto para el manejo de varios productos (Bidireccional).
- Operación de Buques – Tanque de amarre en virtud de su propia propulsión.
- Asistencia sólo de un barco de línea de Amarre (**Hawser**).
- Las entregas y fabricación de las **Monoboyas** oscilan entre **12** y **14 meses** ya que no son estandarizados, por lo que poco frecuente se encuentran en **Stock.**



Figura. 14- Fabricación de las Monoboya según Diseños establecidos

APORTE DE LOS OPERADORES EN LOS REQUERIMIENTOS DE DISEÑO / ESPECIFICACIONES DE TERMINALES MARINOS DE CARGUE

5.- ALCANCE DE SUMINISTRO TIPICO.-

- Cuerpo de la boya con su mesa giratoria y rodamiento de la mesa giratoria
- Junta Giratoria para el fluido
- Tubería de Producto
- Patas de Anclaje y Anclajes o Pilotes
- Mangueras de Cargue
- Múltiple final de tubería de línea (PLEM)
- Equipo de Amarre del Tanquero
- Ayudas de Navegación
- Pintura y Protección Catódica





5.1.- CONSIDERACIONES DE DISENO.

Hay dos áreas claves donde la perspectiva del dueño de la **Monoboya** Tipo CALM o los Operadores pueden influenciar para llevar un proyecto a ser exitoso.

5.1.2.- Data Suplida por el Operador.-

Información precisa y detallada durante la Fase de la Oferta.

5.1.3.- Preferencias del Operador.-

Informaciones del equipo de operaciones marinas para identificar cualquier preferencia de campo que permitan facilitar las operaciones y el mantenimiento de una Boya Tipo **CALM.**

5.2.- DATA SUPLIDA POR EL OPERADOR PARA UNA OFERTA.-

5.2.1.- Data de Suelos.-

- Información geofísica que confirme que la ruta de la tubería de línea y la ubicación de la MONOBOYA tipo CALM está libre de potenciales riesgos. Puede ser además utilizada para reducir el número de perforaciones geotécnicas.
- Investigación geotécnica basada en perforaciones para la ubicación de los anclajes y del PLEM que incluya recolección de muestras para ensayos de campo y de laboratorio.

5.2.2.- Condiciones Ambientales del Sitio.-

- Profundidad del Agua
- Vientos, olas y data actualizada de operaciones (1 año) y de condiciones de supervivencia ambiental (100 años)
- Condiciones específicas: sísmicas, ráfagas de viento, hielo, otras.





5.2.3.- Tamaños de los Tanqueros (máximo y mínimo)

- Características del Producto/Ratas de Cargue:
- Cantidad de productos separados
- Tipo de Producto y Propiedades Químicas
- Presión y Temperatura Máxima
- Información geofísica que confirme que la ruta de la tubería de línea y la ubicación de la MONOBOYA tipo CALM está libre de potenciales riesgos.

Puede ser además utilizada para reducir el número de perforaciones geotécnicas.



5.2.4.- Presiones de Diseño de Tuberías CALM.-

- Componentes para tubería ANSI Clase 150 y ANSI Clase 300.
- Conexiones ASME Clase 300 para la interface entre mangueras y tuberías.
- Mangueras flexibles bajo rating típico de 15,5 barg (225 psig) o 19 barg (275 pisg)
- Investigación geotécnica basada en perforaciones para la ubicación de los anclajes y del PLEM que incluya recolección de muestras para ensayos de campo y de laboratorio.
- Consideraciones de Sobrepresión.



5.2.5.- Interface Tuberías/PLEM.-

- Cantidad y diámetros de las tuberías
- Factor de expansión térmica de la tubería o de deslizamiento del PLEM
- Facilidades de limpieza por 'cochino': Lanzador/receptor de 'cochino' temporal o permanente; Lazo dual de tubería para limpieza.





5.3.- REQUERIMIENTOS DE INSTRUMENTACION Y CONTROL.-

- Diagrama de Procesos e Instrumentos (P&ID).
- Monitoreo de Carga de elementos de amarre.
- Monitoreo de diversos parámetros como: flujo de producto, presión, temperatura, posición de válvulas, otros.

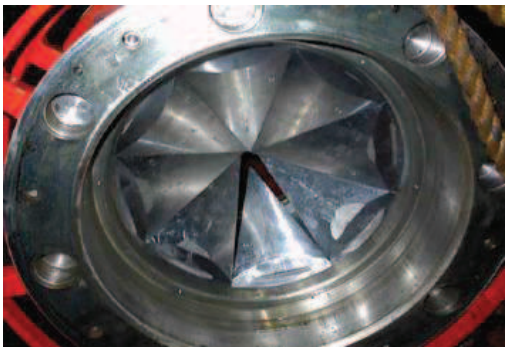


- Control por telemetría local y remota de válvulas de operación hidráulica.
- Control por radio telemetría desde sala de control en tierra o mediante una unidad portátil.
- Interface con el sistema de control distribuido (DCS) en tierra.
- Sistema de Atraque del Tanquero (DGPS).
- Recolección de Data Meteorológica.
- Detección de fugas en mangueras submarinas.

5.3.1.- Requerimientos Especiales.-

- Acoples de Ruptura:
- Cierre Simple/Doble
- Compensados por presión (se separan sólo bajo cargas de tensión)
- Consideraciones de Sobrepresión:
- Acoples de Ruptura como Sistemas de Alivio de Presión (más contaminantes)
- Sistema de Alivio de Presión Activo totalmente instrumentado. El sistema de alivio de presión en la boya y el sistema de control de interconexión permite

iniciar comandos en tierra para cerrar válvulas ESD y y de las bombas de descarga.





5.4.- CONSIDERACIONES DE DISENO – COMPLEJIDAD DEL SISTEMA.-

5.4.1.- Sistemas altamente complejos pueden Incluir.-

- Monitoreo de Carga
- Monitoreo de Presión
- Estación de Recolección de Información Ambiental.
- Interface DCS para ESD en tierra
- Válvula de Control Remota
- Capacidad para limpieza por ‘cochino’
- Protección de Sobre-presión
- Detección de Fugas de Mangueras
- Indicación de la posición de la válvula submarina





5.5.- PREFERENCIAS DEL OPERADOR.-

- Un operador contratará normalmente a una empresa de servicios para desarrollar las especificaciones y requerimientos de un Proyecto para el suministro e instalación de una MONOBOYA Tipo CALM.
- Sin embargo, usualmente se involucra directamente al personal de operaciones marinas durante la Fase inicial del proyecto para que identifique preferencias de campo que permitan realizar labores de operación y mantenimiento más simples y fáciles para la MONOBOYA tipo CALM.
- Esto trae como consecuencia que se suministre un producto de acuerdo a las especificaciones y requisitos del proyecto, mas no necesariamente con las expectativas y necesidades del equipo de operaciones.

5.6.- PREFERENCIAS DEL OPERADOR EN LA SELECCIÓN DE LOS EQUIPOS.-

5.6.1.-Requerimientos de Aparejos/ 'Orejas' de Agarre de arreglos de aparejos y 'orejas' de agarre de forma de poder ejecutar el mantenimiento requerido, sin embargo es muy frecuente que un operador experimentado pueda indicar algunos requisitos adicionales basados en los equipos con los cuales cuenta y sus técnicas de trabajo:



Orejas' de agarre adicionales

- Alternativas de aparejos
- Utilización de winches manuales
- Rutas adicionales de acceso para el uso de una grúa externa

5.6.2.-Configuración de las Mangueras Flotantes.-

En muchas ocasiones las compañías de servicios técnicos especifican un sistema de cuatro (4) mangueras de cola de forma de reducir la caída (pérdidas) de presión general del sistema, en lugar del sistema tradicional de dos (2) mangueras finales.

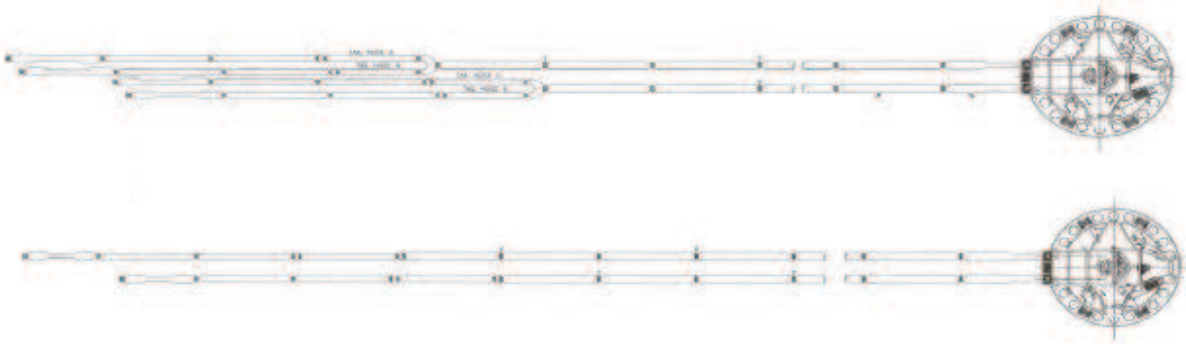


Figura. 15- Configuración de las Mangueras Flotantes.-

Sin embargo, la configuración de cuatro (4) mangueras terminales genera frecuentemente los siguientes problemas al equipo de operaciones:

La mayoría de los manifold de tuberías de conexión en los tanqueros de crudo tienen tres (3) bridas de conexión. En este caso la 'cuarta' manguera quedará flotando libremente en el mar, con presión, pudiendo chocar/golpear con el caso del tanquero y/o deberá ser amarrada a la baranda del tanquero.

- Existe una alta posibilidad de que en los momentos en que no están conectadas, las mangueras se enreden entre sí por efectos del oleaje, condición que se incrementa al tener mayor número de mangueras. Además, durante situaciones de tormentas los equipos al final de las mangueras se moverán libre e independientemente, pudiendo golpearse entre ellas, generándose daños.
- Incremento del tiempo de atraque y desatraque por efecto de la cantidad de conexiones de mangueras a manejar. Está demostrado que un operador puede cargar/descargar un tanquero de forma más rápida con un arreglo de Dos (2) mangueras terminales en comparación de un sistema de cuatro (4) mangueras.

- Incluso aunque el flujo de producto de reduce ligeramente por efectos de la caída de Presión al utilizar un arreglo de dos (2) mangueras, esto se compensa con la reducción de tiempo en la conexión y desconexión manual de las mangueras (dos (2) en lugar de cuatro (4)).

5.6.3.- Tipos de Amarre.-

Sencillo ó tipo Grillete:

- El amarre sencillo es un punto de agarre que maneja una sola cuerda.
- El grillete es un lazo continuo y maneja dos agarres.

Al comparar ambos sistemas de amarre para esfuerzos similares, el grillete es más pequeño, por lo que reduce el tamaño de las herramientas utilizadas para la conexión, lo que genera menores pesos a manejar y por ende mayor facilidad para el operador.



Figura. 16.- Configuración de los Cabos de Amarre Monoboya – Buque Tanque (Hawser).-

5.6.4.- Válvulas de Parada de Emergencia (ESD) Vs. Actuadores de Doble Acción.

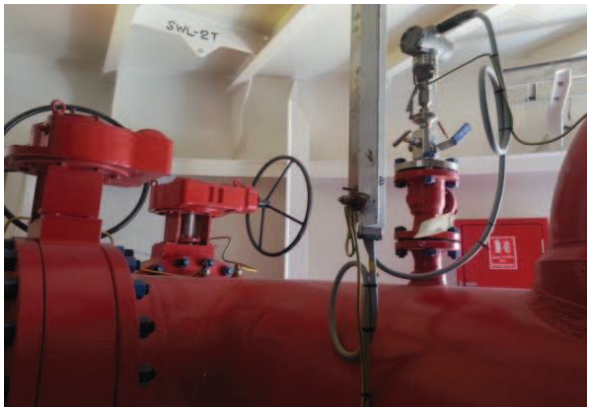
El actuador de una válvula ESD utiliza un resorte para cerrar la válvula automáticamente cuando recibe el comando. La válvula se mantiene normalmente

abierta a través de una presión hidráulica constante a través de una conexión a la Boya Tipo CALM.

La mayoría de los operadores sustituyen los actuadores de las ESD por actuadores de doble acción (mantiene la última posición por defecto) por los siguientes motivos:

- La pérdida de presión hidráulica en la válvula implica su cierre. Si está válvula es submarina, se requerirá de un tiempo considerable para poder organizar buzos que abran la válvula de forma manual.
- Se generarán costos de demora con los tanqueros, mientras se solventa la situación y se abre nuevamente la válvula.





5.6.5.- Válvulas para desplazamiento de mangueras Vs. Arreglos de Tuberías:

Cada operador tiene su propio método para el desplazamiento de productos (limpieza) de las mangueras flotantes y submarinas, bien sea para su inspección ó para su sustitución, dependiendo de los equipos que tenga disponibles.

La instalación de válvulas pequeñas o de arreglos tu tuberías en el PLEM o en la Boya Tipo CALM permiten reducir los tiempos de desplazamiento/limpieza, así como los riesgos de contaminación.

La experiencia del operador contribuye a decidir los lugares estratégicos de colocación, la cantidad, y dimensiones de las válvulas de desplazamiento,

dependiendo del método que aplique y de la disponibilidad de equipos con que cuente.

6.- FORMA DE EXHIBIR/MOSTRAR LA TELEMETRIA /DATA DE CONTROL.-

La mayoría de los sistemas de las Monoboyas Tipo CALM transmite/recibe data desde una sala de control en tierra.

El tipo de data que se transmite desde/hacia las Monoboyas Tipo CALM y la forma como se muestra en la sala de control, beneficia enormemente la data de entrada del operador.

A continuación se muestran algunas opciones típicas/más comunes.

- Control de las válvulas activadas hidráulicamente y la indicación del estado de su posición (abierta/cerrada). Monitoreo de los parámetros del producto:
- Presión, Temperatura, Rata de Flujo, otros.
- Tensión de los amarres.
- Voltaje y corriente de carga.
- Estado de las ayudas de navegación.
- Condiciones meteorológicas en la Monoboya Tipo CALM (viento, oleaje, corrientes).
- Data del Atraque del Tanquero
- Interconexión con la computadora del DCS

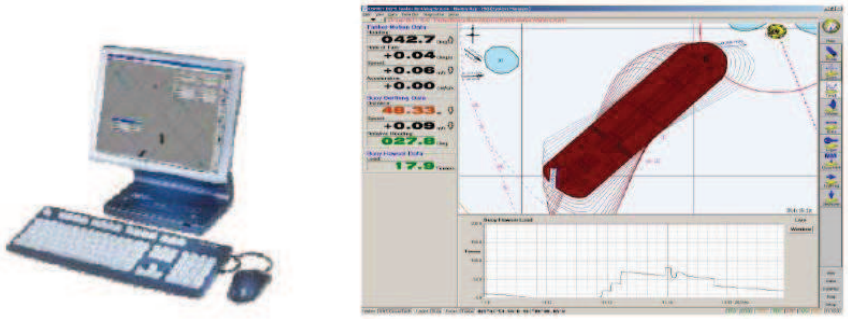


Figura. 17.- Configuración en la Sala de Control de Monitoreo de la Monoboya

7.- UNIDAD PORTATIL Y FUNCIONALIDAD.-

El Loading Master y el Piloto Maniobrista de Atraque/Amarre normalmente llevan consigo una unidad de control portátil al tanquero.

Este dispositivo muestra información ó provee un control similar al de la computadora/ordenador que se encuentra en la sala de control en tierra.

Existen varios tipos de unidades portátiles y la escogencia de la que mejor se adecue a la instalación debe ser del equipo de operaciones marinas.

Los Tres (3) modelos típicos son:

• Tablero PC personal: Normalmente utilizado con el sistema de atraque del tanquero y provee una funcionalidad total del sistema.

• Multi-línea LCD: Muestra datos en diferentes líneas de una pantalla LCD requiriendo un menú de navegación para recuperar la data.

• Radio Motorola mejorado tipo Voz: Además de la comunicación por voz, permite iniciar una secuencia de señal ESD a la sala de control.



Figura. 18.- Sistema de Telemetría - Data.-

8. - OCIMF (OIL COMPANIES INTERNACIONAL MARINE FORUM).-

OCIMF: Es una asociación voluntaria de las compañías Petroleras que teniendo un interés en los barcos y terminales de crudo y sus derivados. Esta organizada para representar sus miembros ante, y consultar con la Organización Marítima Internacional y otros cuerpos Gubernamentales relacionados con los barcos y Terminales de crudo y sus derivados, incluyendo polución marina y seguridad.

OCIMF Recomienda la consulta de las siguientes publicaciones para la operación costa afuera en las Monoboyas:

PUBLICACION	EDICION	AUTOR
Effective Mooring	3rd Edition, 2010	**OCIMF**
Guide to Manufacturing and Purchasing Hoses for Offshore Moorings	5th Edition ,2009	**OCIMF**
Guidelines for the Handling, Storage, Inspection and Testing of Hoses in the Field.	2nd Edition, 1995	**OCIMF**
Guidelines for the Purchasing and Testing of SPM Hawsers	1st Edition, 2000	**OCIMF**
Hawser Test Report	1st Edition, 1982	**OCIMF**
International Safety Guide for Oil Tankers and Terminals (ISGOTT)	5th Edition, 2006	**IAPH/ICS/OCIMF**
Jetty Maintenance and Inspection Guide	1st Edition, 2008	**OCIMF/SIGTTO**
Drift Characteristics of 50,000 to 70,000 DWT Tankers	1st Edition, 1982	**OCIMF**

Anchoring Systems and Procedures	2nd Edition, 2010	**OCIMF**
Clean Seas Guide for Oil tankers	4th Edition, 1994	**ICS/OCIMF**
Marine Terminal Training and Competence Assessment Guidelines for Oil and Petroleum Products Terminals	1st Edition, 2001	**OCIMF**
Mooring Equipment Guidelines	3rd Edition, 2008	**OCIMF**
Marine Terminal Baseline Criteria And Assessment Questionnaire	1st Edition, 2004	**OCIMF**
Offshore Loading Safety Guidelines with special relevance to harsh weather zones	1st Edition, 1999	**OCIMF**
Recommendations for Equipment Employed in the Bow Mooring of Conventional Tankers at Single Point Moorings	4th Edition, 2007	**OCIMF**
Recommendations for Oil Tanker Manifolds and Associated Equipment	4th Edition, 1991	**OCIMF**
Single Point Mooring Maintenance and Operations Guide	2nd Edition, 1995	**OCIMF**
SPM Hose System Design Commentary	2nd Edition, 1993	**OCIMF**
Tanker Management and Self Assessment - a best practice guide for ship operators	2nd Edition, 2008	**OCIMF**
The Use of Large Tankers in Seasonal First-Year Ice and Severe Sub-Zero Conditions	1st Edition, 2010	**OCIMF**

9. – NORMAS DE CLASIFICACION:-

• Se deben tener en cuenta Las normas que establezcan las casas de clasificación de Construcción del las Monoboyas para las inspecciones a los componentes y estructuras.

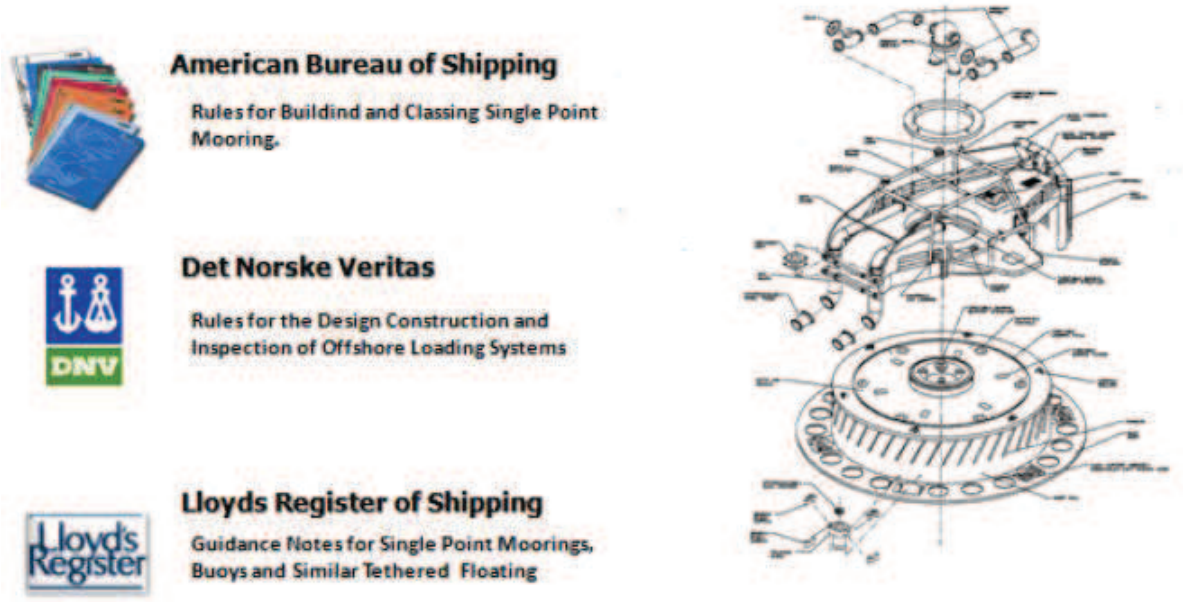


Figura. 19.- Normas de Construcción y Clasificación.-

BIBLIOGRAFIA

• **Petroleo Moderno.-.**
Un Manual Básico de la Industria
Bill D. Berger y Kenneth E. Anderson PH.D.
Tercera Edición, PennWell. Tulsa, Oklahoma.1992.
• **Tratado de Maniobra.-**
Enrique Barbudo Duarte
Graficas del Exportador. – Caracuel, 15.- Jerez de la Frontera
6ta.Edicion. Colección Fragata. Buenos Aires, 12 Cádiz.
• **Construccion Naval y Servicios.-**
Antonio Bonilla de la Corte
Ronda de Toledo, 24 – 28005 Madrid.

Impreso en España. 1984.

• Reglamentos de las Sociedades de Clasificación.-

Trabajos de Investigación publicados:

Reglamentos para la Construcción e Inspección de las Monoboyas

- Lloyd's Register of Shipping (Londres).

- Det Norske Veritas (Oslo).

- American Bureau of Shipping (Nueva York).

• Tug Power Requirements for Assisting the Berthing of Tankers.

Terminal ling research program (550)

Report No. EE.13TT.78 - November, 1978

S.S Fang, Technology Department. EXXON, Engineering.

• Fundamentos de la Comercialización de Hidrocarburos.-

Oren J. Harris

Impresos en Ediciones Astro Data S.A.

Maracaibo, Venezuela, 2006.

• CALM Buoy Seminar Bluewater.-

Technical Briefing on CALM Buoy System

Port of Spain, Trinidad & Tobago

July 13th – 14th, 2004.

• Principios de Operación y Mantenimiento de Estructuras Monoboya.-

Cap. Ricardo Izquierdo G.

XIX COPINAVAL – Guayaquil. Ecuador, Octubre, 2005.

• Jornadas Latinoamericana de Operadores de Monoboyas.-

Ponencias Magistrales Empresas Fabricantes de Monoboyas

BLUEWATER, SBM, SOFEC,Inc.

Venezuela, 2005; Colombia, 2009, Panama, 2010 y Uruguay, 2011

• Proyectos Nuevos de Monoboyas en Venezuela.-

Selección del Tipo de Monoboyas que servirá de Facilidad Marina a

Implantar Proyectos Lago de Maracaibo (Bachaquero)

Complejo Criogénico de Jose "TAECJAA"

Consultora Marítima "IENPAC" de Venezuela, C.A.

Cap.Jose Perdomo

Venezuela. Mayo, 2010 – Febrero, 2012.

6.1.- Publicaciones para la Operación Costa Afuera en las Monoboyas:

- **MARPOL 73/78** (Convenio Internacional para Prevenir la Contaminación del Mar por Buques).
- **ISGOTT 1996** (Guía Internacional de seguridad para Terminales y Tanqueros Petroleros).
- **SOLAS** (Convención Internacional para la Seguridad de la vida humana en el Mar, 1974).
- **STCW** (Convenio Internacional sobre normas de formación, Titulación y Guardia para la gente de mar, 1978/2010).
- **OCIMF** (Equipos empleados por buques en amarres de un solo punto) (2da.Edición, 1988).
- **OCIMF** Guide to Purchasing, Manufacturing and Testing of Loading and Discharge Hoses for Offshore Mooring.
- **OCIMF** SPM Ancillary Equipment Guide, 3rd Edition 1987.
- **OCIMF** Hose standard, 3rd Edition September, 1978.
- **OCIMF** Buoy Mooring Forum Hose Guide, Guide for the Handling, Storage, Inspection and Testing of Hoses in Field, Second Edition, 1995.
- **OCIMF** Bouy Mooring Forum, SPM Hose System Design Commentary (Current Practice). January, 1975.
- **OCIMF** Single Point Mooring Maintenance and Operations Guide. Second Edition, 1995.
- **OCIMF** Recommendations for oil Tanker Manifolds and Associated Equipment. Fourth Edition 1991.
- **OCIMF** Mooring Equipment Guidelines (1st Edition 1992).
- **OCIMF** Hawser Guidelines (1st Edition 1987).
- **OCIMF** Hawser Test Report (1st Edition 1982).
- **OCIMF** Effective Mooring (1st Edition 1989).
- **OCIMF** Recommendations for Equipment Employed in the Mooring of ship at Single Point Moorings, 3rd Edition 1993.
- **OCIMF** SPM Hose System Design Commentary. Second Edition 1993.
- **OCIMF** Marine Terminal Survey Guidelines (2nd Edition 1995)

Análisis de los equipos de amarres para diferentes configuraciones de plataformas offshore flotantes

Alicia Munín Doce, Laura Castro Santos, Sara Ferreño González, Vicente Díaz-Casas, José Ángel Fraguela Formoso*

Escuela Politécnica Superior, Universidad de A Coruña, C/Mendizábal s/n, 15403 Ferrol, A Coruña (España)

Teléfono +34981337400; Fax: +34981337410;

a.munin@udc.es; laura.castro.santos@udc.es; sara.ferreno@udc.es; vicente.diaz.casas@udc.es; jafraguela@udc.es

RESUMEN

Las plataformas offshore flotantes presentan una importante característica diferenciadora frente a las plataformas fijas, que es la necesidad de dotarlas de una serie de líneas de fondeo. El diseño de los amarres (número, disposición, tipo, etc.) es una parte esencial en el proyecto de diseño de una plataforma, y viene condicionado por las características de la propia estructura o la profundidad de su emplazamiento. Las posibles combinaciones de los equipos de amarre y fondeo varían según el tipo de plataforma, pero, en un análisis inicial se puede reducir al estudio de sus elementos básicos, como son los chigres o molinetes, los estopores o los pasacabos. En este trabajo se aborda ese análisis inicial en base a los resultados de un trabajo previo, donde se estudiaban diferentes configuraciones (cadena, cable, tipo de anclaje) para los amarres, en función del tipo de plataforma. Los resultados de este análisis previo permitieron la determinación de variables como peso y longitud del amarre, la tensión a la que está sometido, etc. Conocidos estos valores, es posible definir los requisitos básicos de los equipos de fondeo, como, por ejemplo, dimensiones y potencias mínimas. Se han tenido en cuenta, además, los requerimientos de las Sociedades de Clasificación, que garantizan la seguridad de las operaciones en este tipo de equipos.

1. INTRODUCCIÓN

Las plataformas offshore se emplean en la explotación de petróleo y gas del suelo marino y en su procesado. La primera plataforma se instaló en 1947 en las costas de Luisiana, con una profundidad de 6 m. Hoy en día existen unas 7.000 plataformas offshore en todo el mundo y alcanzan profundidades de hasta 1.850 m.

Las plataformas se puede clasificar básicamente en dos tipos: plataformas fijas y plataformas flotantes.

Las plataformas fijas son aquellas cuya estructura se extiende hasta el fondo marino y, por tanto, se encuentran fijas a éste.

Las plataformas flotantes, como su nombre indica, son aquellas que se mantienen flotando cerca de la superficie del mar, y resultan ser las de más reciente desarrollo. A su vez, se pueden clasificar en TLP (Tension Leg Plataforms), Semi-sumergibles y SPAR.

Las plataformas TLP son instalaciones flotantes que están vinculadas al fondo del mar por medio de tubos de acero verticales llamados tirantes. Esta característica hace que la estructura sea muy rígida en el plano vertical y muy flexible en el plano horizontal. La rigidez vertical ayuda a conectarla a los pozos de producción, mientras que, la estabilidad horizontal hace que la plataforma sea insensible al efecto de las olas.

Este tipo de plataformas presenta un exceso de flotabilidad que mantiene a los tirantes en tensión. Esto hace que sea especialmente sensible a las variaciones de carga/calado, ya que los tirantes se ven afectados por dichas variaciones. Se usa habitualmente en aguas con profundidades de hasta 1200 m.

Las plataformas semi-sumergibles, debido a su menor superficie mojada, se ven más afectadas por las variaciones de peso. Esto hace que en este tipo de

plataformas se incluyan sistemas de alarma contra inundaciones. Estas plataformas se mantienen posicionadas gracias a un número de anclas (fijado durante el diseño de la misma), conectadas a un sistema de amarre con catenarias. Este tipo de plataformas se emplean habitualmente en aguas muy profundas.

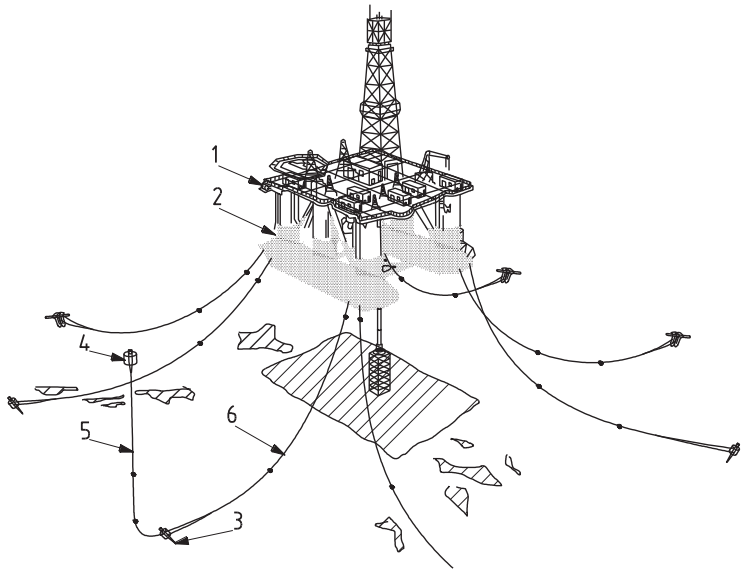


Ilustración 1. Plataforma semi-sumergible con varias líneas de amarre (spread mooring)

La plataforma SPAR se basa en el concepto de una cubierta soportada por un cilindro vertical de gran diámetro. La primera plataforma de este tipo (Neptune) se instaló en la costa de Estados Unidos en 1997.

Estas plataformas se caracterizan por tener amarres con catenarias tensionadas y grandes calados, por tanto, puede tener periodos naturales de cabeceo de alrededor de 30 segundos. Por otro lado, el centro de flotabilidad se encuentra muy por encima de su centro de gravedad, lo que hace a este tipo de plataforma muy estable. Se emplean habitualmente en aguas muy profundas hasta los 2.300 m.

2. EQUIPOS DE AMARRE Y FONDEO POR TIPO DE PLATAFORMA

En este apartado se van a describir las combinaciones de equipos para amarre y fondeo más habituales para cada plataforma.

2.1. Plataformas semi-sumergibles

El fondeo y amarre de las plataformas semi-sumergibles se logra a través de diferentes tipos de tecnología de cabrestantes. Las posibles combinaciones son las siguientes:

1. Plataforma con cabrestante de tracción, o tracción combinada cabrestante/molinete, cada esquina de la plataforma semi-sumergible está equipada con:
    - Chigre de tracción o molinete de tracción.
    - Carretel de almacenamiento de un solo tambor (SR).
    - Pasacabos submarinos con columna de montaje giratorio de 180°.
    - Sistema de control.
    - Unidad de aire comprimido para controlar los embragues y frenos.

2. Plataforma con cabrestante de amarre, cada esquina de la plataforma semi-sumergible está equipada con:
    - Chigre de amarre.
    - Pasacabos submarinos.
    - Sistema de control.
    - Unidad de aire comprimido para controlar los embragues y frenos.

3. Plataforma con molinete, cada esquina de la plataforma semi-sumergible está equipada con:
    - Molinete
    - Pasacabos submarinos
    - Sistema de control
    - Unidad de aire comprimido para controlar los embragues y frenos

A continuación se realiza una breve descripción de cada elemento:

Chigres de tracción:

Han sido desarrollados para aplicaciones de amarre de alta tensión, y para el manejo de los sistemas de amarre combinados. Se componen de un tambor en el que el cable va enrollado (habitualmente siete vueltas). La tensión en el cable hace que éste se sujete al tambor. El cable se enrolla en un carrete de recogida, necesario para mantener un nivel nominal de la tensión (típicamente 3% a5% de la tensión de trabajo), que asegure que se mantiene el nivel adecuado de fricción entre el cable y el chigre de tracción. Este sistema se usa en aplicaciones de alta tensión, debido a su tamaño compacto, capacidad de proporcionar par constante, y la capacidad para manejar cables muy largos sin reducción de la capacidad de tracción.

Chigres de tensión constante (Constan tensión winch):

El sistema hidráulico se pre-tensiona a una carga predeterminada a través de una válvula de alivio externa para limitar la tracción del cable del cabestrante. Esta carga se logra aseguran do la palanca de control direccional del cabrestante en la posición de ajustado. El cabrestante hidráulico estará entonces posicionado con la carga predeterminada, y se verá influido por una fuerza externa mayor que el ajuste establecido. A continuación, el cable o cadena tira de manera efectiva desde el tambor del cabrestante. Cuando la fuerza externa es menor que la carga preestablecida, el cabrestante se ajustará automáticamente mientras se mantiene una tensión constante en el cable del mismo.

El chigre de tensión constante es hidráulico y de un solo tambor. La capacidad de tiro es de 5-10 t.



Ilustración 2. Chigre de tambor simple accionado eléctricamente.

Carretel de almacenamiento para chigre de tracción:

El carretel es un chigre de tambor único, accionado eléctricamente, con el propósito de almacenar el cable de amarre. Este elemento mantiene una tracción permanente en el cable y enrolla o larga el cable controlado por el chigre de tracción. Un dispositivo adicional de largada de cable permite reducir la distancia entre el carretel y el chigre de tracción.

Pasacabos sumergidos:

Este elemento resulta adecuado para el servicio sobre el agua y bajo el agua, y está diseñado para adaptarse tanto a cables, como a cadenas, o bien una combinación de ambos. El pasacabos es capaz de soportar la carga de rotura del cable con un arco de cable sobre la polea de 90° y con una rotación angular de 90° en el plano horizontal a ambos lados de la línea central.

Puesto de control local:

Cada sistema de control local consta de una mesa de control y una conmutación local. La mesa de control está diseñada para ser montada en cubierta. El panel de conmutación se instala debajo de la cubierta en el interior del armario del convertidor AC. La mesa de control debe estar situada de manera que permita una buena visibilidad para el operador sobre los chigres, pasacabos y los equipos de manejo de anclas.

Sistema de aire comprimido:

En cada esquina de la plataforma existe una unidad de aire comprimido, cerca de cada cabrestante. Cada unidad consiste en una asociación de tanque, filtro, regulador de presión, lubricador y electro válvulas de distribución.

2.2. Plataformas tipo SPAR

El fondeo y amarre de las plataformas SPAR se consigue a través de tres configuraciones:

1. La primera configuración estaría formada por:
    - Chain Jack (Ram Winch/roller ram winch)
    - Estopor

- Pasacabos sumergidos (tipo bending shoe)

2. La segunda configuración sería:
    - Molinete
    - Pasacabos (tipo polea, rotary sheave)
3. La tercera configuración sería:
    - Chigre de amarre o molinete (movible, triple o de eje vertical)
    - Pasacabos (tipo bisagra o muñón) para cable o cadena

A continuación se describen algunos de estos elementos:

Chain Jack:

Este "conector de cadena" es un dispositivo que oscila linealmente para amurar y tensar la cadena. Por lo general, funciona con uno o más cilindros hidráulicos, y el método que emplea es el de acoplarse a la cadena, tirar durante un corto período de la misma, pararse y retraerse, para a continuación repetir el proceso. Aunque un chain jack puede ser un medio muy útil para tensarla cadena, es muy lento y sólo se recomienda para aplicaciones que no requieren la manipulación frecuente de líneas de fondeo.



Ilustración 3. Chainjack

Pasacabos tipo bendingshoe ("de pie curvado") y tipo polea (rotarysheave):

Los pasacabos tipo bendingshoe son los más simples y baratos. Sin embargo, debido al desgaste prematuro de las líneas en sistemas de amarre permanentes, son más usados los pasacabos tipo polea para estos tipos de sistemas.

Habitualmente se usan cinco o siete pasacabos tipo polea para aumentar la longitud de contacto. Esto reduce el desgaste a largo plazo y la fatiga en la cadena cerca del pasacabos, el cual se encuentra posicionado cerca del fondo.
Los pasacabos tipo polea tienen habitualmente un ángulo azimutal de barrido amplio, de ±60º, que, aunque es adecuado para adaptarse a los movimientos de guiñada de la plataforma SPAR, conlleva rotura en los cables donde la línea de amarre sube del pasacabos al estopor. Se ha demostrado que estas pérdidas de material por roces reducen la efectividad de los cables para suprimir los movimientos VIV (vortex induce vibration) de la estructura. Por tanto, es importante minimizar estos roces, que normalmente decrecen con el área de barrido de la línea de amarre, que se eleva desde el pasacabos.

La selección del pasacabos debe tener también en cuenta si es necesario un sistema activo o pasivo. Para un sistema activo, los frecuentes movimientos de cabrestante en las líneas de amarre alivian la necesidad de ajustar los eslabones de las cadenas en la polea del pasacabos. Aunque esto no ocurre en los sistemas pasivos, podría ser necesario dotar al conjunto de un medio para elevar las líneas de amarre y evitar así el desgaste excesivo de los eslabones de la cadena engranados en el pasacabos.

El tamaño del pasacabos viene determinado fundamentalmente por las dimensiones de la línea de amarre y el nivel esperado de las líneas de tensión. Otros factores importantes incluyen requisitos de inspección en servicio y sustitución, diseño y vida operacional, fatiga y desgaste. Para esto último, será necesario tener en cuenta las cargas cíclicas en la cadena, la distancia recorrida y la oscilación.

En el caso de emplear cable para la línea de fondeo, los pasacabos deben proporcionar suficiente diámetro de curvatura al cable para minimizarla fatiga por flexión-tensión. Estos pasacabos para cables tienen relaciones de diámetro de curvatura típicos de 16 a 25 para amarres móviles y de 40 a 60 para amarres permanentes.

Los de tipo bendingshoe giran sobre un eje de flexión bajo el agua que incorpora una relación de diámetro curvatura-cable de más de70,y cuentan con un material especial de alta densidad de nylon en el cojinete fijado a la superficie de apoyo del guía cabos.



Ilustración 4. Pasacabos tipo polea

Estopor:

Tanto la cadena de amarre como el cable son a menudo frenados en la estructura con el fin de evitar que las fuerzas de amarre lleguen directamente al chigre. Normalmente se instala uno por cadena. Estos estopores de cadena o mordazas de cable de acero, utilizados para sistemas de amarre permanentes, deben estar diseñados para mantener las concentraciones de esfuerzos y el desgaste de la cadena o cable a niveles aceptables.

Según la IACS (International Association of Classification Societies), los estopores de cadena deberán ser capaces de soportarla tensión de rotura mínima de la cadena, sin ninguna deformación permanente de las partes sometidas a tensión.

Deberán estar diseñados de manera que la flexión adicional en los eslabones individuales no se produzca y se encuentren sujetos de manera uniforme.

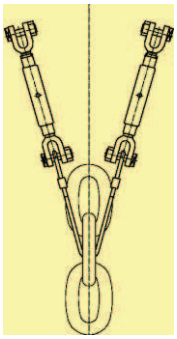


Ilustración 5. Estopor

2.3. Plataformas tipo TLP

El fondeo y amarre de las plataformas TLP se consigue a través de las siguientes configuraciones:

1. La primera configuración estaría formada por:
    - Linear Chain Jack (hasta 30.000 t)
    - Pasacabos submarinos (profundidad de 100 m aprox.)
2. La segunda configuración sería:
    - Molinete o chigre
    - Pasacabos (tipo rotatorio)

Molinetes:

Según API 2S (especificación de American Petroleum Institute), normalmente están equipados con barbotenes de acero al carbono, aunque también se pueden encontrar barbotenes realizados en acero de alta resistencia, con un diseño de cinco "aspas"(guardainfantes) para cadenas con contrete, con configuración simple, doble o triple. El molinete tendrá un barbotén para cada ancla. Este barbotén está normalmente conectado a un eje de accionamiento mediante un acoplamiento y provisto de freno. El número de ranuras en el barbotén no podrá ser inferior a 5.El rango en el tamaño de la cadena oscila entre los 51 mm y los 102 mm.

Según la IACS el molinete debe contar con dos frenos independientes de accionamiento mecánico, y cada freno debe ser capaz de retener una carga estática en las líneas de anclaje de al menos el 50% de su resistencia a la rotura. Sólo

cuando la Sociedad de Clasificación lo permita, uno de los frenos puede sustituirse por un freno de accionamiento manual.

La refrigeración es por agua y suelen incluir como una opción estándar un embrague para liberar el barboten.

El tipo de material empleado en el barbotén (acero al carbono o de alta resistencia) depende de los requisitos de desgaste y abrasión que existan en cada caso, y se seleccionan en función de la cadena usada (mínimo esfuerzo de tracción) en el sistema de amarre.

Habitualmente los molinetes están accionados por un motor eléctrico (AC o DC).El molinete con accionamiento directo (motor eléctrico) debe ser capaz de ejercer un determinado tiro sobre la cadena

3. CÁLCULOS DE LOS EQUIPOS DE AMARRE

En este apartado se realizarán los cálculos de tracción y potencia mínimos exigibles a molinetes y chigres, en función del tipo de plataforma analizado y del amarre seleccionado para cada una de ellas en la fase de diseño.

La clasificación de las plataformas offshore que se ha seguido, según el tipo de amarre, distingue entre sistemas tensionados y no tensionados. Dentro de las tensionadas se diferencia entre las que tienen los amarres a 90° (TLP) y las que los tienen a 45° (TLB). Las no tensionadas se dividen, a su vez, en Transitional (TRANS) y SLACK. La primera se caracteriza por que el amarre se sitúa en un plano horizontal con el anclaje, mientras que la segunda una parte del amarre se encuentra apoyado en el fondo marino. El siguiente nivel de subdivisión, aplicable tanto a amarres tensionados como no tensionados, distingue entre plataformas semisumergibles, SPAR y TLP.

Empezaremos analizando aquellas plataformas donde la línea de amarre esté configurada fundamentalmente por cadena y molinete. En estos casos, y

dependiendo del grado de la cadena, los molinetes deben ser capaces de ejercer una mínima tensión de tiro, Z', a una velocidad media de al menos 0,15 m/s (según GL). El cálculo de estas fuerzas sería el siguiente para profundidades superiores a 100 m:

$$Z' = f \cdot d^2$$

$$Z = Z' + 0{,}218 \cdot d^2 \cdot (L - 100)$$

Donde

Z es la fuerza que debe ejercer el molinete sobre la cadena

f, es el grado de la cadena (K1, K2, K3)

L, es la longitud del amarre

	Tipo de plataforma							
	No tensionada				Tensionada			
	TRANS		SLACK		TLP	TLB		
	Semi	SPAR	Semi	SPAR	Semi	Semi	TLP	SPAR
Diámetro cadena (mm)	70	70	70	70	70	70	70	70
Tensión (kN)	467,530	817,489	467,530	817,489	604,324	392,543	392,543	392,543
Longitud amarre (m)	353	416	439	506	179	246	202	171
f (K1)	37,5							
f (K2)	42,5							
f (K3)	47,5							
Z' (K1) (kN)	183,750	183,750	183,750	183,750	183,750	183,750	183,750	183,750
Z' (K2) (kN)	208,250	208,250	208,250	208,250	208,250	208,250	208,250	208,250
Z' (K3) (kN)	232,750	232,750	232,750	232,750	232,750	232,750	232,750	232,750
Z (K1) (kN)	454,005	521,301	545,870	617,439	268,138	339,707	292,706	259,592
Z (K2) (kN)	478,505	545,801	570,370	641,939	292,638	364,207	317,206	284,092
Z (K3) (kN)	503,005	570,301	594,870	666,439	317,138	388,707	341,706	308,592

El grado K1 no está recomendado para su uso en offshore, así que tomando como valor de referencia la cadena de grado K3, se puede calcular la tensión de tiro máxima, que debe ser capaz de desarrollar el molinete, a través de:

$$Z_{max} = 1{,}5 \cdot Z$$

	Tipo de plataforma							
	No tensionada				Tensionada			
	TRANS		SLACK		TLP	TLB		
	Semi	SPAR	Semi	SPAR	Semi	Semi	TLP	SPAR
Z (K3) (kN)	503,005	570,301	594,870	666,439	317,138	388,707	341,706	308,592
Z_{max} (kN)	754,507	855,452	892,305	999,659	475,707	583,061	512,560	462,888

El par de salida del molinete se puede calcular a partir de este Z_{max} a través de la siguiente ecuación:

$$Par = 6{,}5 \cdot Z_{max} \cdot d \cdot \mathbf{10^{-6}}$$

Por tanto,

	Tipo de plataforma							
	No tensionada				Tensionada			
	TRANS		SLACK		TLP	TLB		
	Semi	SPAR	Semi	SPAR	Semi	Semi	TLP	SPAR
d_w (mm)	70	70	70	70	70	70	70	70
Z_{max} (kN)	754,507	855,452	892,305	999,659	475,707	583,061	512,560	462,888
Par (kNm)	343,301	389,231	405,999	454,845	216,447	265,293	233,215	210,614

La potencia mínima que va a necesitar el molinete en función de los valores anteriores se calcula a través de:

$$P = \frac{Par \cdot n}{9{,}55 \cdot \delta}$$

Donde: n es la velocidad del eje (rpm)

$$n = \frac{V}{0{,}041 \cdot d}$$

V, es la velocidad en el molinete (m/min). La velocidad media asignada al molinete ha sido hasta ahora de 0,15 m/s. Por tanto, V = 9 m/min

δ es la eficiencia del motor o reductora acoplada al molinete y se estima en 0,81.

	Tipo de plataforma							
	No tensionada				Tensionada			
	TRANS		SLACK		TLP	TLB		
	Semi	SPAR	Semi	SPAR	Semi	Semi	TLP	SPAR
d_w (mm)	70	70	70	70	70	70	70	70
Par (kNm)	343,301	389,231	405,999	454,845	216,447	265,293	233,215	210,614
n (rpm)	3	3	3	3	3	3	3	3
P (kW)	139	158	165	184	88	108	95	85

En caso de existir un motor, hidráulico o eléctrico, capaz de proporcionar esta potencia a las revoluciones definidas, éste podría ir directamente acoplado al molinete. En caso contrario, sería necesario emplear una reductora.

Chigres:

Debido a que las longitudes de los amarres no son excesivas, no parece necesario el uso de chigres de doble tambor (uno de ellos empleado para almacenamiento). Por lo tanto, se realizarán los cálculos desde la hipótesis del chigre de tambor único. Siempre que sea posible, los tambores del chigre se deben diseñar con una longitud suficiente para que se pueda enrollar el cable en 7 vueltas como máximo. Habitualmente se sigue la recomendación del fabricante del cable para establecer la relación entre el diámetro del tambor y del cable. Sin embargo, esta relación debería ser como mínimo la siguiente:

$$\frac{d_d}{d_w} \geq 16$$

Donde:

d_d = diámetro del tambor;

d_w = diámetro nominal del cable

	Tipo de plataforma			
	Tensionada			
	TLP	TLB		
	Semisumergible	Semisumergible	TLP	SPAR
d_w (mm)	77	77	89	83
d_d (mm)	1232	1232	1424	1328

Cuando todo el cable está enrollado en el tambor la distancia entre la última capa de cable y el extremo exterior del tambor debe ser de, al menos, 1,5 veces el diámetro del cable.

Para calcular la tensión de tiro a desarrollar por el chigre, se puede emplear la siguiente fórmula (Stasny):

$$T_1 = T_2 e^{\mu\beta}$$

Donde: T_1 es la tensión a desarrollar por el chigre; T_2 es la tensión en el amarre; μ es el coeficiente de fricción; β es el ángulo formado por el arco de cable en contacto con el tambor del chigre.

	Tipo de plataforma			
	Tensionada			
	TLP	TLB		
	Semisumergible	Semisumergible	TLP	SPAR
dw (mm)	77	77	89	83
T amarre (kN)	604,324	413,812	419,028	416,335
β_1 (rad)	$\pi/2$	$\pi/2$	$\pi/2$	$\pi/2$
β_2 (rad)	π	π	π	π
β_3 (rad)	$3\pi/2$	$3\pi/2$	$3\pi/2$	$3\pi/2$
μ	0,1	0,1	0,1	0,1
T_1 (kN)	707,113	484,197	490,300	487,149
T_2 (kN)	827,385	566,553	573,694	570,007
T_3 (kN)	968,114	662,918	671,273	666,959

Las cadenas de grado K1 no están recomendadas para su uso en el offshore, de ahí que se descarten en los cálculos que se realizan a partir de ahora.

El par de salida del chigre se puede obtener en función de la tensión nominal calculada antes, como:

$$Par = 0{,}5 \cdot T \cdot (d_w + d_d) \cdot 10^{-6}$$

	Tipo de plataforma			
	Tensionada			
	TLP	TLB		
	Semisumergible	Semisumergible	TLP	SPAR
dw (mm)	77	77	89	83
d_d (mm)	1232	1232	1424	1328
T_2 (kN)	827,385	566,553	573,694	570,007
T_3 (kN)	968,114	662,918	671,273	666,959
Par_2 (kNm)	541,523	370,809	434,000	402,140
Par_3 (kNm)	633,630	433,880	507,818	470,540

La potencia mínima que va a necesitar el chigre, en función de los valores anteriores, se calcula a través de:

$$P = \frac{Par \cdot n}{9{,}55 \cdot \delta}$$

Donde: n es la velocidad del eje (rpm)

$$n = \frac{V}{\frac{d_w + d_d}{10^3} \cdot \pi}$$

V es la velocidad en el chigre (m/min). La velocidad media asignada al molinete ha sido hasta ahora de 0,15 m/s. Por tanto, V = 9 m/min

δ es la eficiencia del motor o reductora acoplada al molinete y se estima en 0,81.

	Tipo de plataforma			
	Tensionada			
	TLP	TLB		
	Semisumergible	Semisumergible	TLP	SPAR
dw (mm)	77	77	89	83
d_d (mm)	1232	1232	1424	1328
n (rpm)	2	2	2	2
Par_2 (kNm)	541,523	370,809	434,000	402,140
Par_3 (kNm)	633,630	433,880	507,818	470,540
P_2 (kW)	234	160	140	150
P_3 (kW)	179	123	124	124

En el caso de emplear un amarre de fibra, las dimensiones de los chigres variarían. En este caso, el análisis inicial, que permitió dimensionar los anclajes de varias plataformas tipo, se hizo sobre amarres de poliéster. Por tanto, el diámetro mínimo para el tambor del chigre (según GL) sería:

$$D_d = 6 \cdot d_s$$

El resto de valores correspondientes a los diferentes chigres, según el tipo de plataforma, aparecen resumidos en la siguiente tabla:

	Tipo de plataforma			
	Tensionada			
	TLP	TLB		
	Semisumergible	Semisumergible	TLP	SPAR
d_s (mm)	113	113	126	126
T_2 (kN)	827,385	556,882	1373,514	1340,781
T_3 (kN)	968,114	651,601	1607,133	1568,833
D_d (mm)	678	678	756	756
Par_2 (kNm)	327,231	220,247	605,719	591,284
Par_3 (kNm)	382,889	257,708	708,746	691,855
n (rpm)	4	4	3	3
P_2 (kW)	153	103	254	248
P_3 (kW)	179	121	298	291

Pasacabos

Lo habitual es que la cadena pase por una de estas guías directamente hacia el barbotén, sin otra guía intermedia. Sin embargo, se puede considerar situar uno intermedio teniendo en cuenta el diámetro del pasacabos, su número de dientes y la distancia entre él y el barbotén.

El número de dientes para un pasacabos de cadena en las unidades offshore suele ser, como mínimo, de 5. Si se aumenta este número se puede reducir la tensión y el desgaste en el pasacabos. De hecho, para unidades que vayan a permanecer más de 5 años en una misma localización, se recomienda que el número de dientes sea 9, o no inferior a 7, al menos.

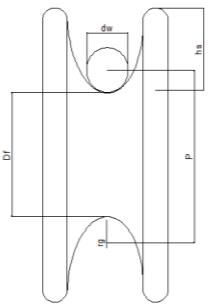
Las dimensiones básicas de los pasacabos que combinan cadena y cable son las siguientes:

$$1{,}35dw \leq hg \leq 1{,}75\ dw$$

$$rg = 0{,}525\ dw$$

$$\frac{P}{dw} \geq \mathbf{16}$$

Donde: dw es el diámetro nominal del cable; hg es la profundidad de la ranura del



pasacabo; rg es el radio de la ranura del pasacabo; P es el diámetro total del pasacabo.

Ilustración 6. Pasacabos tipo roldana

En base a esto se pueden calcular las dimensiones básicas de los pasacabos para cada línea de fondeo, y para cada caso particular estudiado.

	Tipo de plataforma			
	Tensionada			
	TLP	TLB		
	Semisumergible	Semisumergible	TLP	SPAR
dw (mm)	77	77	89	83
hg min (mm)	104	104	120	112
hg max (mm)	135	135	156	145
rg (mm)	40	40	47	44
P min (mm)	1232	1232	1424	1328

4. CONCLUSIONES

A la vista de los resultados obtenidos se puede concluir que los equipos de mayores dimensiones y más potentes serían necesarios en una plataforma con amarre tensionado (TLP) del tipo semisumergible, que emplease cadenas para dicho amarre. Es destacable el hecho de que un mayor diámetro de la cadena no implica una mayor necesidad de par en el chigre. En el diseño del amarre de una plataforma tipo SPAR se definió una cadena con un diámetro de 89 mm, que requiere un menor tensionado y, en consecuencia, un menor par que en la plataforma semisumergible, con un diámetro de cadena de 77 mm.

En el otro extremo estarían los amarres con poliéster, que permitirían equipar a la plataforma con equipos más pequeños y de menor potencia. En este caso, sería la plataforma con amarre tensionado (TLB), del tipo semisumergible, la que tendría una menor necesidad de potencia para cada uno de sus amarres.

Finalmente, decir que en este trabajo se ha intentado realizar una primera aproximación a los equipos de amarre y fondeo en plataformas flotantes, a partir del diseño optimizado de sus líneas de fondeo, para garantizar su futura aplicabilidad en casos reales. Esto es, que los valores obtenidos entraban dentro de los estándares de la industria de equipos de amarre.

5. BIBLIOGRAFÍA

5.1. Resolution A.1023 (26). Code for the construction and equipment of mobile offshore drillin gunits. 2009. International Maritime Organization.
5.2. DNV-0S-E301. Position Mooring. 2004. Det Norske Veritas.
5.3. DNV-0S-E302. Offshore mooring chain. 2008. Det Norske Veritas.
5.4. Loading Gear on seagoing ships and offshore installations. 2012. Germanischer Lloyd.
5.5. Offshore technology. Machinery Installations. 2007. Germanischer Lloyd.
5.6. Metallic materials. Equipment. 2009. Germanischer Lloyd.
5.7. ISO 19901-7. Petroleum and natural gas industries. Specific requirements for offshore structures. Part 7: Stationkeeping systems for floating offshore structures and mobile offshore units. 2005. International Standard Organization.
5.8. API 2S. Design of windlass wildcats for floating offshore structures. 1995. Revisada en 2001. American Petroleum Institute.
5.9. Stasny, James. Double drum traction winch systems for oceanographic research

Plantas nucleares flotantes para la industria offshore usando combustible nuclear tipo VVER y ciclos basados en Torio

Daniel E. Milian Lorenzo, D. Milian Pérez, L. P. Rodríguez García, J. Salomón Llanes
Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas, InSTEC
Ave. Salvador Allende y Luaces. Quinta de los Molinos. Plaza AP: 6163
La Habana, Cuba. Email: dmilian@instec.cu, dperez@instec.cu
Teléfono: (+) 537 873-8214

RESUMEN

Las plantas nucleares flotantes, PNF, se basan en la experiencia alcanzada en la operación de los reactores nucleares a bordo de buques por más de 6000 años-reactor sin la ocurrencia de accidentes con consecuencias de radiación y utilizan reactores nucleares pequeños innovativos con ciclos combustibles que operan durante largos períodos de tiempo sin recargar y permutar el combustible nuclear en el núcleo del reactor, lo cual impide el desvío clandestino del material del combustible nuclear. Ofrecen aplicaciones flexibles con opción de cogeneración capaces de suministrar electricidad para la industria offshore y para regiones costeras tanto remotas como cercanas a grandes ciudades independientemente de su sismicidad, e incluso para situaciones de emergencia debido a desastres naturales. El ciclo de vida de las PNF puede implementarse en diferentes escenarios respecto a las responsabilidades que el usuario y el productor asuman, favoreciendo la reducción de las restricciones políticas y económicas en el uso de la tecnología nuclear que en ocasiones están sometidos los países en desarrollo. La Federación Rusa construye la primera planta nuclear flotante, “Académico Lomonosov”, que utilizará dos reactores nucleares de agua a presión KLT-40S de 35 MWe diseñado específicamente para este tipo de planta y basado en los reactores nucleares utilizados en los rompehielos de propulsión nuclear. Además, se encuentra en fase de diseño conceptual el reactor VBER-150 de 110 MWe para una

FNP con opción de cogeneración, el cual se desarrolla utilizando la experiencia de operación de los reactores tipo VVER y los logros en el campo de la seguridad de las plantas nucleares. En el presente trabajo se presenta el estado actual del desarrollo de las PNF de diseño ruso y se muestran los resultados obtenidos por los autores sobre la investigación de los ciclos combustibles basados en Torio del reactor nuclear VBER-150.

INTRODUCCIÓN

Los reactores nucleares a bordo de buques han logrado una larga explotación sin accidentes, lo cual está avalado por más de 6000 años-reactor sin la ocurrencia de eventos con consecuencias de radiación. Los rompehielos de diseño ruso tales como el “Arktika”, “Sibir”, “Rossia” y otros más son un ejemplo [1].

Las lecciones aprendidas de los accidentes ocurridos en las plantas nucleares han promovido iniciativas que contribuyen al incremento del nivel de seguridad de las que están en operación o en construcción, así como a la investigación y desarrollo de sistemas nucleares innovativos y sus ciclos combustibles que garantizarán el uso de esta fuente de energía de una manera sostenible [2]. Formando parte de estas iniciativas se desarrollan plantas nucleares flotantes, de interés para regiones con limitadas infraestructura, países con redes eléctricas pequeñas, áreas remotas de difícil acceso o islas aisladas y con aplicación a la generación de electricidad para consumidores en tierra y plataformas de perforación y extracción de petróleo mar afuera, la desalinización del agua de mar y la calefacción. Estas plantas se basan en reactores nucleares y tecnologías innovadoras que garantizan un alto nivel de seguridad de la instalación, y en la experiencia de los reactores nucleares a bordo de buques [3].

En el trabajo se presentan las características técnicas y de operación del reactor nuclear ruso VBER-150 [4], aspectos relacionados con su seguridad y confiabilidad y el impacto ambiental referido a su utilización en la industria offshore del petróleo.
El diseño del reactor nuclear VBER-150 es el resultado de la evolución de los reactores modulares a bordo de buques, considerando un incremento de la potencia

térmica sobre la base del aumento en las dimensiones del reactor y de la carga de combustible nuclear manteniendo en lo posible las soluciones de diseño aplicadas a estos reactores a bordo de buques [1]. Fue desarrollado a partir de la experiencia de operación de los reactores tipo VVER con más de 1465 años-reactor sin la ocurrencia de eventos con consecuencias de radiación [5] y los logros en el campo de la seguridad de las plantas nucleares de potencia.

Características técnicas y de operación del reactor nuclear VBER-150

Las Plantas Nucleares Flotantes (PNF) con reactores nucleares VBER-150 [4] son buques diseñados específicamente para producir energía de origen nuclear para la generación de electricidad, la desalinización de agua potable, la calefacción, y el suministro de energía a plataformas de perforación y extracción de petróleo mar afuera.

El diseño de las PNF rusas se basa en las tecnologías probadas y en las experiencias de operación de los reactores nucleares utilizados en instalaciones marinas, en especial en los rompehielos (figura 1), y de los reactores nucleares de tipo VVER (figura 2).





Figura 1. Nueva generación de rompehielos Figura 2. Planta nuclear con reactores VVER-1000

El reactor nuclear VBER-150 (figura 3) es diseñado para una PNF (figura 4) con una potencia de salida adaptada a las necesidades del cliente; tiene un ciclo de operación largo y no requiere operaciones con el combustible en el emplazamiento.

La recarga y gestión de los desechos se proveen en centros especiales de mantenimiento.

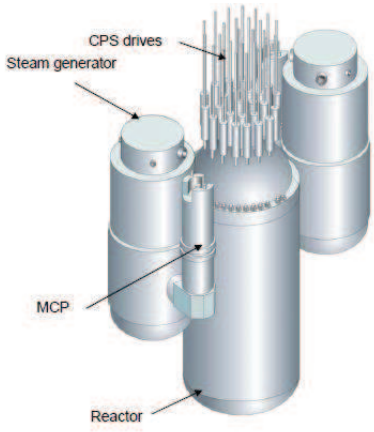


Figura 3. Reactor VBER-150.



Figura 4. Planta Nuclear Flotante.

El diseño del reactor VBER-150 se basa en la experiencia acumulada y los logros actuales en la rama de la seguridad de plantas nucleares y reactores a bordo de buques [4]. Los sistemas de seguridad diseñados para el VBER-150 cumplen con los estándares internacionales.

La instalación del reactor está protegida por una estructura cilíndrica de acero presurizada cuyas dimensiones son 12 m de diámetro interno, 15.9 m de altura, un volumen interno aproximadamente de 1820 m^3 y puede resistir sobrepresiones de 1 MPa. Además, dispone un blindaje biológico externo que consiste en placas de acero y concreto. El sistema ha sido diseñado para resistir el impacto de un avión.

El equipamiento principal del VBER-150 al igual que otros reactores nucleares de agua a presión está conformado fundamentalmente por la vasija del reactor, dos

generadores de vapor, dos bombas de circulación, y los sistemas de regulación y control.

En [4] se reporta que el diseño detallado y construcción de la PNF se efectúan como máximo en 3 y 4 años respectivamente. El costo de la construcción asciende a 180 millones USD con un periodo de amortización desde el comienzo de la operación de la PNF de 9-10 años y un costo de la electricidad generada de 2,5 centavos de dólar por kW h.

Una PNF típica con un solo reactor tendrá dimensiones tales como 105 m de eslora, 46 m de manga; así como un desplazamiento total de alrededor de 12 000 toneladas. Las características del VBER-150 para el modo de recarga total del combustible nuclear son: núcleo del reactor compuesto por 85 conjuntos combustibles del tipo VVER-1000 TVSA-T [6] (figura 5); volumen del núcleo del reactor 9.02 m^3; 23,3 toneladas de uranio enriquecido a un 4,7% en peso; y quemado del combustible nuclear a una densidad de potencia de 39 MW/m^3.



Figura 5. Conjunto combustible VVER-1000 TVSA-T.

El concepto de la instalación del reactor VBER-150 proporciona la posibilidad de la operación del núcleo con el combustible estándar VVER en los siguientes dos modos de operación [4], ver tabla 1:

- Recarga parcial, con un ciclo de operación de 320 días efectivos.
- Recarga total, con largos ciclos de operación todavía en estudio.

Como se observa, el máximo quemado del combustible en el modo de recarga total es de 41.6 MW*día/kg U; menor que el valor de 55 MW*día/kg U probado para el reactor VVER-1000. Este margen en el quemado del combustible unido a diseños avanzados del combustible nuclear propicia la extensión del ciclo de operación hasta 10-12 años.

Las opciones del ciclo combustible para el reactor VBER-150 incluyen un ciclo de uranio de un paso (ciclo básico), un ciclo de Uranio-Torio de un paso para reducir la producción específica de plutonio (ciclo combustible de Torio Radkowsky) y un ciclo cerrado con combustible MOX.

Tabla 1. Características del VBER-150 en diferentes modos de operación.

Modo de operación	Recarga parcial	Recarga total
Potencia térmica, [MW]	440	350
Potencia eléctrica, [MW]	150	110
Altura del núcleo, [mm]	1500	2200
Cantidad de conjuntos combustibles en el núcleo	15	85
Factor de repetición de recarga	5.66	1
Cantidad de uranio a recargar, [t]	2.85	23.3
Cantidad de uranio-235 a recargar, [kg]	142	
Enriquecimiento, [% en peso]	4.95	4.7
Duración del ciclo entre recargas, [full power days]	320	2083*
Consumo específico de uranio natural, [g/(MW*día)]	213	339
Quemado del combustible descargado, [MW*día/kg U]		
Promedio para un conjunto combustible	50.0	31.3
Máximo para un conjunto combustible	53.0	41.6
Máximo para un elemento combustible	57.5	

* Corresponde a más de 7 años a un factor de carga de 0.8.

Los autores del presente trabajo estudiaron estas y otras opciones del ciclo combustible nuclear para el modo de recarga total utilizando el código computacional MCNPX [7], basado en la teoría de Monte Carlo. Las seis opciones del ciclo combustible estudiadas para este reactor son:

- UOX: Ciclo básico. Oxido de Uranio enriquecido al 4.7% en peso U^{235}.
- UPuOX: Ciclo de Oxido de U^{238} con Pu^{239} (plutonio militar).
- U^{233}ThOX: Ciclo de Oxido Torio con U^{233} producto del reprocesamiento de otros ciclos basados en Torio.
- UThOX: Ciclo de Oxido de Uranio enriquecido al 4.7% en peso U^{235} con Torio.
- UPuThOX: Ciclo de Oxido Torio con MOX.
- PuThOX: Ciclo de Oxido de Torio con Pu^{239} (plutonio militar).

Los cálculos con el código MCNPX se realizaron con un modelo de distribución homogénea del combustible dentro del conjunto similar al reportado en [8].
En la tabla 2 se muestran los resultados obtenidos para cada una de las seis opciones relacionados con la duración del ciclo y el quemado promedio del combustible descargado.

Tabla 2. Cálculos para las opciones del ciclo de combustible nuclear para el reactor VBER-150.

Parámetros	Opciones del ciclo combustible para el reactor VBER-150					
	UOX	UPuOX	U^{233}ThOX	UThOX	UPuThOX	PuThOX
Duración del ciclo, [full power days]	2083	3100	3100	1500	700	2800
Quemado promedio para un conjunto combustible descargado [MW*día/kg U]	31,30	46,58	46,58	29,97	17,31	42,07

Como se observa, se obtuvieron resultados idénticos para el combustible estándar según lo presentado en [4] (ver tabla 1). Para el resto en algunas opciones se alcanzaron resultados superiores de quemado promedio y de la duración del ciclo. Este hecho requiere la profundización de los estudios de seguridad respecto al comportamiento termomecánico del combustible nuclear.

Impacto ambiental en la industria offshore del petróleo

La tecnología offshore desempeñará un rol importante en las estrategias energética y ambiental y se desarrolla velando por la reducción de la huella medioambiental de sus operaciones, en el marco de un compromiso a favor del desarrollo sostenible, de ahí el interés que muestra el público en el mundo sobre esta industria y su evolución como se observa en la figura 6 que reporta los resultados de la herramienta Google Trends.

En Cuba, se trabaja en la elevación de la producción nacional de crudo y gas acompañante, acelerando los estudios geológicos encaminados a poder contar con

nuevos yacimientos, incluidos los trabajos de exploración en la Zona Económica Exclusiva (ZEE) del Golfo de México. Se presta atención prioritaria al impacto ambiental asociado al desarrollo industrial existente y proyectado en la industria del petróleo y se potencia el aprovechamiento de las distintas fuentes renovables de energía, priorizando aquellas que tengan el mayor efecto económico [9].

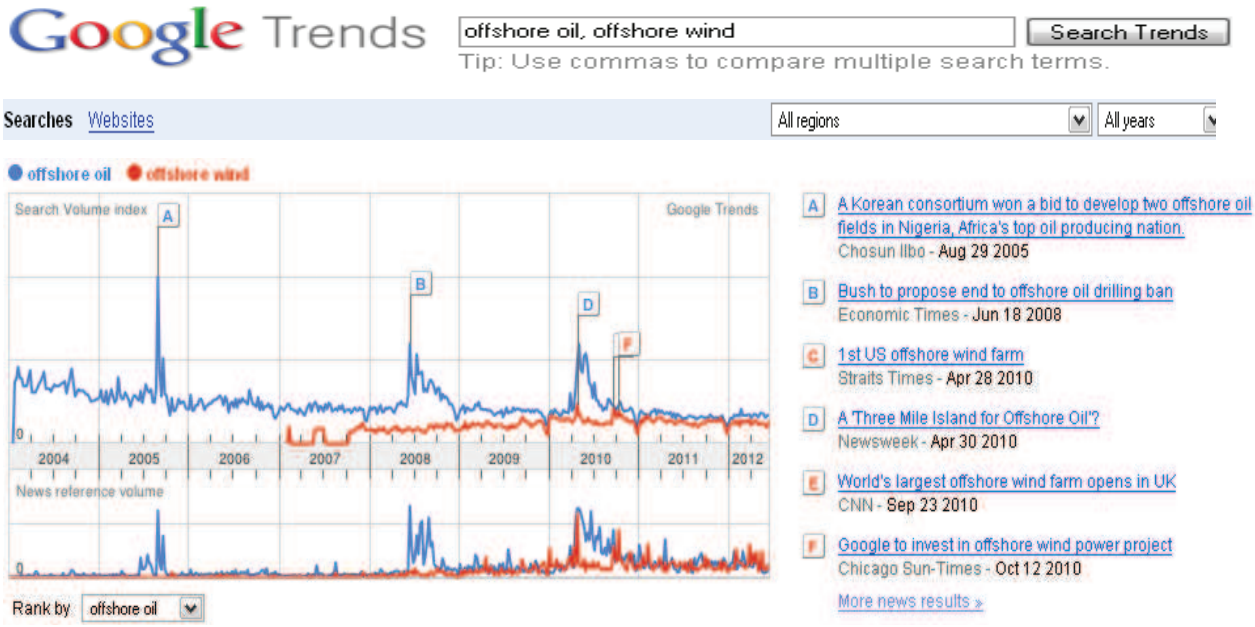


Figura 6. Términos “offshore oil” y “offshore wind” en la herramienta Google Trends.

Hasta el presente, los explotadores de las plataformas de petróleo offshore han contado con dos opciones para el suministro de energía a toda la maquinaria local: generar electricidad in situ con turbinas de gas que impulsen generadores, o recibir electricidad desde la costa mediante cables submarinos [10]. Las proyecciones indican un crecimiento en la demanda de la potencia offshore, por lo que fuentes alternativas de energía como las prometedoras renovables del tipo eólica, solar y oceánicas, pudieran contribuir a la reducción del uso de los fósiles y así de las emisiones de CO_2 y NO_x [11,12].

Las fuentes renovables de energía pueden constituir la solución de principio a la problemática del cambio climático [13], pero todo parece indicar que no están listas en la escala suficiente para asumir ese gran desafío ni para aplicarse a gran escala en la industria offshore.

La energía nuclear, que enfrenta el problema básico de comprensión y aceptación por el público en especial relacionado con las plantas nucleares [14], es la única fuente disponible ahora con la madurez requerida para, a tiempo y de forma masiva, reducir la dependencia del hombre a los fósiles y así revertir el cambio climático.

Para evaluar la utilización de las PNF desde el punto de vista ambiental para la industria offshore, los autores del presente trabajo realizaron una comparación con el impacto ambiental que producen los sistemas de suministro de electricidad para plataformas más difundidos a nivel mundial, que se basan en turbinas de gas y cables submarinos desde redes terrestres usando motores diesel. La metodología de cálculo y los datos utilizados para la comparación se reportan en [10,15].

Para realizar la comparación se calcula el costo evitado de emisión de CO_2 en el supuesto de que se sustituyen los sistemas de suministro de electricidad convencionales de una plataforma offshore de petróleo por una PNF que utiliza un reactor nuclear VBER-150. La tabla 3 [15] muestra las emisiones específicas según la fuente de energía y la tecnología de generación eléctrica, de esta tabla se toman los datos referidos a la energía nuclear y al petróleo, y de [10] los datos de una turbina de gas de las que se utilizan en las plataformas offshore de petróleo que alcanzará a lo sumo eficiencias de entre 25-30%; por tanto, por cada metro cúbico de gas natural quemado se emiten 2 kg de CO_2 para producir solo 3 kWh de electricidad, entonces esta tecnología emite 667 kg CO_2e/MWh.

En la tabla 4 se muestran los resultados obtenidos, a partir del calculo de la producción de electricidad de la PNF durante un año y las emisiones de CO_2e evitadas. Hay que destacar, que los resultados alcanzados son conservadores ya que se tomó las emisiones reportadas en [15] para un reactor de agua ligera emplazado en tierra.

Fuentes de energía	Tecnología considerada para el cálculo de costes	Emisiones GEI (kg CO_2e/MWh)	Eficiencia
Gas natural	Turbina de gas de ciclo abierto	440	40%
	CCGT (Turbina de gas de ciclo combinado)	400	50%
Petróleo	Motor diésel	550	30%
	CP (Combustible pulverizado con desulfuración de los gases de escape)	800	40-45%
Carbón	Centrales convencionales	1.000-1.200	35-40%
	CLF (Combustión de lecho fluido circulante)	800	40-45%
	CCGI (Ciclo combinado con gasificación integrada)	750	48%
Energía nuclear	Reactor de agua ligera	15	33%
Biomasa	Central de generación a partir de biomasa	30	30-60%
Energía eólica	Terrestre	30	95-98%
	Marítima	10	95-98%
Energía hidroeléctrica	Central grande	20	95-98%
	Central pequeña (<10MW)	5	95-98%
Energía solar	Fotovoltaica	100	

Tabla 3. Emisiones de CO_2e según fuente de energía y tecnología aplicada*.

* Fuente: [15].

Una vez obtenidas las toneladas TM de CO_2e evitadas, el paso siguiente es su valoración en términos económicos teniendo en cuenta el precio de la tonelada de CO_2e en el mercado internacional de emisiones. Se han supuesto tres escenarios de precios, uno bajo (25 USD/ TM CO_2e), uno medio (50 USD/ TM CO_2e) y otro alto (75 USD/ TM CO_2e), aunque la tendencia es al aumento de los precios [15]. En la tabla 5 se muestra la valoración económica según los escenarios considerados para la sustitución de la generación de electricidad basada en combustible fósil con una PNF.

Teniendo en cuenta que el costo de construcción de una PNF con reactor nuclear VBER-150 asciende a 180 millones de USD [4], los valores del costo evitado debido a la sustitución del empleo de combustibles fósiles son significativos, por lo que

desde este punto de vista parece factible la utilización de la energía nuclear para la demanda de potencia offshore.

Tabla 4. Emisiones de CO_2e evitadas por la utilización de una PNF en un año de operación.

Potencia nuclear (MWe)	110
Horas/año	8760
Factor de disponibilidad	0.85*
Energía producida (MWh)	819060
(Emisiones de la Turbina de Gas) – (Emisiones de la PNF) = (667-15 $kgCO_2e$ /MWh)	652
Emisiones evitadas (TM CO_2e/año)	534027.12
Emisiones del Motor Diesel) – (Emisiones de la PNF) = (550-15 $kgCO_2e$ /MWh)	535
Emisiones evitadas (TM CO_2e/año)	438197.1

*Fuente: 0.85-0.9 [4]. Se tomó el valor más conservador.

Tabla 5. Valoración del CO_2 evitado en un año mediante la utilización de la PNF.

Escenario	Precio (USD/TM)	Costo evitado (millones USD/año)
Sustitución de la turbina de gas en la plataforma		
Bajo	25	13.35
Medio	50	26.70
Alto	75	40.05
Sustitución del cable submarino desde la costa		
Bajo	25	10.95
Medio	50	21.91
Alto	75	32.86

CONCLUSIONES

1. Las PNF constituyen una unidad móvil y autónoma de energía y contribuyen a enfrentar los desafíos energéticos-ambientales con múltiples aplicaciones para el suministro de electricidad y la desalinización del agua de mar a regiones e islas aisladas y el desarrollo de la industria offshore sin preocupaciones de que sus emisiones empeoren la problemática del cambio climático.

2. Representan una opción atractiva para dar respuesta a la demanda de potencia offshore, sobre la base de las reducciones significativas de emisiones de gases de efecto invernadero al sustituir las tecnologías convencionalmente utilizadas por la industria offshore basadas en combustibles fósiles.

3. El diseño innovador del reactor nuclear modular y ciclos combustibles basados en Torio pudieran contribuir a enfrentar los problemas de la aceptación de la energía nuclear relacionada con la no proliferación y la gestión de los desechos nucleares.

BIBLIOGRAFIA

1. Status of innovative small and medium sized reactor designs. IAEA-TECDOC-1485. ISBN 92–0–101006–0, ISSN 1011–4289. 2006.

2. International Atomic Energy Agency. Division of Nuclear Power. International Project on Innovative Nuclear Reactors and Fuel Cycles (INPRO). http://www.iaea.org/INPRO/. Vienna. 2012.

3. L. N. Andreeva-Andrievskaya, V. P. Kuznetsov. “Transportable Nuclear Power Facilities in the INPRO International Project”. Atomic Energy, Vol. 111, No. 5, March, 2012.

4. Status of Small Reactor Designs Without On-Site Refuelling; FLOATING NPP WITH VBER-150 REACTOR INSTALLATION. Experimental Design Bureau of Machine Building (OKBM), Russian Federation. IAEA-TECDOC-1536. January 2007.

5. Final Document. Recommendations of the 7-th international scientific and technical conference. “Safety Assurance of NPP with VVER”, Russia, Podolsk, May 17 –20, 2011.

6. Nuclear Fuel for VVER Reactor. Fuel Company of ROSATOM TVEL. www.tvel.ru. 2011.

7. The MCNPX Team. MCNPX User's Manual version 2.5.0. Los Alamos National Laboratory, LA-CP-05-0369; April 2005.

8. J. Breza, P. Darilek, V. Necas. Study of thorium advanced fuel cycle utilization in light water reactor VVER-440. Annals of Nuclear Energy 37 (2010) 685–690.

9. Información sobre el resultado del Debate de los Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución. Cuba. Mayo 2011.

10. Conexión de plataformas de petróleo y gas a las redes eléctricas de territorios continentales, Rahul Chokhawala, Revista ABB 1/2008.

11. C. Noel, Shell; R. Davis, BEW Engineering. "Renewables, Ready or Not?" http://www.otcnet.org/2012/pages/schedule/tech_program/documents/otc231381.pdf. Offshore Technology Conference. Houston, Texas, USA, 30 April–3 May 2012.

12. A.R. Aardal, J.I. Marvik, H. Svendsen, J.O. Tande, Sintef Energy Research. "Offshore Wind as Power Supply to Oil and Gas Platforms". http://www.otcnet.org/2012/pages/schedule/tech_program/documents/otc232451.pdf. Offshore Technology Conference. Houston, Texas, USA, 30 April–3 May 2012.

13. J. Torres Martínez. "Cambio climático y fuentes renovables de energía". Revista ENERGIA YTU. ISSN 1028-9925. Julio-septiembre, 2010.

14. F. Castro Díaz-Balart. "ENERGIA NUCLEAR ¿Peligro ambiental o solución para el siglo XXI?". Ediciones Mec Grafic S.A. 1ra Edición 1997.

15. S. M. Ruesga. Análisis económico de un proyecto de ampliación de la producción eléctrica nuclear en España. Foro de la Industria Nuclear Española. www.foronuclear.org. Enero 2008.

Equipo generador de energía eléctrica undimotriz

Carlos Eduardo MATUS Parra; Magister en Ingeniería Metalúrgica; Capitán de Fragata (R); Armada de Chile; Dirección Prat 749, tercer piso, Valparaíso, Chile; cmatus@armada.cl , +56976677011

Hoy en día existe una sobrepoblación mundial y una industrialización generalizada que originan un problema energético y con el agotamiento de fuentes limpias por la utilización de energías poco eficientes, como la eólica que tiene una disponibilidad inferior al 40 % del tiempo y la solar que su disponibilidad es inferior al 50 %, siendo necesario buscar nuevas fuentes de energía. Chile al ser una larga y estrecha franja de tierra en la costa occidental del Cono Sur que se extiende a lo largo de 4.270 km, con un extenso litoral, es una nación privilegiada, que posee al alcance de la mano y totalmente gratis, la energía que entregan las olas, la cual no es utilizada aún. En el mundo existen prototipos capaces de obtener esta energía de las olas; bajo el mar y sobre el mar. Las que son instalados bajo el mar, sus partes mecánicas son deterioradas rápidamente por la agresiva vida marina, dificultando su mantención, sin considerar que sus partes hidráulicas, que también se encuentran bajo el agua, podrían sufrir una ruptura, originando una contaminación marina de consideración. Los prototipos instalados sobre la superficie y si bien es cierto, solucionan los problema señalados anteriormente, estas articulaciones sufren producto de esta potente energía, dañando las estructuras y vertiendo sus líquidos hidráulicos al mar. El gran aporte de esta solución, es construir una estructura que sus partes móviles e hidráulicas estén fuera del mar, lo cual facilita su mantención y evita la contaminación. El objetivo general del presente proyecto es la construcción y prueba en el mar de un prototipo de generación eléctrica que utilice como fuerza de empuje la energía potencial de las olas del mar (Undimotriz) basado en un invento original de Iván Dib Echeverría. El mecanismo es simple, fue desarrollado con el propósito de obtener una solución sencilla para un problema complejo, desde el punto de vista de la ingeniería se obtuvo una solución mecánica aplicable para transformar el movimiento mecánico vertical ascendente y descendente de las olas, en rotatorio

con un solo sentido de giro por un arreglo mecánico el cual produce los movimientos de una turbina para finalmente generar la energía eléctrica. Este sistema fue construido a escala real instalado en la mar de manera que permitió conocer el comportamiento de las partes mecánicas e hidráulicas del mecanismo y las características de la electricidad generada.

LA ENERGÍA DE LAS OLAS

La figura a. representa las distintas energías de las olas: la energía cinética de las partículas del agua, que en general siguen caminos circulares, y la energía potencial de las partículas elevadas. ¿Cuál es el origen de estas energías?

Las olas del mar son un derivado terciario de la energía solar: el calentamiento de la superficie terrestre produce viento y este a su vez genera oleaje. Es así como el 0,3% de la energía del Sol que llega a la superficie terrestre se transforma en energía undimotriz.

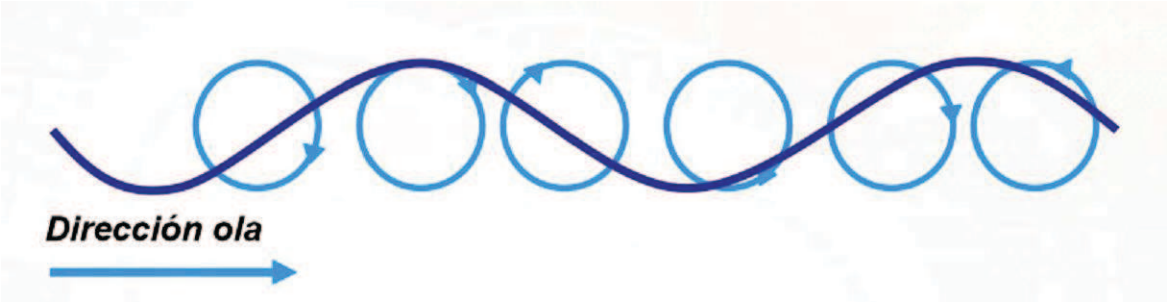


Figura a.

La radiación solar incidente sobre la superficie de la Tierra no produce calentamientos homogéneos sino calentamientos desiguales, lo que provoca que en la atmósfera aparezcan zonas de alta presión y de baja presión. Las diferencias de densidad generan desplazamientos del aire (lo que se conoce como viento) de distinta intensidad, y su rozamiento con la superficie libre del mar da lugar al oleaje, cuya intensidad depende de la intensidad y de la duración del viento, además de la longitud sobre la cual éste transmite energía a la ola. Así, la fuerza ejercida sobre la ola es proporcional a la altura de las ondas, a la pendiente de estas y al cuadrado de la velocidad relativa entre el aire y la onda [Fernández Díez, 2002].

El oleaje actúa como un acumulador de energía en el sentido en que es capaz de recibir energía, transportarla de un lugar a otro y almacenarla. Como la densidad del aire es mucho menor que la del agua, en la superficie libre las partículas tienen más libertad para la traslación. A causa de esto, las olas se propagan a lo largo de miles de kilómetros por la superficie del mar pero no hacia el fondo. Además, poseen la capacidad de desplazarse durante grandes distancias con pérdidas de energía mínimas y, por esta razón, la energía generada en cualquier parte del océano acaba en el borde continental, de modo que la energía de las olas se concentra en las costas. Por ejemplo, las olas creadas en el lado oeste del Océano Atlántico viajan hasta la costa oeste de Europa impulsadas por vientos del oeste.(figura b.)

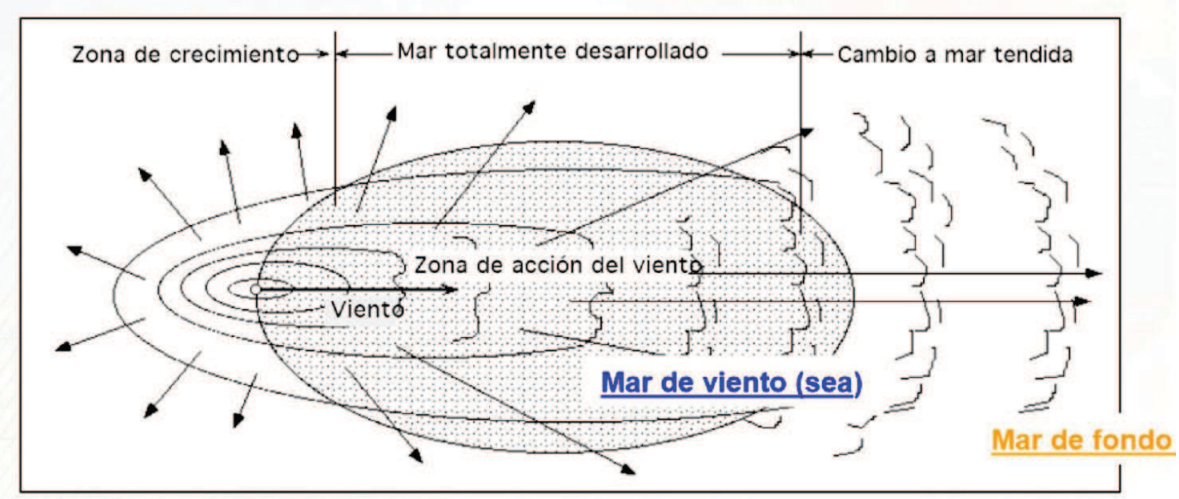


Figura b.

A pesar de que las pérdidas son mínimas, la densidad energética del oleaje decrece cerca de las costas debido a la interacción de las olas con el lecho marino; sin embargo, esta disipación de energía puede ser compensada por fenómenos naturales como la reflexión o la refracción, que originan las llamadas concentraciones de energía o hot spots. En relación con estos fenómenos, Creus Solé define los coeficientes de reflexión (cuando la onda choca contra un obstáculo vertical, una barrera, por ejemplo, y se refleja con muy poca pérdida de energía), de difracción (representa la dispersión de la energía del oleaje a sotavento de una barrera) y de refracción (cambio de dirección que sufre una ola al acercarse a una zona de menor profundidad, una playa, por ejemplo) [Creus Solé, 2004].

POTENCIAL ENERGÉTICO DE LA ENERGÍA UNDIMOTRIZ

La energía solar que llega a la superficie terrestre se puede calcular utilizando la llamada “constante solar”, que representa la cantidad total de energía por segundo que se recibe en el borde exterior de la atmósfera, considerando una distancia promedio entre la Tierra y el Sol. Si se asume un valor de 1353 W/m^2 de energía total del espectro solar, se obtiene que la potencia solar absorbida por la Tierra es 375 W/m^2.

El 0,75% de la irradiación solar que llega a la superficie terrestre genera las corrientes atmosféricas, los vientos, que transfieren el 40% de su energía a la superficie del mar. Por lo tanto, la energía del Sol que se transmite al oleaje es:

$$0{,}75\% \cdot 40\% \cdot 375\ \text{W/m}^2 = 1\ \text{W/m}^2$$

Por otro lado, la capacidad del oleaje de generar energía se mide con los parámetros energía, flujo de energía y potencia por metro de frente de ola (kW/m).

Hay muchos estudios que proporcionan modelos del comportamiento de las olas considerando la zona en la que se propagan, pero, debido a sus complejidades, sólo se van a describir superficialmente los parámetros que definen las olas cortas, cuya longitud de onda es considerablemente inferior a la profundidad del mar donde se desplazan; por esto, su velocidad depende de la longitud de onda $v = k\sqrt{\lambda}$, pero no de la profundidad (en realidad la velocidad de una ola decrece a medida que lo hace la profundidad de la superficie donde se propaga).

Las olas cortas son las olas normales producidas por el viento. Un conjunto de olas cortas, con distintos valores de altura, periodo y dirección, forman una ola real.

Los parámetros que caracterizan una ola corta son:

* Longitud de onda (λ) distancia que separa dos crestas consecutivas,

  En profundidades indefinidas la longitud de onda se define como: $\lambda = \frac{gT^2}{2\pi}$

* Período de la ola (T): tiempo entre dos crestas o dos valles sucesivos: $T = \frac{2\pi}{\omega}$

* Celeridad de la onda: velocidad de traslación de la ola o velocidad de fase

$$C = \frac{\lambda}{T} = \frac{\omega}{k}, \quad \text{donde:} k = \frac{2\pi}{\lambda}$$

* Celeridad del Grupo: $C_g = \frac{C}{2} = \frac{gT}{4\pi}$

* Peso especifico del agua de mar: $\rho = 1028\, kg/m^3$

* Altura de la ola (H): distancia entre la cresta y el valle (figura c.)

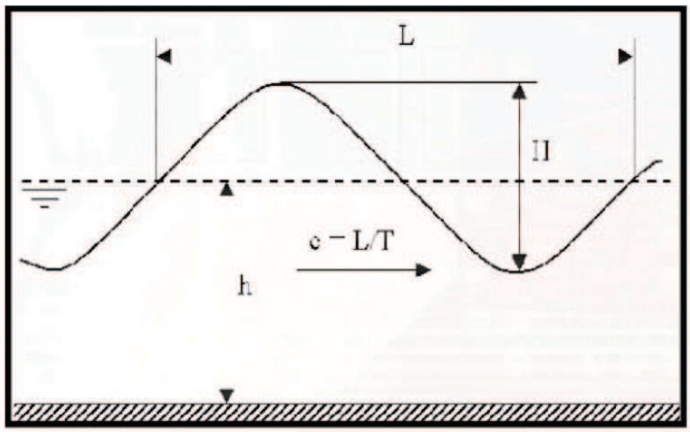


Figura c.

La potencia de las olas depende del cuadrado de la altura de la ola o, lo que es lo mismo, de la velocidad del viento, y del periodo o frecuencia del movimiento. Las siguientes fórmulas son las expresiones de la energía, del flujo de energía y de la potencia por metro de frente de ola. Sobra decir que, cuanto mayor sea la velocidad del viento incidente, mayor serán los valores de la energía y de la potencia de la ola.

Energía total: $(kj/m^2) = \frac{\rho g H^2}{8}$

Flujo de energía: $\left(kw/m\ \right) = \frac{\rho g H^2}{8} \cdot C_g = \frac{\rho g^2 H^2 T}{32\pi}$

$$P\left(kw/m\ \right) \approx 0{,}96 H^2(m) T(s)$$

En zonas favorables, los flujos de energía medios varían entre 35 y 60 kW/m de frente de ola, que se corresponden con olas de amplitudes en torno a 2 m y periodos grandes, entre 7 s y 10 s; estimándose una densidad media mundial de energía de 8 kW/m de línea de costa. La altura media de las olas oscila entre 1-2 m (45%) y 2-3 m (30%). Los periodos suelen estar comprendidos entre 6-8 s (40%) y 8-10 s (30%). Se considera que una ola con valores elevados es aquella con H=3,5 m y T=17 s [Legaz Poignon, 2006].

A continuación se va a calcular el flujo de energía de un oleaje monocromático de profundidad infinita, caracterizado por un periodo de 10 s y una ola de 2 m de altura media.

$$\lambda = \frac{9{,}8 \cdot 10^2}{2\pi} = 156\, m$$

$$C = \frac{\lambda}{T} = 15{,}6\ m/s$$

$$C_g = \frac{C}{2} = 7{,}8\, m/s$$

Flujo de energía$= \frac{1028 \cdot 9{,}81 \cdot 4}{8} \cdot 7{,}8 \approx 39(kW\ /\ m)$

VENTAJAS Y DES VENTAJAS DE LA ENERGÍA UNDIMOTRIZ

Ventajas

Hay que resaltar que la forma de generación y transmisión del recurso de olas es, en sí, mucho más estable en el tiempo que el viento. Se trata de un recurso concentrado, predecible, cercano a grandes consumidores y de alta disponibilidad.

Las olas pueden desplazarse durante largas distancias sin perder energía.

- Es un recurso predecible si se conocen, entre otros factores, el viento en alta mar, las tormentas y las corrientes atmosféricas, gracias a su propiedad de propagación a lo largo de cientos de kilómetros sin que se degrade su energía (los tiempos de propagación son de 2-3 días). Este factor es fundamental para integrar los parques de olas en la red eléctrica. Además, debido a la naturaleza dispersiva del oleaje, cuya principal consecuencia es que las olas de distinta frecuencia llegan a las costas en distintos instantes, el control resulta más sencillo.
- Es un recurso cercano a grandes consumidores.
- Ofrece alta disponibilidad ya que es un recurso abundante y con flujos de energía elevados.
- Las instalaciones petrolíferas marinas ofrecen información y experiencia, pese

a que las plataformas marinas se diseñan para oponer la mínima resistencia al oleaje, y el anclaje de los dispositivos que nos ocupan debe ser tal que la resistencia al oleaje sea máxima. De hecho, los costes de amarre y anclaje pueden alcanzar la mitad de los costes totales.

- Algunos dispositivos permiten el uso de generadores síncronos, que participarían en el control de la potencia reactiva de la red.
- El desarrollo de esta energía dará seguridad de suministro energético a regiones remotas, igual que ocurre con otras energías renovables.
- Puede amortiguar el oleaje en zonas portuarias o erosionables.
- Se impulsará la diversificación de empleo y estimulará PYMES e industrias en declive como las de construcción de barcos.
- Es una energía limpia, no emite gases contaminantes a la atmósfera.
- Permite usos alternativos a la energía eléctrica de la energía obtenida, como la producción de hidrógeno o la obtención de agua potable del mar.

Ventajas de la energía undimotriz en comparación con la energía eólica:

- La energía cinética de las olas (es función de la altura de la ola al cuadrado) es 1000 veces superior a la del viento (es función al cubo de la velocidad del aire), lo que permite utilizar aparatos más pequeños para producir la misma cantidad de energía.
- Es un recurso energético concentrado puesto que es mucho mayor la densidad del agua que la del aire. La densidad del agua salada (la densidad del agua típica del mar, agua salada con un 3,5% de sales disueltas es ~1028 kg/m^3) es aproximadamente 800 veces la del aire (~1,3 kg/m^3).
- El impacto visual es mucho menor que el de los aerogeneradores (figura II.3.); además, los dispositivos pueden estar situados bajo la superficie del mar, en rompeolas o alejados de la costa.
- La energía de las olas es más continua que la eólica, que muere por la noche, durante la mañana y con atmósferas inversas (temperaturas extremas), y que la energía solar. La energía de las olas varía en las estaciones del año del mismo modo en que varía la demanda de electricidad en zonas con climas templados.

- Es un recurso regular. La generación equivalente de los dispositivos en la costa es 2000 h/año y la de los situados mar adentro 4000 h/año, cifra impensable para los parques eólicos (2300 h/año) o las centrales minihidráulicas (2800 h/año).
- Davies estima un factor de capacidad (cantidad real de energía que produce un dispositivo al año dividido por la cantidad de energía que se podría producir con esa fuente de energía) para los dispositivos de olas que supera el 80%, mientras que el de los eólicos marinos, con mayor generación que los terrestres, es 50% [Davies, 2005].

Desventajas:

- Varios dispositivos han fracasado ante tormentas, pues la carga que debe soportar el dispositivo en las condiciones más adversas (p. ej. huracanes) puede ser 100 veces mayor que su carga nominal. Asimismo, aunque las condiciones sean mejores, los dispositivos tienen que soportar la energía cinética de las olas ininterrumpidamente.
- Los dispositivos alejados de la costa tienen unos costes importantes, debidos no sólo al mantenimiento y a la instalación, sino también al sistema de amarre, que debe ser revisado y sustituido cada poco tiempo, garantizando que ninguna pieza se pierda y quede a la deriva.
- La vegetación marina crece en todo lo que se instala en el mar.
- El efecto corrosivo del agua salada tiene consecuencias muy negativas en distintos materiales. Por ejemplo, provoca que el acero se oxide, que el cobre se disuelva y que el aluminio desaparezca.
- El diseño es complejo. Como afirma Creus Solé [Creus Solé, 2004]: “lo que se diseña en la bañera no funciona en el mar”.
- La irregularidad en la amplitud, en la fase y en la dirección de la ola (la potencia entrante es aleatoria) hace difícil que un dispositivo obtenga el máximo rendimiento en todo el intervalo de frecuencias de excitación.
- Es complicado acoplar el movimiento lento (~0, 1 Hz de frecuencia) e irregular de la ola al del generador, que normalmente trabaja a una frecuencia 500 veces mayor.
- En general, la eficiencia de la conversión energética no es alta.

- El coste de la planta de conversión es muy alto. Pese a que el coste de la materia prima es nulo (no hay que olvidar que el fluido de trabajo es el agua o el aire), el coste de construcción, que implica los sistemas de anclaje, los cierres herméticos, los cojinetes, etc., es muy elevado. De momento no es competitivo con el coste de ninguna central convencional.
- El aprovechamiento de la energía de las olas tiene un impacto ambiental considerable. En este apartado se presenta la mayor paradoja de este aprovechamiento energético: es una forma de fomentar el desarrollo sostenible destruyendo ecosistemas.

Entre los impactos ambientales que produce se pueden destacar:

La alteración del clima marítimo (sedimentos, ecosistemas).
- La emisión de ruido.
- El impacto visual y estructural sobre el paisaje.
- Los efectos negativos en la flora y la fauna, que pueden afectar a las aves migratorias y a los peces.
- Los efectos en la reproducción de algunas especies.
- Los efectos en la sedimentación en las costas y en las playas.
- Los riesgos para la navegación.

Todas estas características parecen manifestar que el diseño de un dispositivo de energía undimotriz debe ser, desde el punto de vista de aprovechamiento energético, sofisticado y fiable y, por otro lado, económicamente viable; aunque como citaba el autor de Energy from Waves, David Michael Ross: “la energía de las olas no fue diseñada para ahorrar dinero, sino para salvar el mundo”.

LA ENERGÍA DE LAS OLAS EN EL MUNDO

Thorpe ha calculado que las olas suponen un recurso de 2 TWaño/año de potencia, equivalente a una capacidad energética anual de 17520 TWh, que puede suministrar 2000 TWh/año de electricidad [Thorpe, 2000]. El CIEMAT da un valor de la demanda de electricidad a nivel mundial mayor que 17000 billones de kWh; por lo tanto, la energía de las olas podría cubrir el 10% del consumo mundial eléctrico, con una inversión de 820 billones de euros [Thorpe, 2000].

Del mismo modo que ocurre con otros recursos renovables, la energía de las olas está distribuida de modo dispar. Las regiones con mayor actividad de olas son las que se encuentran entre 30 º y 60 º de latitud, en ambos hemisferios, donde prevalecen los vientos del oeste, excepto en la costa africana occidental (20 °S). Por este motivo, las zonas con mayor potencial energético por metro de costa son las costas de Estados Unidos, Canadá, Sudáfrica, Australia, Sudamérica y Escocia. A modo de referencia, la densidad en mitad del Océano Atlántico es de 101 kW/m de frente de ola.

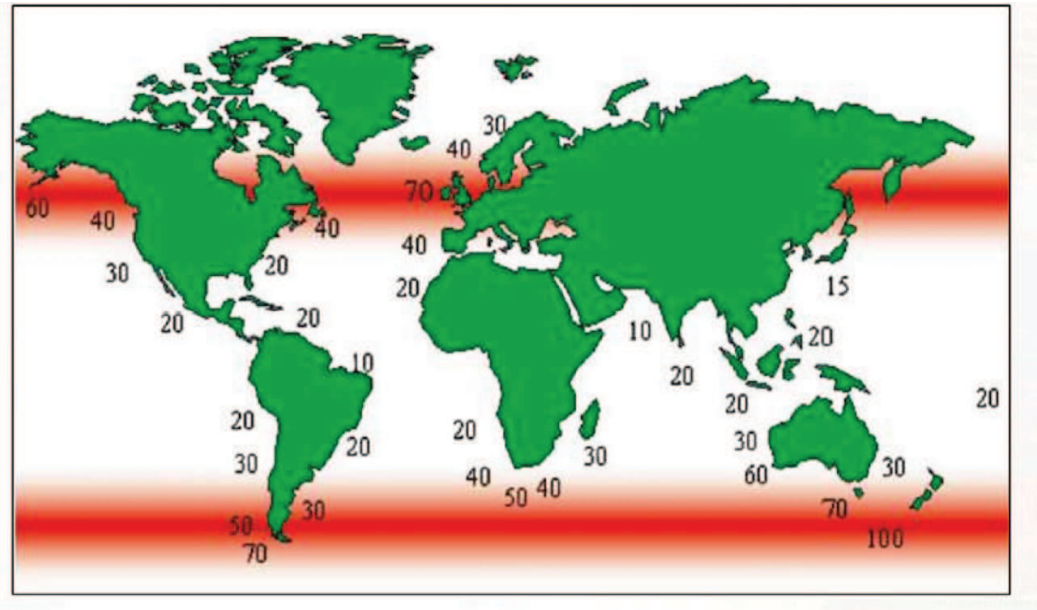


Figura d. Distribución mundial media de la potencia anual de las olas, en kW/m. [Centre, 2004]

DESARROLLO DEL MODELO UNDIVAGOMOTRIZ DIB.

Teniendo en cuenta lo que estudio Fernandez Chozas y que fue expuesto anteriormente y sus recomendaciones, se abordo el desafío de desarrollar un prototipo que sea capaz de enfrentar las dificultades en el mar y sobre todo mejorar su eficiencia.

El objetivo primero que se puso fue analizar y mejorar las desventajas expuestas por Fernandes Chozas , y para esto se siguió el siguiente esquema de fases para llegar al éxito.

Fase 1 Modelo de Validación	Validación de concepto Caracterización Optimización	Validar el concepto y obtener las características funcionales, así como un modelo matemático representativo.
Fase 2 Modelo de diseño	Esta fase debe servir para verificar la dinámica del captador, las prestaciones que puede dar, su arquitectura, la respuesta ante grandes olas, los esfuerzos máximos, el control del sistema.	
Fase 3 Modelo de Proceso	Esta fase debe servir para verificar los efectos que no ha sido posible verificar por la escala, el análisis de sistemas reales y sistema de generación, la durabilidad (corrosión, crecimiento de vida marina) y la supervivencia ante temporales.	
Fase 4 Prototipo	Esta fase debe servir para verificar todo el conjunto a escala real. Lo fundamental es la monitorización de diferentes elementos a lo largo de las pruebas: fondeos, calidad de energía, Impacto del medio, etc.	
Fase 5 Demostración	El convertidor que se construya en esta fase debe ser la primera unidad de la producción. Debe establecerse el proceso de industrialización que será necesario para la producción.	

Fase 1: En esta fase se busco desarrollar un modelo eficiente que fuese capaz de acoplar el movimiento lento e irregular de las olas al del generador y esto se logro con el ingenio DIB. El modelo matemático representativo arrojo ser eficiente en las pruebas de taller y laboratorio.

Fase 2: En esta fase de modelo de diseño se trabajo en las instalaciones de la maestranza en Santiago de Chile y se sometió al modelo a diferentes situaciones de esfuerzos, verificar su arquitectura y disminuir ruidos, impactos visuales, evitar sedimentación y contaminación y sobre todo disminuir los costes de construcción al optimizar el diseño para hacerlo más competitivo e eficiente.

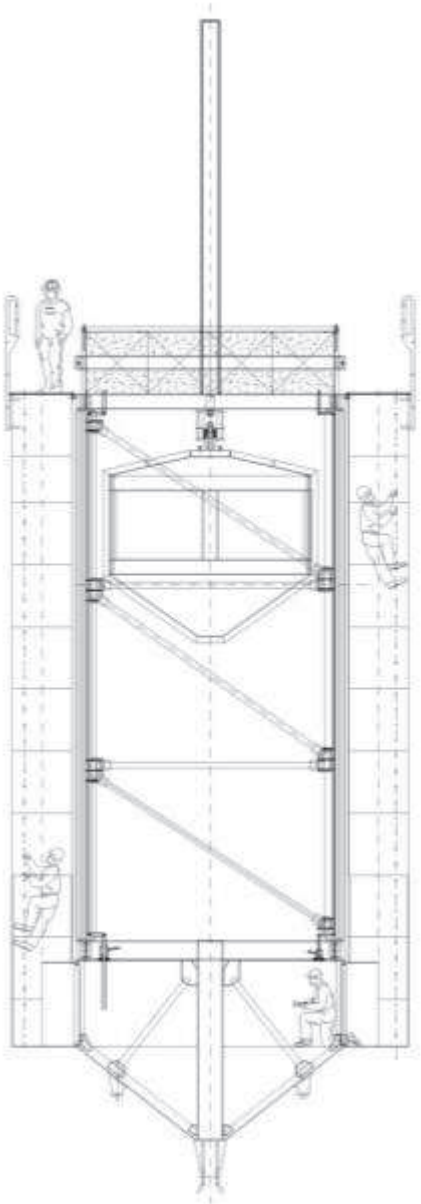


Figura e, planos de modelo DIB.

Fase 3: En esta fase se lanzo al mar para comprobar y verificar lo que no se logra en los talleres , “el real efecto del mar”, aquí se comprobó el sistema de anclaje , la resistencia a la corrosión, el mantenimiento , riesgos para la navegación. De esta fase que se concreto en dos grandes etapas la primera al costado de un muelle para apreciar la complejidad de su mantención y su funcionamiento y una segunda etapa alejada de la costa para estudiar el impacto del mar océano.

Los resultados obtenidos validaron el modelo y nos entregaron herramientas suficientes para mejorar y preparar el prototipo.



Fotos: Modelo DIB en el agua.

Fase 4: Esta fase se está implementando ya produce energía se han mejorado los anclajes y finalizara en Octubre del 2013.

Fase 5: Demostración se está trabajando en este equipo el cual deberá reemplazar al prototipo en Octubre del presente año y así ofrecer esta solución al mundo.

CONCLUSIONES:

- La energía de las olas es la energía del mar con mayor potencial de aprovechamiento.
- Muy distribuida y concentrada en las zonas de mayor consumo a nivel mundial.
- Existen muchas tecnologías, la mayoría son ideas que no han pasado ni a prototipo.
- No existen productos comerciales.
- Existen aún muchos retos tecnológicos que se deben solventar para lo cual se necesita un mayor número de instalaciones.
- Finalmente este estudio mejoro cada una de las desventajas que presento Fernandez Chozas en su trabajo de titulación.

BIBLIOGRAFÍA:

- CENTRE FOR RENEWABLE ENERGY SOURCES, 2004. “Ocean Energy

Conversion in Europe. Recent advancements and prospects", en Coordinated Action on Ocean Energy, proyecto de la UE, Renewable Energy Technologies.

- CREUS SOLÉ, A., 2004. "Energías Renovables". Ed. Ceysa.
- DAVIES, P.A., 2005. "Wave power desalination: resource assessment and review of technology". Desalination 186 (1-3), 97-109.
- FERNANDEZ CHOZAS,J.2008. "Una aproximación al aprovechamiento de la energía de las olas para la generación de electricidad".
- FERNÁNDEZ DÍEZ, P., 2002. "Técnicas para aprovechar la energía de las olas". Publicación del Departamento de Ingeniería Eléctrica y Energética. Universidad de Cantabria.
- LEGAZ POIGNON, R., 2006. "Iberdrola Energías Renovables. Energía Marina. Desarrollo de una planta de energía de las olas en el Cantábrico", en la 2ª Jornada Internacional sobre Energía Marina del Ente Vasco de la Energía (EVE), Bilbao.
- THORPE, T.W., 2000. "The wave energy programme in the UK and the European Wave Energy Network", en Proceedings of the 4th European Wave Energy Conference (EWEC), Aalborg, Dinamarca.

Diseño de la estructura de pontones y columnas de una plataforma semisumergible para perforación

Aguilera Muñoz, Andrés Eloy; Bravo Sosa, Luis Antonio

RESUMEN

El propósito fundamental de esta trabajo de investigación está referido al Diseño de la Estructura de Pontones y de Columnas de Estabilidad de una Plataforma Semisumergible que pueda operar en actividades de perforación en el mar caribe Venezolano El estudio constituyó un Proyecto Factible, basado en un estudio con diseño no experimental del tipo descriptivo aplicado. Se dimensionó en una etapa preliminar la estructura de los pontones y las columnas en base al sistema de cargas considerado de acuerdo con las normas LLoyds Register para unidades semisumergibles. Los resultados obtenidos del diseño preliminar fueron suministrados a un experto, quien realizó una evaluación de los mismos a través de un software especializado (Maestro). Finalmente se presentó el diseño estructural propuesto y los planos correspondientes. Como resultado más resaltante se puede señalar que la plataforma presenta una alta resistencia estructural y que las plataformas semisumergibles representan para la industria petrolera, una solución para actividades costa afuera de exploración y producción de hidrocarburos, debido a que pueden ser relocalizales en diferentes yacimientos. Además, esta solución contribuye a aumentar el contenido nacional en la industria, así como generación de empleos directos e indirectos durante la fase de construcción, contribuyendo al desarrollo socioeconómico del País.

Descriptores: Plataforma Semisumergible, Factor de Seguridad, Esfuerzos de Trabajo, Escantillonado, Esfuerzos Cortantes, Momentos Flectores y Deflexiones.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad es evidente que el mundo experimenta modificaciones que no responden de modo alguno a sucesos casuales sino más bien causales que abarcan todo un conjunto de factores económicos, políticos, sociales y culturales de una nación.

La complejidad de problemas en la situación actual del país requiere de una gran tenacidad de esfuerzos y del compromiso de cada uno para una óptima producción, prestar mejores servicios, transformar la organización, sumar voluntades y perfeccionar en función de la calidad.

Dentro de la perspectiva planteada es importante un cambio continuo y permanente que genere la necesidad de un compromiso y de un cambio en la forma de pensar, de decidir y de actuar. De allí la importancia de la investigación, debido a su íntima vinculación con el desarrollo social y económico, y que además constituye uno de los aspectos de mayor trascendencia en la orientación de políticas dirigidas al cabal aprovechamiento de los recursos de un país.

La selección de un tipo específico de plataforma está sujeta, a efectos ambientales extremos y a prácticas de operación, propias de la zona particular de interés, por lo que deben ser diseñadas de acuerdo con normas y estándares que reflejen estas características locales, así como también es necesario considerar los servicios y la cantidad de equipos necesarios para operar.

Dada la importancia de la implementación de nuevas técnicas para la exploración y explotación de hidrocarburos se plantea el diseño de la estructura de pontones y columnas de estabilidad de una plataforma semisumergible, como parte de un proyecto de diseño y futura construcción de la estructura (Cubiertas, Pontones, Columnas y Refuerzos), de una unidad semisumergible para operar en el Mar Caribe y de su Delta Atlántico, tomando como base la incorporación y participación de las capacidades y potencialidades existentes en el país.

OBJETIVO GENERAL.

Diseñar la estructura de pontones y columnas de una Plataforma Semisumergible para Operar en el Mar Territorial Venezolano.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

Definir la geometría de los pontones y las columnas de una plataforma semisumergible de perforación.
Establecer el arreglo estructural y compartimentación de los pontones y las columnas.

Dimensionar los elementos estructurales que conforman los pontones y las columnas.
Verificar los elementos estructurales que conforman los pontones y las columnas según normas Lloyds Register (1996), para asegurar su integridad estructural.

Presentar el modelo estructural propuesto para los pontones y las columnas de una plataforma semisumergible de perforación.

PLATAFORMA SEMISUMERGIBLE.

Una plataforma semisumergible es un equipo flotante que perfora en el mar. Este tipo de equipo de perforación tiene pontones y columnas, el sistema de lastre instalado en los pontones permite que la unidad se sumerja parcialmente hasta una profundidad predeterminada y el equipo de trabajo se ensambla en la cubierta. Cuando la unidad se encuentra sobre el sitio donde se va a perforar el pozo, esta es anclada al lecho marino o puede usar un sistema de posicionamiento para mantener la unidad en las coordenadas de perforación. Ver figura 1

- Plataforma flotante, relocalizable para perforar en aguas profundas.
- Área de cubierta soportada por columnas acopladas a pontones sumergibles.
- Cubiertas reforzadas longitudinal y transversalmente formando una caja estructural.

- Cubiertas principal, de perforación y servicios con capacidades de disposición de equipos y almacenamiento de tuberías, lodo, risers, lastre, combustible y suministros.
- Sistema de control de lastre para estabilizar la plataforma en condiciones operacionales y extremas.
- Mantiene la posición mediante un sistema de posicionamiento pasivo, activo o combinación.



Fig. 1 Subestructura de lataformaSemisumergible.

Fuente: Luis Manuel, 2001.

DISEÑO/INGENIERÍA BASE.

- Definición del plano de formas (arquitectura / geometría).
- Estabilidad hidrostática (intacta / en averías).
- Compartimentado estanco / hermético.
- Margen vertical de seguridad.
- Sistema de amarre y fondeo.
- Posicionamiento dinámico (SPD).
- Planos de disposición y capacidades en tanques.
- Disposición de equipos en cubiertas.

- Diseño para condiciones operacionales / en tránsito / extremas.
- La estructura puede acelerarse en 6 grados de libertad.
  - Fuerzas externas aplicadas: viento, oleaje, corriente, peso, empuje y anclaje.
- El cálculo para el análisis de resistencia requiere:
- Descripción de la estructura.
- Evaluación de cargas externas.

SISTEMA DE ESTRUCTURAS.

- Una plataforma semisumergible de perforación (semisub o ss) está compuesta de componentes y conexiones estructurales que cumplen unciones específicas.
- En las cubiertas se disponen aberturas para perforación y desplazamiento de tuberías.
- Se localizan soportes reforzados donde mayor resistencia se requiere: torre de perforación y pedestales de las grúas.
- La placa de cubierta y sus soportes estructurales está diseñada para soportar cargas locales: tuberías, lodo, grúas móviles.
- La cubierta en sí, proporciona una alta rigidez a la torsión.
- Todos los elementos serán dimensionados de acuerdo a consideraciones de carga y resistencia.
- Las placas de cubierta están soportadas por columnas cuyo diámetro generalmente varía entre 12 y 15 m.
- Las columnas están acopladas a los pontones o cascos y cubierta inferior.
- Pontones compartimentados en tanques con refuerzos longitudinales, transversales y cuadernas reforzadas.
- Excepto para áreas localizadas los espesores de pontones están determinados por consideraciones de presión hidrostática.
- Conectando las cubiertas, columnas y pontones se dispone un sistema de refuerzos, generalmente inclinados en el plano vertical transversal en varias estaciones longitudinales.
- Refuerzos diagonales en un plano horizontal a nivel de la subestructura. Estos

refuerzos comparados con las cubiertas, casco y columnas son relativamente flexibles.

PONTONES.

La práctica recomendada de Det Norske Veritas RP-C103 define a los pontones como una especie de cilindros con armaduras que realizan la función de flotadores en una plataforma semisumergible. Pueden construirse en anillo o gemelos, y deben ser diseñados incluyendo pandeo, fuerza cortante y fuerza axial debido a la presión hidrostática local.

Sin considerar la distribución de carga en los tanques, los mamparos contenidos en ellos, deben ser verificados en dos condiciones: llenos y vacíos.

Siempre que sea posible, la cubierta estructural del pontón debe tener continuidad con las columnas y deben alinearse e integrarse con los mamparos internos y/o costados del casco.

Particular atención debe tenerse para el diseño de la estructura local en la intersección de la columna con el pontón, debido a la consideración que debe tener la penetración y las concentraciones de esfuerzo.

Los pontones pueden ser divididos en los siguientes elementos estructurales: cubierta superior, laterales y de fondo del pontón, mamparos longitudinales, mamparos transversales con vigas, secciones transversales y vigas longitudinales.

Ejemplo de un modelo de análisis local de parte de la estructura de un pontón se presenta en la siguiente figura.

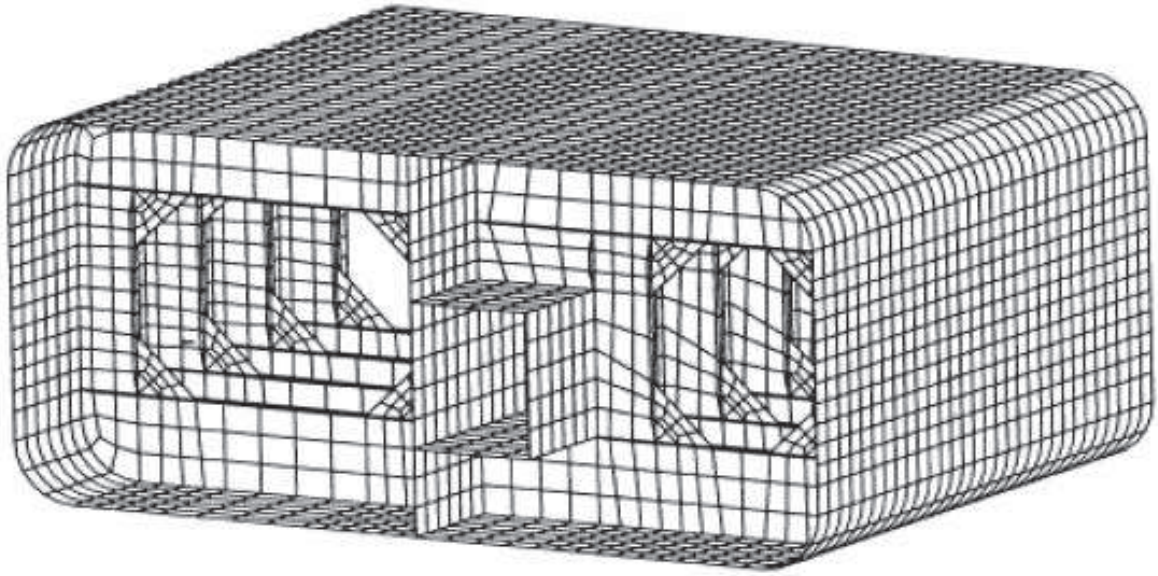


Fig. 2.- Corte Transversal Estructura de un Pontón.

Fuente: DNV-C103,2005

COLUMNAS DE ESTABILIDAD.

Las columnas deben ser diseñadas para soportar fuerzas y momentos resultantes de un sistema de cargas, incluyendo las fuerzas y momentos inducidos por las cargas del oleaje y presiones hidrostáticas internas en los tanques. En lo que sea posible, ellas deben ser continuas hasta la plancha de fondo del casco del pontón y deben alinearse e integrarse con los mamparos internos y/o costado del pontón.

Las columnas deben ser divididas de acuerdo a los siguientes elementos estructurales:

Planchas exteriores y refuerzos, vigas horizontales, cubiertas horizontales, mamparos verticales.

INTERSECCIONES PONTÓN-COLUMNA.

Las cargas de diseño de las intersecciones entre los pontones y las columnas están normalmente gobernadas por criterios de fatiga, con picos locales de fluencia excesiva y pandeo; según la práctica recomendada de Det Norske Veritas RP-C103.

En particular las intersecciones principales de pontones-columnas son sensibles a fractura por fatiga, requiriendo especial atención para un análisis local y diseño en las posiciones siguientes:

Intersección entre el mamparo central pontón-columna y la cubierta superior del pontón.

Intersección de las paredes exteriores de las columnas con la cubierta superior del pontón.

Intersecciones pontón-pontón.

BASES LEGALES.

El régimen de las plataformas semisumergible costa afuera es un tema casi desconocido en la doctrina venezolana. Ante tal carencia, se impone un esfuerzo para esta investigación.

Este trabajo tratará aspectos relacionados con las siguientes regulaciones:

- Normas Lloyds Register: Reglas y Regulaciones para la Clasificación de Unidades Móviles Costa Afufera. Parte 4: Unidad Estructural, capítulos 2,3, 4,5 y 6.
- Reglas y Reglamentos para la Construcción y Clasificación de Buques de Acero (Lloyds Register para Barcos).
- Det Norske Veritas. Prácticas Recomendadas (DNV-RP-C103): Unidades Estabilizadas por Columnas. Partes 4 y 5.
- Det Norske Veritas. (DNV.OS-C103): Unidades Estabilizadas por Columnas.

DISEÑO Y DESCRIPCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.

Este trabajo de investigación se desarrolló con el propósito de estructurar detalladamente los pasos a seguir para la elaboración del diseño de pontones y columnas de estabilidad de una plataforma semisumergible para perforación, y se basó en el siguiente procedimiento metodológico.

Dentro de la secuencia de este proyecto, se delimitaron siete etapas o pasos que permitieron resolver cada uno de los objetivos planteados.

1. Se estimó un Servicio de Perforación que generó en la Superestructura un peso aproximado de 6.000 toneladas.
2. Se dimensionó la subestructura para considerar las condiciones de flotación requeridas, lo que permitió establecer la geometría de los pontones.
3. Se dimensionó en una etapa preliminar la estructura de los pontones en base al sistema de cargas considerado.
4. Seguidamente se procedió a considerar los elementos estructurales de los pontones, a los fines de diseñar el arreglo correspondiente de los mismos, y así proceder al dimensionamiento de las planchas y los refuerzos de acuerdo con las normas LLoyds Register para unidades semisumergibles.
5. Seguidamente se procedió con el cálculo del módulo de sección longitudinal y transversal de los pontones, para comprobar a través del procedimiento establecido para condiciones extremas (arrufo y quebranto), la resistencia de los mismos a las cargas de diseño.
6. Se dimensionó en una etapa preliminar la estructura de columnas en base al sistema de cargas considerado.
7. Seguidamente, se procedió a considerar los elementos estructurales de las columnas, a los fines de diseñar el arreglo correspondiente de los mismos, y así proceder al dimensionamiento de las planchas y los refuerzos de acuerdo con las normas Lloyds Register para unidades semisumergibles.
8. A continuación de determinó el estado general de esfuerzos que soportan las columnas debido a la acción que ejerce la masa de la cubierta sobre éstas.

9. Los resultados del diseño preliminar fueron suministrados a un experto, quien realizó una evaluación de los mismos a través de un software especializado (Maestro) que modela la estructura usando el método de elementos finitos; con el propósito de comparar ambos resultados.
10. Finalmente se presentó el diseño estructural propuesto y los planos correspondientes.

CARACTERÍSTICAS CONSIDERADAS PARA LA SUBESTRUCTURA.

Unidad Semisumergible de Perforación Estabilizadas por Columnas, no autopropulsada, pontones gemelos y seis columnas (sección cuadrada). El Espejo de agua entre 70 a 500 m y un peso aproximado de la superestructura 6000 Ton.

DETERMINACIÓN DE LAS DIMENSIONES PRINCIPALES DE LA SUBESTRUCTURA DE UNA PLATAFORMA SEMISUMERGIBLE Y ARREGLO ESTRUCTURAL DE LAS COLUMNAS.

Las dimensiones principales de la subestructura se obtuvieron a través del estudio realizado comparando el peso total aproximado de la estructura y el desplazamiento generado por diferentes combinaciones de dimensiones, hasta lograr que el desplazamiento sea igual o ligeramente mayor que el peso total aproximado que la unidad va a soportar. Estas proporciones geométricas obtenidas, se compararon con las de plataformas similares, resultando las siguientes dimensiones y condiciones operacionales.

DIMENSIONES DE LOS PONTONES:

2 Pontones Gemelos.

Eslora: L = 86,900 m.

Manga: B = 11,156 m.

Puntal: D = 7,707 m.

DIMENSIONES DE LAS COLUMNAS:

6 Columnas Cuadradas.

Alto: h_c = 22 m.

Lado: L = 8,50 m.

CONDICIONES OPERACIONALES:

Calado en Tránsito: = 7,305 m.

Calado en Operación= 19,125 m.

Air Gap= 10,58 m.

ARREGLO ESTRUCTURAL DE LOS PONTONES.

Se realizó según las a Normas Lloyds Register para Unidades Semisumergibles Estabilizadas por Columnas. Se consideró una estructura longitudinal y transversalmente reforzada, con elementos y separaciones entre ellos.

Realizado el arreglos estructural, se precedió al cálculo de los elementos estructurales de los pontones (principales, secundarios, planchas y mamparos estancos. Seguidamente se presentan cuadros resúmenes de espesores de planchas de pontones y mamparos, y perfiles en estructuras de pontones y mamparos.

CÁLCULO DE LA RESISTENCIA LONGITUDINAL DE LOS PONTONES.

Se considera el pontón como una viga apoyada en las dos condiciones más desfavorables, apoyada sobre una ola de longitud igual a la eslora del pontón y cuya cresta está en la cuaderna maestra (condición de quebranto); o sobre la misma ola, pero con el seno en la cuaderna maestra y sus crestas a popa y proa (condición de arrufo). La condición de momento más desfavorable calculado manualmente es la de arrufo.

Resumen de Espesores de Planchas de Pontones y Mamparos

PONTONES Y MAMPAROS	ESPESOR (mm)	PESO (Kg/m2)
PLANCHA DE CUBIERTA DE PONTONES	14	110,04
PLANCHA DE COSTAD0 DE PONTONES	15	117,9
PLANCHA DE FONDO DE PONTONES	16	125,76
PLANCHA DE MAMPAROS	7	55,02

Resumen de Perfiles en Estructura de Pontones

ELEMENTO ESTRUCTURAL	PERFIL	PESO (Kg/m)	DIMENSIONES DEL ALMA		DIMENSIONES DEL ALA		AREA (cm^2)	INERCIA (cm^4)
			ALTO (cm)	ESPESOR (cm)	ANCHO (cm)	ESPESOR (cm)		
Baos Simples	T	24,6	21,5	1,31	10,6	0,87	31,3	1490
Cuadernas	T	41,8	28,5	1,73	13,1	1,15	53,2	4470
Baos Reforzados	T	80,5	40,5	2,43	17,0	1,62	103,0	17510
Bularcamas	T	116,0	55,0	3,00	20,0	1,90	148,0	37700
Vagras	T	17,5	17,5	1,13	9,0	0,75	22,3	697
Palmejares	T	17,5	17,5	1,13	9,0	0,75	22,3	697
Varengas	T	32,7	25,0	1,52	11,9	1,01	41,6	2680
Esloras	T	14,9	16,0	1,04	8,2	0,69	19,0	494

Resumen de Perfiles en Estructura de Mamparos

ELEMENTO ESTRUCTURAL	PERFIL	PESO (Kg/m)	DIMENSIONES DEL ALMA		DIMENSIONES DEL ALA		AREA (cm^2)	INERCIA (cm^4)
			ALTO (cm)	ESPESOR (cm)	ANCHO (cm)	ESPESOR (cm)		
Refuerzos Primarios Mamparos Transversales	T	28,3	23,0	1,41	11,3	0,94	36,1	1960
Refuerzos Primarios Mamparos Longitudinales	T	41,8	28,5	1,73	13,1	1,15	53,2	4470
Refuerzos Secundarios Mamparos Transversales	T	14,9	16,0	1,04	8,2	0,69	19,0	494
Refuerzos Secundarios Mamparos Longitudinales	T	14,9	16,0	1,04	8,2	0,69	19,0	494

ARREGLO ESTRUCTURAL DE LAS COLUMNAS.

El arreglo estructural de las columnas, se realizó siguiendo lo establecido por Lloyds Register para Unidades Estabilizadas por Columnas, donde se establece la continuidad estructural entre la unión de la columna con el pontón. Esto permite que exista continuidad entre los elementos estructurales del pontón (primarios y secundarios) con los elementos estructurales de la columna (primarios y secundarios).

ESPESORES DE PLANCHAS (NORMAS) DEL FORRO DE LAS COLUMNAS Y LOS MAMPAROS.

	ESPESOR (mm)	PESO (kg/m^2)
PLANCHAS DE LOS FORROS DE LAS COLUMNAS	12	94,320
PLANCHAS DE LOS MAMPAROS	7	55,02

Resumen de Perfiles en Estructura de Columnas.

ELEMENTO ESTRUCTURAL	PERFIL	PESO (Kg/m)	DIMENSIONES DEL ALMA		DIMENSIONES DEL ALA		AREA (cm^2)	INERCIA (cm^4)
			ALTO (cm)	ESPESOR (cm)	ANCHO (cm)	ESPESOR (cm)		
Refuerzos Primarios Verticales LP	T	116	55	3	20	1,90	148	37700
Refuerzos Primarios Verticales TP	T	116	55	3	20	1,90	148	37700
Refuerzos Secundarios Verticales LP	T	58,1	34	1,37	14,9	0,82	74	8890
Refuerzos Secundarios Verticales TP	T	58,1	34	1,37	14,9	0,82	74	8890
Refuerzos Horizontales	T	17,5	17,5	1,13	9,0	0,75	22,3	697

Resumen de Perfiles en Estructura de Mamparos de las Columnas.

ELEMENTO ESTRUCTURAL	PERFIL	PESO (Kg/m)	DIMENSIONES DEL ALMA		DIMENSIONES DEL ALA		AREA (cm^2)	INERCIA (cm^4)
			ALTO (cm)	ESPESOR (cm)	ANCHO (cm)	ESPESOR (cm)		
Refuerzos Primarios Mamparos LP	T	52,4	32	1,95	14,3	1,3	66,7	7080
Refuerzos Primarios Mamparos TP	T	52,4	32	1,95	14,3	1,3	66,7	7080
Refuerzos Secundarios Mamparos LP	T	24,6	21,5	1,31	10,6	0,87	31,3	1490
Refuerzos Secundarios Mamparos TP	T	24,6	21,5	1,31	10,6	0,87	31,3	1490
Refuerzos Horizontales Mamparos LP	T	5,41	8,5	0,68	5	0,45	6,89	48,9
Refuerzos Horizontales Mamparos TP	T	5,41	8,5	0,68	5	0,45	6,89	48,9

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos manualmente para las fuerzas cortantes, momentos flectores y deflexiones, fueron producto de un predimensionado obtenido utilizando las normas Lloyds Register para unidades semisumergibles estabilizadas por columnas. Para calcular los esfuerzos de trabajo, se consideraron los valores de momentos flectores más desfavorables (condición de arrufo) tanto para los cálculos realizados manualmente como a través del software, considerando y sin considerar la influencia de la superestructura. Estos resultados señalan que los esfuerzos máximos admisibles de los materiales (acero A-36 y A-131 grado A) son mayores que los esfuerzos máximos de trabajo, resultando factores de seguridad de 3,04 y 2,86 cuando no se incluyó la superestructura y 1,25 y 1,18 cuando fue tomada en cuenta su influencia.

En cuanto a las deflexiones máximas, se observa que las mismas ocurren también en las condiciones de arrufo; 7 mm para los resultados manuales y 86,35 mm cuando se usa el software. Ambos resultados están dentro de los parámetros establecidos en los códigos más conservadores, quienes señalan que la mayor deflexión permitida es 173,8 mm (Ymáx = L / 500), donde L representa la Eslora del Pontón.

En lo relativo a la integridad estructural de las columnas como un todo, se realizó un chequeo de la misma por pandeo, asumiendo la existencia de una distribución equitativa del peso total de la cubierta considerado (6.000 Ton) y que cada columna soportaría como mínimo de (1/6) del peso total, ya que la estructura de la plataforma es de 6 columnas. El resultado obtenido mostró que la carga crítica, tomando en consideración por separado los esfuerzos admisibles de los diferentes tipos de aceros involucrados en el diseño de la misma.

Peso o Carga de Trabajo soportado por la columna por acción de la masa de la cubierta: 1.000 Ton.

Carga Crítica según el tipo de acero utilizado en la estructura:

A36	Carga Crítica 31.583,9 Ton.
A131-Grado A	Carga Crítica 29.688,9 Ton.

En lo que respecta a los niveles de esfuerzos que deben soportar las columnas como consecuencia de la aceleración que experimenta la masa de la cubierta, se considera la aceleración en sentido longitudinal como la más crítica de todas las que se generan, tal como lo establece DNV-RP-C103, 2005, esta aceleración longitudinal genera en la columna esfuerzos normales de flexión y esfuerzos de corte que la misma debe estar en capacidad de soportar.

Al realizar el cálculo de los mismos, se obtuvo que el esfuerzo normal de trabajo ocasionado por la aceleración de la masa de la cubierta en relación al esfuerzo admisible de los materiales estructurales de la columna está en el orden de un factor de seguridad que oscila entre 1,8 y 3,1 lo que indica que la integridad estructural está garantizada para estos efectos de carga.

CONCLUSIONES

Se puede concluir que todos los escantillones calculados cumplen con lo establecido en las normas. Si comparamos el esfuerzo de trabajo con el admisible, vemos que es menor; obteniéndose un factor de seguridad de 1,25 y 1,18 en los casos más desfavorables.

La deformación o flecha máxima calculada tanto en forma manual como con el software, arrojan un valor máximo de 86,35 mm, lo que evidencia que está dentro de los valores contemplados en las normas.

El escantillonado previamente seleccionado no muestra deficiencias estructurales al momento de la evaluación en el software.

Los diagramas de esfuerzo cortante, momento flector y de deflexiones; obtenidos tanto en forma manual como a través del software, tienen un comportamiento similar

al establecido en la Respuesta Hidrodinámica Global Característica en DNV-OS-C103.

El diseño preliminar planteado de la estructura de la columna de estabilidad de una plataforma semisumergible de perforación, guarda una relación directa con las normas establecidas para estructuras de este tipo, lo que permite gozar de integridad y funcionabilidad estructural para cualquier condición operacional.

El modelado que se realizó de una plataforma, donde se incorporó el diseño planteado de la estructura de las columnas, usando SOFTWERE especializado (MAESTRO), arrojo resultados que convergen con los obtenidos en el diseño preliminar, donde se evidencia una reserva de resistencia de la estructura en el orden de un 40%.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDUIZA, J. (2002). *Contaminación del Medio Ambiente. Plataformas Móviles Costa Afuera.*Reporte en Línea. Disponible:
http://members.tripod.com.ve/avdmar/anduiza.htm.

ASTILLERO NAVAL VENEZOLANO (1995). *Nomenclatura Naval.* Material para el Adiestramiento y Desarrollo de Personal. Maracaibo, Estado Zulia.

BARRIOS, M. (1986). *Estudio Analítico del Proceso de Investigación.* Caracas, Universidad Nacional Experimental Libertador.

CENTRO NACIONAL DE TECNOLOGÍA DE INFORMACIÓN (2006, Septiembre 2). *Régimen Jurídico de las Plataformas Acuáticas en Venezuela.* Reporte en Línea. Disponible: http://www.onsa.org.ve/documentos/pdf/otros/omanarjpa.pdf.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS (INE). (2006, Agosto 17). *Resumen Estadístico.* Reporte en Línea. Disponible: http://www.ine.gov.ve.

LEYTE GUERRERO, F. (2004). *Investigación Geotécnica, Geológica y de Cimentaciones en Estructuras Petroleras Marinas*. Documento en Línea. Simposio de la Facultad de Ingeniera de la Universidad Nacional de México. Disponible:http://www.fip.unam.mx/simposio_investigacion2dic04/investigacion_extenso.html

MARTÍN RODRÍGUEZ, R. (1969). *Cálculo de Estructuras de Buques.* Madrid, Sección de Publicaciones de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Navales.

OFFSHORE. DET NORSKE VERITAS. DNV-OS-C103. (2005, Abril). *Structural Desing of Column-Stabilised Units* (LRFD Method). April 2004. Noruega.

PETROLEOS DE MÉXICO (PEMEX). (2000, Diciembre 18). *Documento Normativo para El Diseño y Evaluación de Plataformas Marinas Fijas en la Sonda de Campeche, editado por el Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos.* Documento en Línea. Disponible: http://www.pemex.gov.me.

PETROLEOS DE VENEZUELA (PDVSA). (2006, Agosto 19). *Principales Sectores Económicos de Venezuela* Reporte en Línea. Disponible: http://www.pdvsa.gov.ve.

RECOMMENDED PRACTICE DNV-RP.C103. (2005, Febrero). *Column- Stabilized Units.* Det Norske Veritas. Noruega.

REGLAS Y REGLAMENTOS PARA LA CONSTRUCCIÓN Y CLASIFICACIÓN DE BUQUES DE ACERO. (1975). Lloyds Register of shipping. London, EC3M4BS, England..

RULES AND REGULATIONS FOR THE CLASSIFICATION OF MOBILE OFFSHORE UNITS. (1996; Septiembre). Lloyds Register of shipping. London, Englalnd..

Estudio para la especificación de un sistema de energia undimotriz para zonas aisladas

Ignacio Martínez Neghme
Ingeniero Naval Eléctrico
Teniente Segundo
Armada de Chile
imartinezn@armada.cl, imart002@gmail.com

Las Energías Renovables No Convencionales (ERNC), se presentan como una posible solución al problema de los altos precios de combustibles fósiles, emisión de contaminantes producto de su quema, dependencia de países extranjeros, factores geopolíticos y posible agotamiento de este recurso en el mediano plazo.

Complementariamente, la política energética y las exigencias medioambientales han llevado a la comunidad industrial a buscar alternativas a los combustibles fósiles, en atención a los impactos evidenciados en el medio ambiente, imponiendo restricciones importantes en su empleo.

Las ERNC corresponden a energías limpias y de fuentes inagotables que pueden ser la solución a la problemática energética. Entre estas se encuentran las denominadas Energías Marinas, las cuales, provienen de los océanos de nuestro planeta y que se proyectan como un nuevo recurso natural desde donde extraer energía.

La Energía Undimotriz, una de las formas de energía proveniente de los océanos, es aquella que aprovecha el movimiento oscilatorio de las olas, utilizando tanto la energía cinética, como la energía potencial de las mismas. Existen estudios que avalan la favorable condición de las costas de Chile para extraer este recurso energético.

Producto de la diversidad de la geografía, existen numerosas zonas aisladas de los sistemas interconectados centrales de electricidad y que, en su mayoría, son alimentadas por grupos electrógenos en base a combustibles fósiles. Eventualmente, el sistema de generación eléctrica actual, podría ser complementado con un sistema eléctrico a base de energía undimotriz, reduciendo de esta manera, el uso de generadores de combustible fósil. Esto, contribuye a diversificar las fuentes de energía, solucionando en parte, un problema existente que puede obstaculizar el desarrollo local.

Este trabajo desarrolla un modelo para la implementación de un sistema eléctrico a base de energía undimotriz, identificando zonas aisladas con características favorables para la extracción de esta energía y en base a estos antecedentes, determinar el tipo de dispositivo Undimotriz adecuado, contribuyendo la independencia energética y logística en zonas aisladas del sistema eléctrico con una fuente de energía inagotable y amigable con el medio ambiente.

1. INTRODUCCIÓN.

Existen dos grandes tipos de fuentes de energía en nuestro planeta, las renovables y las no renovables. Las primeras son aquellas fuentes que no desaparecen al transformar su energía en energía útil. Las segundas, no renovables, son aquellas que se encuentran de forma limitada en el planeta y su velocidad de consumo es mayor que la de regeneración.

Entre las fuentes de energías no renovables podemos nombrar los combustibles fósiles como el gas natural, carbón y petróleo y la energía nuclear en forma de fisión y fusión nuclear.

Gran parte de la energía eléctrica generada proviene del petróleo y sus derivados. Esto causa contaminación debido a la producción, transporte y uso; genera gases contaminantes como dióxido de carbono, óxido nitroso, monóxido de carbono, responsables del calentamiento global, efecto invernadero y contaminación de mares y océanos. Chile, por su parte, para la producción de energía, del Petróleo y

sus derivados, los cuales al no existir en abundancia en el territorio nacional, deben ser importados, trayendo como consecuencia, la dependencia de otros países de el suministro de este producto.

Entre las energías renovables no convencionales (ERNC) se encuentran la energía solar, eólica, biomasa, geotérmica, biocombustibles, mini-hidroeléctricas y marinas.

2. ENERGÍAS MARINAS.

Las denominadas Energías Marinas o Energía de los Océanos, son aquellas fuentes de energía a partir del recurso marítimo de los océanos que cubren el planeta tierra. Es un recurso ilimitado y existe en todas las regiones del mundo.

Chile se caracteriza por tener una gran franja costera, sumado a las características especiales que ésta posee, como la alta pendiente de fondo marina; proyectan a las energías marinas, como un futuro protagonista en la generación de electricidad en nuestro país.

Dentro de las Energías Marinas se encuentran:

a) Energía de las mareas. (Mareomotriz).
b) Energía de flujo de corrientes marinas.
c) Energía de variación de salinidad.
d) Energía de variación de temperatura.
e) Energía de las olas. (Undimotriz).

La mayoría de estas tecnologías se encuentran en etapas tempranas de desarrollo. “Las tecnologías de las olas y corrientes de las mareas están en un estado de desarrollo similar a los de la industria eólica en 1980, los cuales podrían estar disponibles comercialmente entre el 2015 y 2025”. (1)

2.1. Energía undimotriz

La denominada Energía Undimotriz, es la tecnología utilizada para producir energía eléctrica o desalinizar agua marina mediante un dispositivo que aprovecha la energía generada por el movimiento oscilatorio de las olas. Algunos dispositivos utilizan la energía cinética de las olas, mientras que otros usan la energía potencial de éstas.

Esta energía es transformada mecánicamente y convertida en energía eléctrica, la cual es transportada a tierra mediante cables.

Su principal recurso es la presencia de olas, por lo que presentan un mejor desempeño en las zonas alejadas de la Línea del Ecuador, donde su potencial es mayor. El nivel de energía de las olas se define en términos de potencia por unidad de longitud [kW/m] y su potencia es proporcional al período y al cuadrado de la altura de la ola.

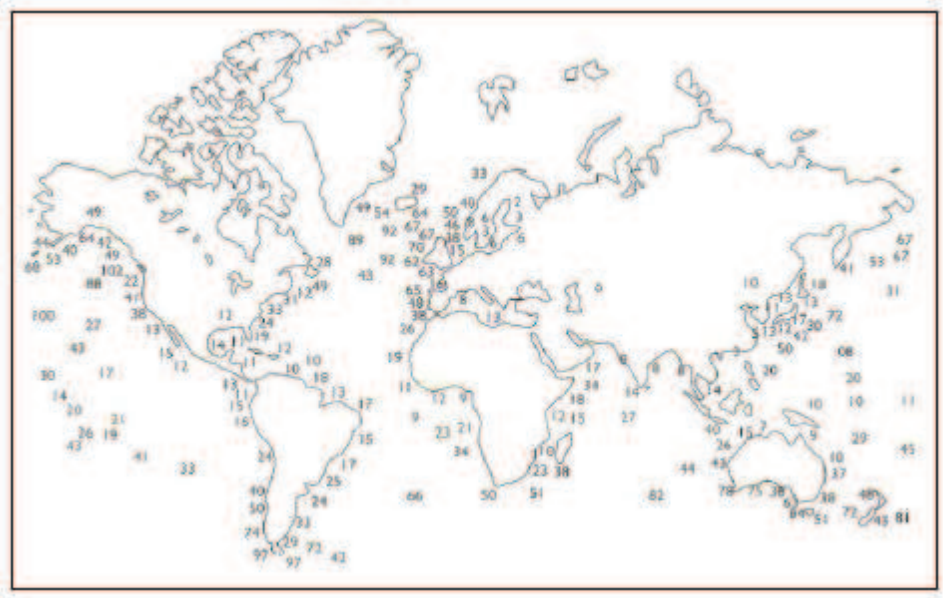


Figura ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento.: Potencial de energía undimotriz en el mundo. (2)

2.2. Conversores de energía undimotriz

Los Conversores de energía undimotriz o WEC (*Wave Energy Conversors)*, son dispositivos que transforman la energía mecánica del oleaje en energía útil, en donde las olas puedan interactuar con la capacidad de resistir la fuerza que estas ejerzan sobre el mismo. En la actualidad existen varios tipos de estos dispositivos patentados, se habla de alrededor de 1.000 dispositivos que convierten energía de las olas de diversas maneras. (3)

2.3. Clasificación WEC

Los convertidores de energía del oleaje, se clasifican según ciertos principios básicos que permiten agrupar a WEC, entre ellos por su operación, orientación respecto al oleaje incidente y su ubicación relativa a costa. (4).

2.3.1. Operación.

Se clasifican según su operación en Osciladores de columna de agua, Sobrepaso y Sistemas activos.

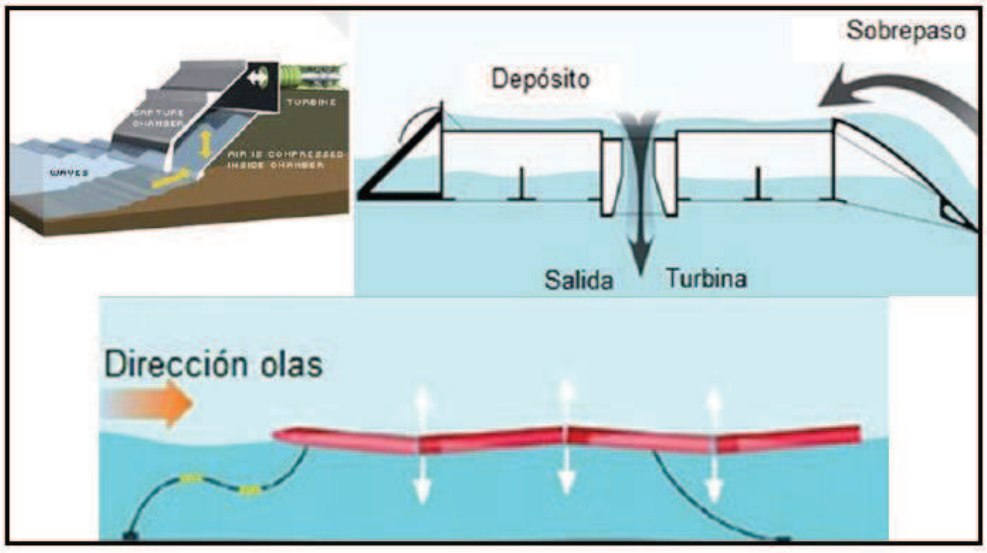


Figura 2: Oscilador de columna de agua, sistema de sobrepaso y sistema activo.

2.3.2. Orientación.

Respecto a su orientación respecto al oleaje incidente, se clasifican en absorbedores puntuales, atenuadores y terminadores.

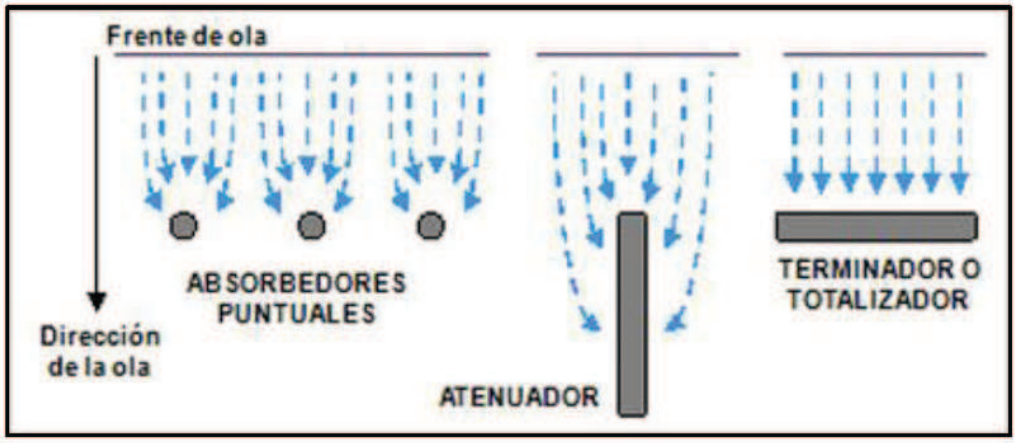


Figura 3: Clasificación según su orientación al frente de ola.

2.3.3. Ubicación

Respecto a su ubicación relativa a la costa, se clasifican en de alta mar, cerca de costa o en la costa.

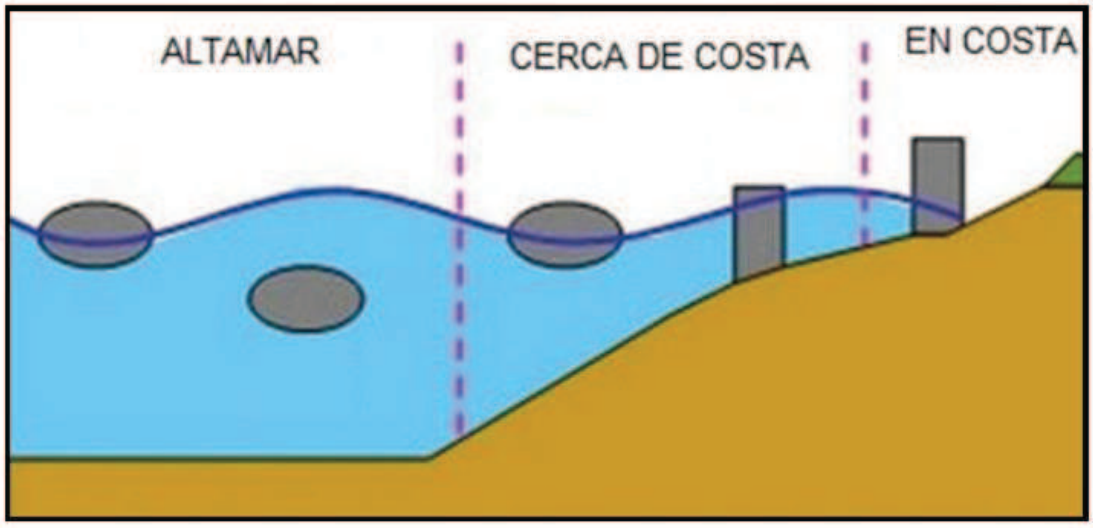


Figura 4: Clasificación según ubicación relativa a costa

3. Metodología

La siguiente es la metodología diseñada como modelo para implementar un sistema eléctrico a base de energía Undimotriz.

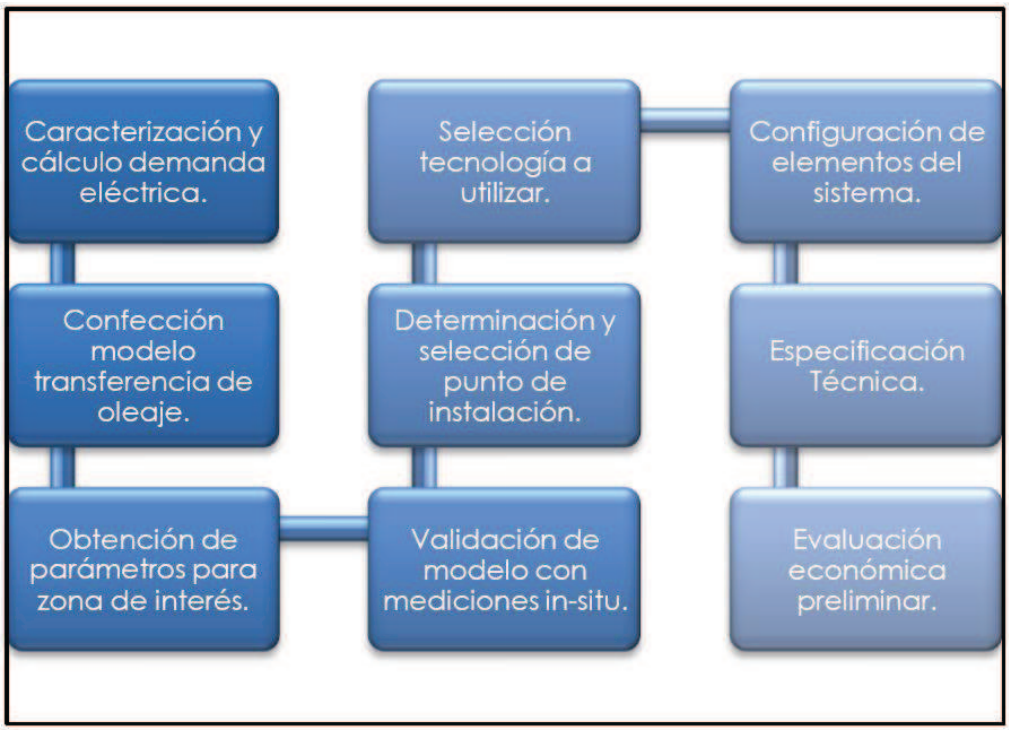


Figura 5: Metodología de estudio para la especificación de un sistema de energía undimotriz para zonas aisladas.

Lo primero es escoger un área general de interés para el estudio de implementación de un sistema de energía Undimotriz.

3.1. Caracterización y cálculo de la demanda eléctrica.

Este punto, es el principio de este estudio, que tiene por objetivo, implementar un sistema eléctrico de energía undimotriz en alguna zona en particular. Es necesario, ser capaz de describir el sistema eléctrico del lugar donde se quiera instalar el sistema de energía Undimotriz, con el propósito de poder dimensionar el consumo de energía y la potencia eléctrica necesaria para alimentar el sistema eléctrico.

De esta forma, es necesario efectuar un cuadro de cargas para poder dimensionar la potencia necesaria que deberá tener el sistema de energía Undimotriz, así como también, una estimación del consumo diario de energía eléctrica, mensual y anual del lugar.

3.2. Confección modelo de transferencia de oleaje.

Es necesario conocer las características generales del oleaje en la zona indicada. Para esto existen diversos estudios de olas; si el lugar no posee, es necesario efectuar una transferencia de oleaje para verificar los puntos de mayor potencial energético.

Para obtener un modelo de olas es necesario contar con un *Hindcast* de oleaje de aguas profundas, la batimetría del lugar y una serie de funciones de transferencia que proyecten los datos de aguas profundas a las aguas someras.

En general, para obtener una descripción completa del oleaje en aguas profundas, se deberá obtener una base de datos de a los menos 20 años en la que se deberán presentar un conjunto de valores representativos que caracterizan las olas de una determinada zona en términos de la altura significativa espectral *Hmo*, el período peak espectral *Tp* y la dirección peak espectral *DPK*. Los estudios de oleaje en aguas profundas deben desarrollarse a través de un *Hindcast* espectral bidimensional, lo que implica, energía versus frecuencia versus dirección. Este *Hindcast* debe incluir cálculos y entregar los espectros bidimensionales cada tres horas como máximo.

Un *Hindcast* no está desarrollado en base a mediciones in situ, sino que es una especie de “predicción” de condiciones pasadas. La información que entregan está formada por una serie de datos de oleaje cada 3 horas, correspondientes a estados de mar válidos para tal intervalo de tiempo.

La batimetría es la distribución de profundidad en el aérea del mar, ésta se debe obtener de la digitalización de cartas náuticas o mediciones in situ de profundidad en los sitios de estudio.

La transferencia de oleaje de aguas profundas a aguas someras, se realiza mediante ciertas funciones de transferencia, las cuales pueden variar según el

modelo de transferencia utilizado. En general se utilizan las siguientes suposiciones que pueden variar dependiendo del modelo:

- Pendiente de fondo suave.
- Condiciones homogéneas de oleaje costa afuera.
- Régimen permanente de olas, corrientes y vientos.
- Fricción de fondo despreciable.

El modelo resuelve las propiedades del oleaje promediadas en fase, lo cual es aceptable para este tipo de análisis, que no requiere simular variaciones rápidas de oleaje.

Luego, se debe realizar la transferencia de la base de datos de aguas profundas, aplicando a cada uno de las celdas de la matriz de energía del espectro, el correspondiente coeficiente de altura de oleaje y el cambio de dirección asociado, para luego rearmar el espectro resultante en aguas someras.

3.3. Obtención de parámetros para la zona de interés.

Este nuevo espectro es reintegrado de modo de obtener parámetros de resumen (Hmo, Tp y DPK), representativos del estado del mar.

- Altura media espectral (Hmo): Corresponde a la altura significativa de ola (Hs) en algún sitio seleccionado, calculado de acuerdo a la expresión (3-1)
  Donde mo es el momento cero del espectro.
- Período Peak espectral (Tp): Corresponde al período relacionado con el peak del espectro.
- Dirección peak espectral (DPK): Corresponde a la dirección de ola asociado al peak del espectro.

Estimación de la potencia del oleaje y cálculo de la energía

Se calculó la potencia promedio según el método desarrollado en el paper *Evaluation of the Potential of Wave Energy in Chile (*Monárdez y Acuña) (5), la cual

es definida como la tasa media de transferencia de energía por unidad de ancho, a través de un plano vertical perpendicular a la dirección del oleaje.

La potencia del oleaje fue calculada del espectro rearmado en aguas someras y la celeridad del grupo de olas, utilizando la expresión (3-2)
Donde P es la potencia media, el valor de densidad del agua de mar, S es la energía espectral como función de la frecuencia (f) y la dirección (), Cg es la celeridad del grupo de olas como función de la frecuencia y de la profundidad del agua en metros (h).

3.4. Validación del modelo con mediciones in-situ

Es necesario verificar el modelo de propagación de oleaje, luego, se debe comparar la información modelada teóricamente con información real medida in situ por algún instrumento.

Se debe comparar estadísticamente los parámetros de resumen de mediciones in situ, mediante alguna boya u otro instrumento de medición y los parámetros generados por el modelo de transferencia de oleaje en el mismo punto.

3.5. Determinación y selección de punto de instalación

Para la selección de sitios de estudio, se tomó en cuenta el grado de exposición al oleaje, ya que la presencia de obstáculos genera zonas protegidas de baja altura de ola, las cuales no son recomendables para instalar una central de energía undimotriz, caso contrario a la selección de sitios para el emplazamiento de puertos, donde es importante elegir un lugar protegido por penínsulas, cabos o islas.

Otro aspecto a considerar es la variación de la potencia del oleaje en zonas relativamente pequeñas en torno a un determinado punto producto de la configuración de la batimetría, que inducen fenómenos tales como la refracción.

Luego, los sitios más idóneos para la instalación de un dispositivo o central undimotriz son las puntas expuestas al oleaje o *Hot Spots*, ya que en esas zonas convergen el oleaje en un área relativamente más pequeña que la totalidad de la costa.

Otro elemento a considerar es la distancia desde nuestro nodo de propagación a la línea de costa, la cual va variando de acuerdo a sus características morfológicas. Como ejemplo se puede mencionar el caso de las bahías, las que en general, se caracterizan por tener pendientes suaves, mientras que en torno a las puntas o saliente, la batimetría desarrolla pendientes más elevadas.

3.5.1. Criterios de selección

Existen criterios de selección que van más allá del propio potencial de olas y sus variables eléctricas que influyen en los costos de una central de energía undimotriz. Las distancias a líneas de transmisión, los caminos de acceso, disponibilidad de maquinaria e insumos para la construcción, disponibilidad de servicios marítimos y portuarios para la instalación y mantención de las centrales, son elementos a considerar, en general, para reducir costos en el emplazamiento de una central de este tipo.

Los criterios escogidos para evaluar el mejor sitio de instalación de un equipo undimotriz en una zona aislada, son los siguientes:

- Recurso energético de olas.
- Batimetría.
- Cercanía a la carga eléctrica.
- Zonas especiales.
    - Distancia a lugares de interés turístico.
    - Distancia a rutas de navegación.

Para el presente trabajo, se utilizó para la toma de decisiones, el software *Expert Choice*, el cual permite elaborar modelos de decisión para evaluación y selección de alternativas o toma de decisiones mediante un modelo jerárquico o en forma de árbol de decisión, utilizando el método AHP (*Analitic Hierarchy Process*). La

composición de un modelo jerarquizado, permite establecer un determinado factor de peso sobre cada criterio en comparación relativa con cada criterio de su mismo nivel; con ello se determina la mejor alternativa en cada nivel del árbol. Finalmente, el software realiza la ponderación y adición de todos los pesos obteniendo una calificación global para cada alternativa.

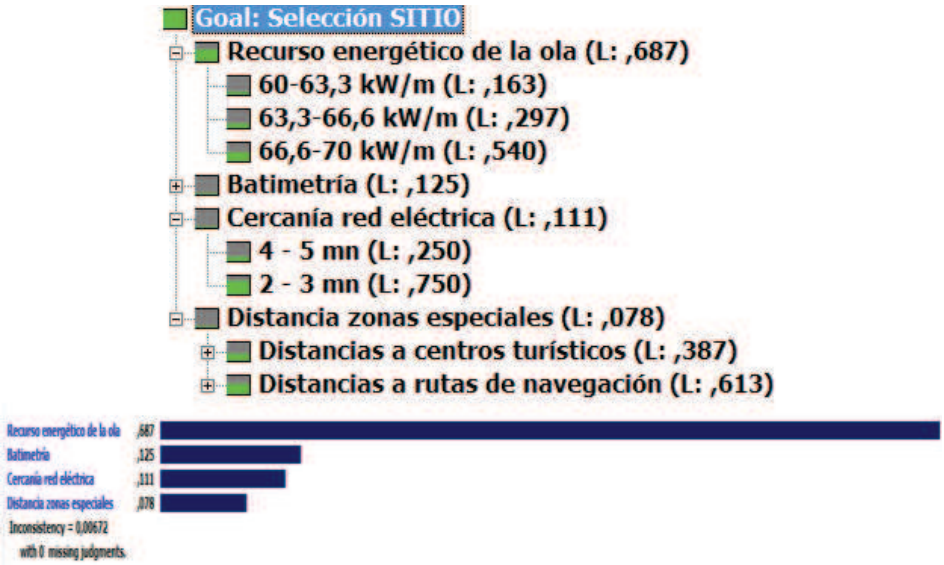


Figura 6: Resultados de ponderación de selección de punto de instalación por criterio.

3.6. Selección Tecnología a utilizar

Para poder escoger cual tecnología de dispositivo undimotriz es el más adecuado para la zona de interés, se hace necesario realizar una valorización de las características más importantes de cada uno con el propósito de ser capaz de evaluar en forma objetiva cuál de ellos se adapta de mejor manera a las características del oleaje del sector.

3.6.1. Criterios de selección

Finalmente, en base a los antecedentes mencionados, se establecieron los siguientes criterios y sub criterios para la selección del tipo de tecnología undimotriz más adecuado para ser instalado en el sitio de selección en el Cabo de Hornos:

- Aspectos técnicos.

Madurez tecnológica.

Supervivencia en condiciones atmosféricas adversas.

- Máxima condición de ola.
- Máxima condición de viento.

- Aplicación al sitio.

Potencia de salida.

Profundidad y distancia de costa.

- Prestigio del fabricante del dispositivo.

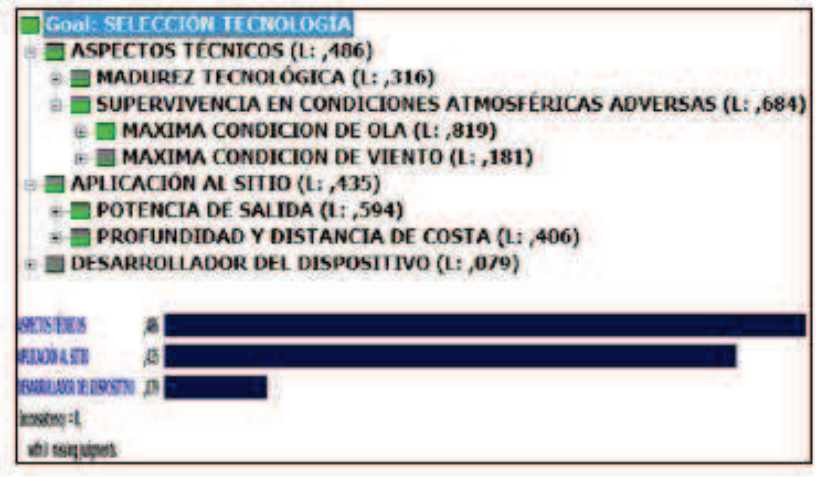


Figura 7: Resultados de ponderación de selección de tecnología por criterio.

3.7. Configuración de elementos del sistema

Una vez que se haya seleccionado el sitio y la tecnología de convertidor de energía de las olas a utilizar, se procede a desarrollar la configuración que más se ajuste a los objetivos propuestos del proyecto.

En el caso de lugares aislados del sistema interconectado, lo usual es que use un sistema de ERNC respaldado por un sistema basado en combustible fósil, como lo son generadores diesel. De esta manera, se puede reducir los costos de operación de manera significativa. En el caso de la energía undimotriz se ha dicho que “la energía de las olas es entre cinco y diez veces más intensa que la proveniente del viento y el sol respectivamente, lo cual la convierte en una atractiva fuente de energía”. (5)

Un sistema híbrido de poder, es un sistema eléctrico de potencia que incluye más de un tipo de conversión de la energía en él. Existen diversos tipos de sistemas híbridos, los cuales implican diferentes tipos de combinaciones de sistemas de ERNC, como también, de energías no renovables y sistemas de almacenamiento varios (baterías, volante de inercia, celda de combustible de hidrógeno, etc). El sistema híbrido de potencia es capaz de proveer la potencia requerida a las cargas conectadas con un control adecuado y una efectiva coordinación entre varios subsistemas.

Algunas consideraciones a tener en cuenta para la conformación del sistema eléctrico híbrido:

- Variación de la energía: Debido a la irregularidad en la amplitud, fase y dirección de la ola es difícil obtener una máxima eficiencia en la conversión de energía.
- Problemas para acoplar el movimiento irregular de la ola a los generadores eléctricos.
- La función intermitente de la onda requiere de un sistema de almacenamiento de energía para alimentar las cargas de la red, sin tener perturbaciones y ruido, de esta manera, puede asegurar la estabilidad del voltaje del enlace de energía, la calidad de esta y la confiabilidad.

3.8. Especificación técnica

La especificación técnica del sistema undimotriz constará de los siguientes subsistemas:

- 01 Tecnología WEC.
- 01 Subestación elevadora de tensión.
- 01 Sistema de amarre y anclaje.
- 01 Subestación reductora de tensión.
- 01 Sistema de transmisión.
- 01 Sistema de almacenamiento.
- 01 Sistema de rectificación e inversión.

Es importante tener en cuenta además:

- Disposición física y lugar de instalación.
- Conexión al sistema eléctrico local.
- Clasificación y certificación.
- Requerimientos específicos.
- Estructura.
- Factor de seguridad
- Sistema de protección contra corrosión.
- Señalización marítima.
- Instrumentos de navegación.
- Estabilidad e integridad estanca.

3.9. Evaluación económica preliminar

Existen diversos factores que influyen en la estimación de costos de un sistema undimotriz. Los principales costos de proyectos de este tipo, son costos por inversión del equipo, instalación, conexión y transporte de energía. Muchos de estos costos no son conocidos, debido al reciente desarrollo de esta tecnología, por lo que se deben estimar.

Es importante señalar que estos costos no son fijos y que pueden ir variando con el tiempo a medida que la tecnología avanza y se gana experiencia en este tipo de proyectos, de esta manera, los costos de inversión pueden ser reducidos. Sin embargo, la falta de fabricación industrial en este tipo de dispositivos y sus altos costos de inversión inicial encarece sus valores, aunque con la expectativa de disminuir.

Se deben considerar:

- Costos de inversión inicial.
- Costos por operación y mantenimiento.
- Costos por desmantelamiento al final de vida útil.

Debido a la falta de proyectos con fines comerciales desarrollados con tecnología undimotriz, es difícil conocer los costos que implica la instalación del sistema, por lo que se deben estimar en base a proyectos de ingeniería marítima.

Tabla 1: Distribución de costos de instalación o inversión inicial. (6)

Aspecto	Porcentaje del costo de inversión
Ingeniería y Proyectos	5%
Estudios terrestres	2%-3%
Estudios marinos y batimetría	3%
DIA-EIA	1%
Legales y concesiones	2%
Fletes	1%
Obras eléctricas	30%
Obras civiles y montaje	20%-30%

Se deben considerar además, los posibles ingresos del sistema.

- Ahorro de combustibles fósiles.
- Bonos gubernamentales ERNC.
- Venta de energía.

Por último es necesario efectuar flujo de caja considerando un horizonte de evaluación de los años que se considere el proyecto, obteniendo de esta manera, los indicadores de la evaluación del proyecto de Valor Actual Neto (VAN) y Tasa Interna de Retorno (TIR), además de los costos de una central undimotriz.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

4.1. Con los equipos de energía undimotriz de mayor desarrollo en el mercado, es posible configurar un sistema de generación técnicamente viable.

4.2. Se desarrolló un modelo para la especificación de un sistema de energía undimotriz para zonas aisladas, el cual incluye dimensionamiento de la carga eléctrica, modelo de transferencia de oleaje, verificación de parámetros con datos de olas in situ, selección del sitio y tecnología undimotriz a instalar, configuración de un

sistema de generación y desarrollo de especificación técnica del proyecto, para incluir finalmente su evaluación económica preliminar.

4.3. Un sistema de generación a base de energía undimotriz, todavía no es económicamente rentable. La tecnología todavía se encuentra en etapas tempranas de desarrollo (comparadas con otras formas de ERNC), esto sumado a los altos costos de inversión inicial, producto de los distintos trabajos de ingeniería marítima que hacen difícil una reducción de estos costos y la falta de una economía de escala mayor en su producción.

4.4. Para poder hacer costo-efectivo este tipo de proyectos en zonas aisladas, es necesario reducir considerablemente los costos de inversión inicial e implementar políticas de economía de escala, logrando de esta manera, que la energía undimotriz entre a competir de igual a igual con otros tipos de ERNC, representando una solución energética para las comunidades aisladas en general.

4.5. Se recomienda efectuar estudio de centros de consumo, que presenten una mayor demanda energética como potenciales receptores de este tipo de energía, en la cual, los costos no dependientes del tamaño de la central, se puedan amortizar de mejor forma.

4.6. Se recomienda utilizar el presente trabajo como base para un análisis de potencial energético de olas, en un una zona donde sea económicamente viable instalar una central undimotriz.

5. BIBLIOGRAFÍA.

1. **SEI 2005.** *Sustainable Energy Ireland.* 2005.

2. **SET-TE Ocean Abengoa.** Energía Oceánica. [En línea] [Citado el: 15 de Abril de 2012.]http://www.energiaycambioclimatico.com/colab/export/sites/foro/resources/pdf/programa_investigacion/investigacion/101126_SET-TE_ocean.pdf.

3. **SAENZ, F.** *Sustainable Energy in Chile; Presents and Future Prospects for Wave Power.* s.l. : Reporte solicitado como requisito parcial para optar al grado de MSc. Operations Management, University of Nottingham., 2006.

4. **CARTER, R.W.** *Wave Energy Converters and a Submerged Horizontal Plate .* s.l. : Tesis para optar al grado de Master of Science. Universidad de Hawaii, 2005.

5. **MONÁRDEZ, P., ACUÑA, H., SCOTT, D.** *Evaluation of the Potential of Wave Energy in Chile.* Estoril : Proceedings of the ASME 27th International Conference on Offshore Mechanics and Artic Engineering. OMAE, 2008.

6. **OZKOP, E., ALTAS, I.H. y SHARAF, A.M.** *A Novel Fuzzy Logic Tansigmoid controller for wave energy converter-grid interfase DC energy utilization farm .* s.l. : IEEE.

7. **MEDEL, S. (Peralta, M., P.G.).** *Estudio de implantación de tecnologías mareomotrices y undimotrices como pequeños medios de generación distribuida.* Santiago : Memoria para optar al Título de Ingeniero Civil Electricista, Universidad de Chile, 2010.

ANEXO

A. Ejemplo de aplicación: Cabo de Hornos, Chile.

Utilizando el modelo anteriormente descrito, se efectuó un estudio para la implementación de un sistema de energía undimotriz para la Alcaldía de Mar de Cabo de Hornos, una pequeña isla al extremo sur de Chile, que marca el fin del continente americano.

La Armada de Chile tiene una Alcaldía de Mar, que cumple las funciones de control de la navegación y tráfico marítimo. La Alcaldía de Mar tiene una casa para el personal del faro y su respectiva familia. A su vez, la Alcaldía tiene una sala de radio, radar y equipos de medición meteorológica. Además de la señalización marítima.

A.1 Caracterización y cálculo de la demanda eléctrica.

El sistema eléctrico de la Alcaldía de Mar de Cabo de Hornos se encuentra alimentado por grupos electrógenos de 220 [VAC] monofásico y baterías.

La energía eléctrica se obtiene directamente de los generadores diesel (aproximadamente, un tercio del día), obteniéndose el resto del día del banco de baterías, a través de un inversor, el cual transforma los 48 [VCC] del banco a 220[VAC] que usa el sistema eléctrico de la Alcaldía.

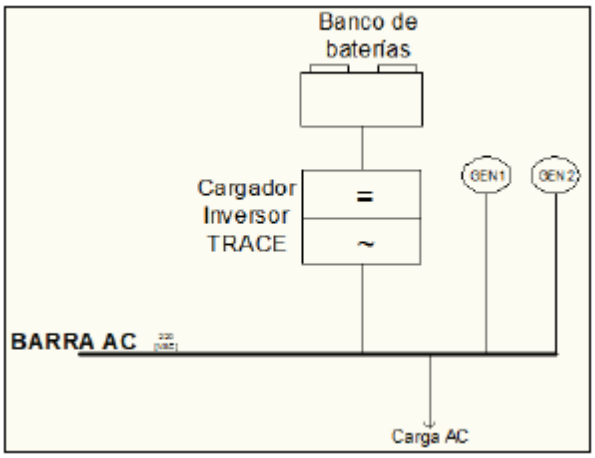


Figura A-1: Esquema resumen del circuito eléctrico de la Alcaldía de Mar de Cabo de Hornos.

El estudio de cargas y consumos de de la Alcaldía de Mar de Hornos arrojó los siguientes resultados:

Tabla A-1: Resultados cuadros de cargas y consumos en Cabo de Hornos.

Cuadro de Cargas	
Potencia requerida del sistema	13,54 [kW]

Cuadro de consumos	
Consumo estimado en base a consumo de combustible diesel	Anual: 26,07 [MWh]

A.2 Confección modelo de transferencia de oleaje.

El modelo de transferencia de oleaje se desarrolló utilizando:

a) Nodo 56S de la base de datos de olas del Proyecto Olas Chile IV (Propiedad de la empresa Baird & Associates).

b) Modelo numérico STWAVE (*STeady state sprectral WAVE model*), versión 4.0 desarrollado por el US Army Corps of Engineers (USACE) (7)

c) Batimetría obtenida de la digitalización de las cartas náuticas del sector.

A.3 Obtención de parámetros para la zona de interés.

Finalmente se obtuvieron los siguientes parámetros en tres zonas de mayor potencial de energía por metro de frente de ola indicadas en la siguiente figura.

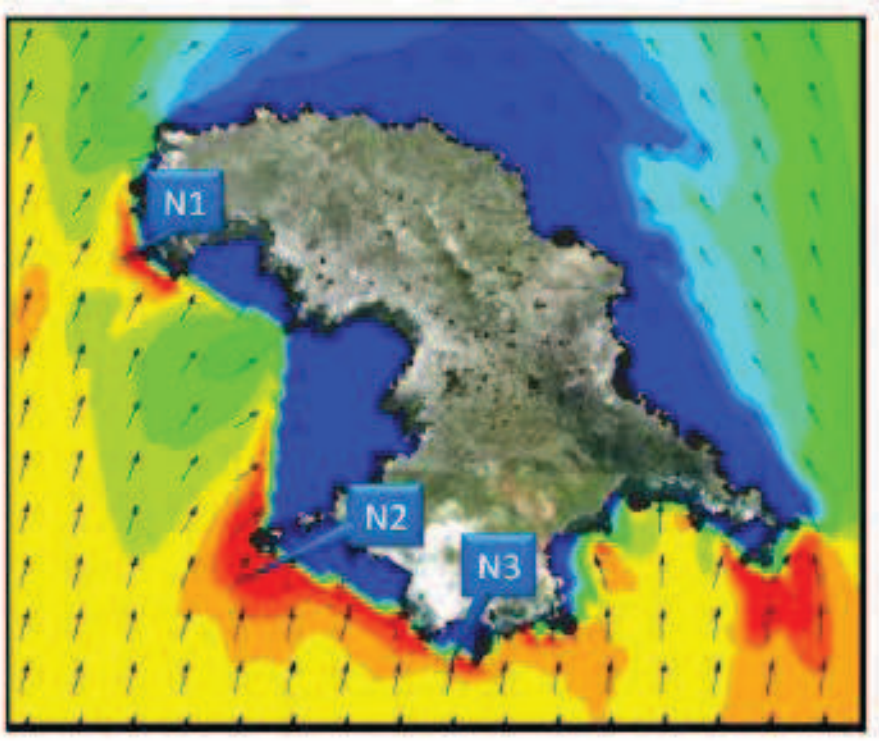


Figura A-4: Mapa de energía isla Hornos.

Tabla A-2: Potencias promedios en nodos de estudio

Nodo	Potencia promedio [kW/m]
N1	61,7
N2	68,2
N3	65,2

A.4 Validación del modelo con mediciones in-situ.

Para esto se utilizó información de altura de ola en el punto L: 56°32'30'' S G: 068°38'00'' W ubicado a 2,73 millas náuticas al SE de las Islas Diego Ramírez, proporcionada por el CENDHOC (*Centro Nacional de Datos Hidrográficos y Oceanográficos)* a través de mediciones efectuadas por una boya *Waverider*.

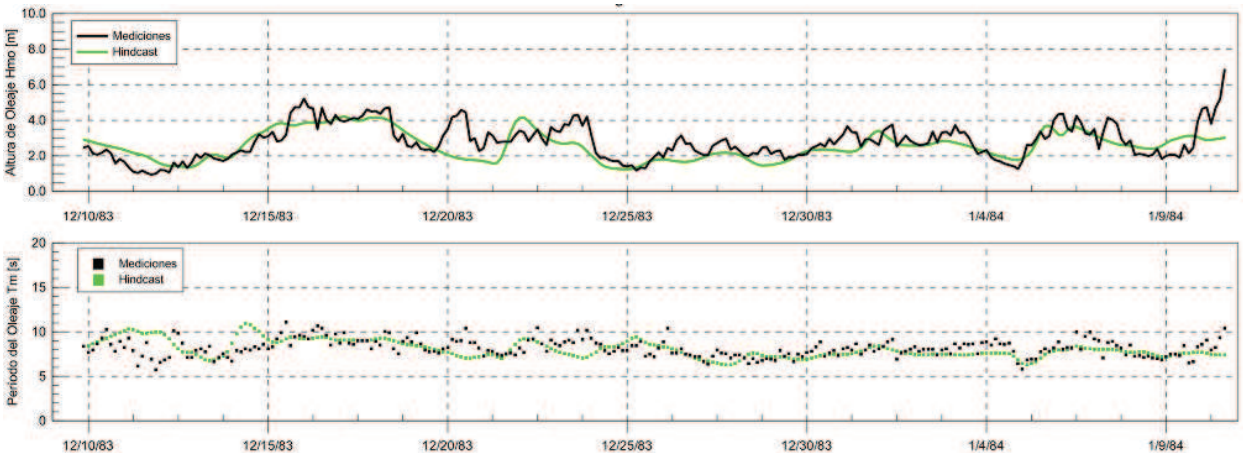


Figura A-5: Validación directa de clima de oleaje en Diego Ramírez, gráfico de comparación Hindcast vs Waverider.

A.5 Determinación y selección de punto de instalación.

Se ingresaron los datos de cada posible sitio de instalación (correspondiente a cada nodo de estudio) a la matriz de decisión, arrojando como mejor lugar de instalación, el sitio N°2, tal como muestra la figura a continuación.

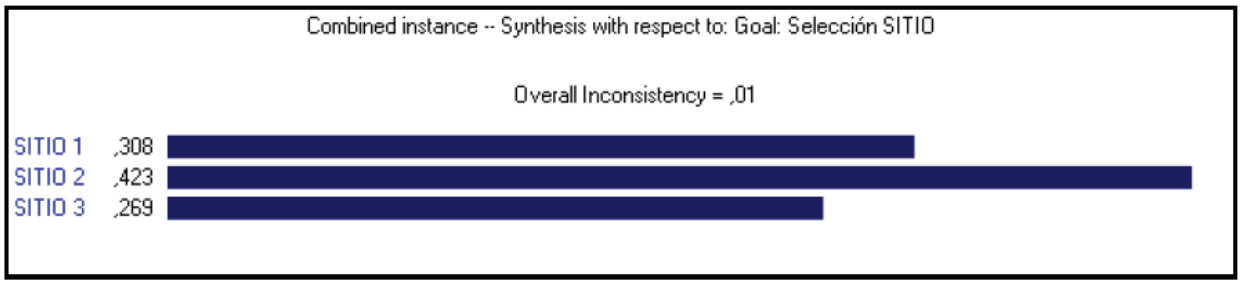


Figura A-7: Resultado de la selección de la tecnología.

A.7 Configuración de elementos del sistema.

De esta forma, el sistema que este trabajo propone es un SHGEE (Sistema Híbrido de Generación de Energía Eléctrica) de baja potencia compuesto de un generador de energía undimotriz en combinación con un sistema de grupos generadores Diesel, tal como lo muestra la siguiente figura.

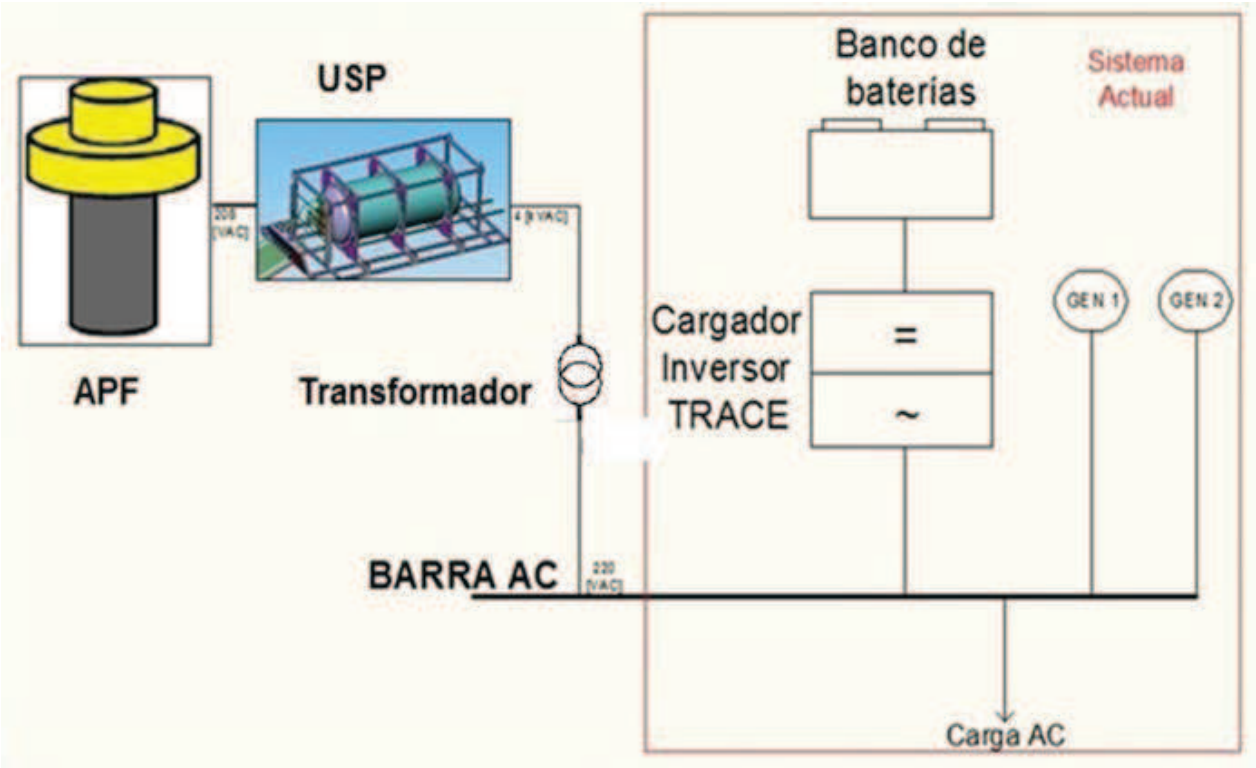


Figura A-8: SHGEE undimotriz para Hornos.

El SHGEE funciona de la siguiente forma:

a) El APF entrega energía eléctrica de 208 [VAC] y 60 [Hz] de frecuencia.

b) Una subestación submarina eleva la tensión de salida a 4 [kVAC].

c) La energía en media tensión es transmitida por cables submarinos hacia la costa.
d) En tierra, la energía es transmitida por cables subterráneos hacia la subestación reductora de la Alcaldía
e) La subestación reduce la media tensión a 380 [VAC] trifásico.
f) La energía eléctrica es distribuida en la barra AC de la Alcaldía.
g) El cargador/inversor Trace será utilizado como convertidor bidireccional.

En resumen, se puede alimentar la barra desde tres elementos, el generador undimotriz, el banco de baterías o de los generadores. A su vez, el banco de baterías, a través del cargador/inversor actúa como carga de la barra AC, cargando el banco de baterías cuando este se descargue bajo cierto punto.

A.8 Especificación técnica.

A modo de resumen, la especificación técnica del sistema se compone de:

Tabla A-3: Resumen especificación técnica SHGEE:

01 APF	Posición geográfica: 55°58'48,92''S y 067°20'25,90''W. Profundidad de 50 [m].
01 USP	Ubicada en el fondo marino en un radio no mayor de 40 [m] del APF.
01 sistema de amarre y anclaje	Dos opciones. Sistema de 3 o 4 líneas de amarre.
01 sistema de transmisión	Un cable submarino desde USP hasta cámara subterránea a 2,5 [km] en tierra. Un cable subterráneo desde cámara hasta subestación reductora a 5,5 [km] en Alcaldía de Mar
01 Subestación reductora	Ubicada en sala generadores en Transformador tipo Pad Mounted.
01 sistema de almacenamiento	Ubicado en sala de generadores. (Ubicación actual)
01 sistema de rectificación e inversión	Ubicado en sala de generadores. (Ubicación actual)

A.9 Evaluación económica preliminar.

Finalmente, los costos fueron estimados en base a trabajos de ingeniería marítima y de costa.

Tabla A-4: Costos totales sistema undimotriz

Ítem	Valor
Inversión inicial [USD]	6.697.732
Operación y mantenimiento [USD/año]	2.416,13
Desmantelamiento año 30 [USD]	3.200

Los posibles ingresos anuales por ahorro de combustible en la Alcaldía, ahorro de combustible por menor frecuencia de viajes y los ingresos fijos por venta de un generador y de la venta del APF al final de su vida útil, se muestran en la siguiente tabla.

Tabla A-5: Ingresos totales.

Ítem	Valor
Ahorro por combustible Alcaldía. [USD/año]	6.348,1
Ahorro por viajes [USD/año]	15.914,7
Venta generador [USD]	4.690,8
Valor residual APF año 30 [USD]	12.000

Se efectuó un flujo de caja considerando un horizonte de evaluación de 30 años, obteniendo de esta manera, los indicadores de la evaluación del proyecto de VAN y TIR, además de los costos de una central undimotriz.

Se utilizó una tasa de descuento del 8%, que es la usada para proyectos en la Armada de Chile.

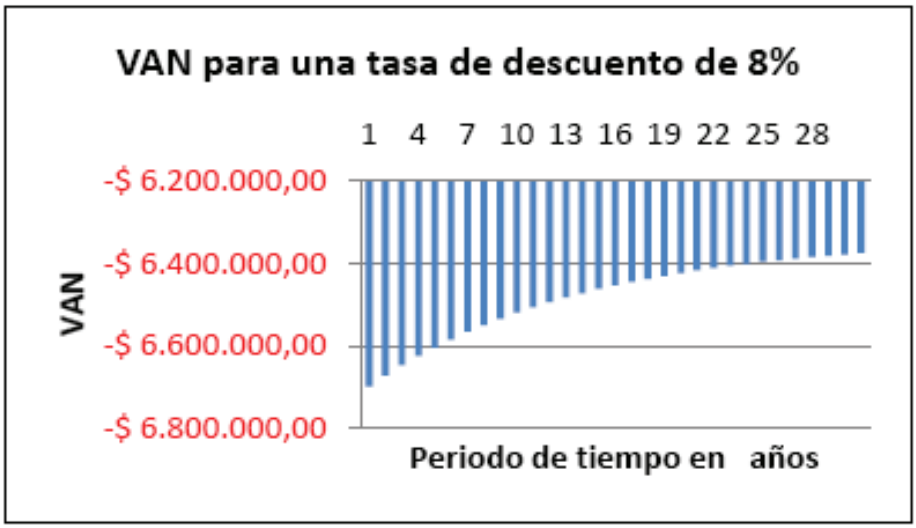


Figura A-9: Análisis VAN del sistema de energía undimotriz de Hornos.

Tabla A-6: Indicadores de evaluación de proyectos.

Ítem	Valor
VAN	- 6.370.655,25
TIR	No es aplicable

CT-10 MEDIO AMBIENTE

Desenvolvimento de um sistema para registro da quialidade da agua de lastro

Dr. Newton Narciso Pereira – Departamento de Engenharia Naval e Oceânica da Universidade de São Paulo
Dr. Hernani Luiz Brinati - Departamento de Engenharia Naval e Oceânica da Universidade de São Paulo
Eng. Geert Jan Prange – Engenheiro Naval, Vistoriador Naval Aposentado
Dr. Marcelo Nelson Páez Carreño – Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade de São Paulo
Dr. Marco Isaías Alayo Chávez – Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade de São Paulo
Eng. Fábio Belotti Colombo – Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade de São Paulo

RESUMO

Este artigo apresenta um sistema remoto de monitoramento da troca da água de lastro dos navios. Ele é capaz de registrar os parâmetros físico-químicos da água de lastro como turbidez, salinidade, oxigênio dissolvido, pH e temperatura por meio de sensores. Essas informações são relacionadas com a posição geográfica, data e hora que o navio operou o sistema de lastro, bem como durante a navegação da embarcação. Esses dados são arquivados em um microcontrolador digital e transferidos remotamente via satélite para um servidor de internet numa conta de e-mail. Desenvolvemos um sistema capaz de capturar os dados armazenados no servidor e apresentar numa interface gráfica. Nós concluímos que esse sistema poderá melhorar as informações apresentadas nos formulários de água de lastro. Ainda, esse sistema poderá apoiar o monitoramento da qualidade ambiental em ambientes de água doce, uma vez que não existem limitações físicas para instalar os sensores do lado de fora das embarcações. O sistema foi testado em laboratório

em ambiente controlado e será testado a bordo de um navio para validação da sua eficiência operacional.

1 - INTRODUÇÃO

Todo navio é projetado para utilizar, da melhor maneira possível, a sua capacidade de carga. O armador - dono do navio - deseja sempre que possível que seu navio parta do porto A para o porto B com carga total e que esteja carregado quando segue para outro porto. Deste modo, ele deseja maximizar os lucros com a carga transportada.

Contudo, nem sempre existe carga para ser transportada na viagem de retorno. Para que um navio atenda requisitos básicos de segurança, como estabilidade, imersão do hélice e adequada distribuição de tensões na estrutura do casco, quando não há carga a bordo devem ser preenchidos certos volumes (tanques) do navio com água do mar. Essa água é chamada de água de lastro e geralmente é captada quando o navio está realizando a operação de descarga no porto.

Embora a água de lastro seja o meio mais eficaz de lastrear um navio, seu emprego tem chamado atenção mundial pelo fato que espécies marinhas possam ser transportadas dentro dos tanques de um porto para outro, tornando-se espécies invasoras.

Os principais tipos de espécies que podem ser transportados junto da água de lastro são classificados de acordo com o modo de vida e adaptação. São eles: (I) formas planctônicas, que ocorrem em suspensão na água de lastro, como o zooplâncton, fitoplâncton e ictoplâncton; e (II) formas bênticas, animais ou vegetais, associadas ao fundo ou sedimentadas a partir de formas planctônicas, que são encontradas nos sedimentos dos tanques de lastro (CARLTON et al., 1995; PRANGE E PEREIRA, 2013). Além desses dois grupos, incluem-se também bactérias, vírus, protistas e fungos, que muitas vezes podem ser nocivos aos seres humanos (PEREIRA E BRINATI, 2008, PEREIRA E BRINATI, 2013).

Apesar do grande número de organismos presentes nos tanques de água de lastro, a sobrevivência das espécies pode ser interrompida devido às condições difíceis e desfavoráveis do ambiente, tais como falta de oxigênio, radiação, luz solar ou nutrientes. Para que haja sucesso na invasão de um novo ecossistema é necessário que o organismo primeiro sobreviva ao deslocamento a bordo no tanque de lastro do navio. Certos organismos conseguem diminuir seu metabolismo nessas condições, sobrevivendo ao transporte durante longas viagens oceânicas (SILVA J. S. V., 2004). Quando uma espécie sobrevive às condições extremas dentro dos tanques, ela pode ser considerada extremamente resistente e de alto risco para o meio ambiente, caso seja lançada em novo. Dependendo da frequência de lançamento, número de indivíduos e condições ambientais favoráveis como temperatura, salinidade e nutrientes, uma espécie pode se estabelecer em um novo local e colocar em risco a fauna nativa, bem como o meio ambiente e a saúde publica, além de trazer prejuízos econômicos e sociais.

O problema do transporte de espécies invasoras a bordo dos navios passou a ser conhecido mundialmente a partir de 1973, durante a conferência internacional de poluição marítima, em que foi aprovada a Resolução 18 de Pesquisa dos Efeitos da Descarga de Água de Lastro contendo Bactérias Epidêmicas, que passou para a IMO (International Maritime Organization) a responsabilidade de elaborar medidas de controle, chamando a atenção mundial para o transporte de espécies patogênicas em torno do mundo nos tanques de lastro dos navios (COLLYER, 2007).

O primeiro esforço mundial efetivo de controlar a dispersão de espécies exóticas ocorreu em 1982, com a Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar-UNCLOS. A parte XII da UNCLOS impunha uma série de obrigações para os países membros, relevantes para o controle de espécies invasoras. O Parágrafo 1º do Artigo 196 da UNCLOS prevê que “os Estados deverão tomar todas as medidas necessárias para prevenir, reduzir e controlar a poluição do ambiente marinho resultante do uso de tecnologias sob a sua jurisdição ou controle, ou a introdução intencional ou acidental de espécies, sejam elas exóticas ou novas, em uma

determinada parte do ambiente marinho, que possa causar mudanças significativas e prejudiciais ao mesmo" (EMMANUELA, 2007).

Emmanuela (2007) apresentou as fases de implementação de ações adotadas pela IMO para tratar o problema. Em 1990, o Comitê de Proteção Ambiente Marinho (MEPC) formou um grupo de trabalho para considerar pesquisas, informações e soluções propostas por Estados Membros do IMO e por Organizações Não Governamentais. A conclusão do grupo de trabalho foi a emissão de um relatório contendo diretrizes para direcionar o tratamento do problema da bioinvasão marinha por meio da água de lastro.

No início de 1997, antes da revisão das regras, o Comitê de Segurança Marítima - MSC e o MEPC aprovaram diretrizes que contém os aspectos de segurança, sugerindo a troca da água de lastro[1]. Também foram apontadas as medidas de segurança, que seriam necessárias para considerar o problema de baixa pressão nos tanques de lastro, e os requisitos operacionais para navegação em condições ambientais adversas. Em março de 1997, a Assembleia Geral da IMO adotou a Resolução A. 868 (20) (IMO, 2004).

A IMO, em conjunto com a Global Environment Facility e o United Nations Development Programme, desenvolveram em 2000, o programa Removal of Barriers to the Effective Implementation of Ballast Water Control and Management Measures in Developing Countries, mais conhecido como Global Ballast Water Management Programme ou apenas Globallast. O Globallast teve como objetivo ajudar países em desenvolvimento a lidar com o problema da água de lastro, implementando os procedimentos de controle sugeridos pela IMO (PEREIRA e BRINATI 2008; PEREIRA e MARDEL, 2008).

Ao término do Globallast, o MEPC consolidou uma proposta final encaminhada para a 49ª Convenção do IMO, em julho de 2003, enviada também para a conferência diplomática, em fevereiro de 2004, com o objetivo de formalizar as diretrizes já

[1] Troca da água de lastro: Consiste de trocar todo o volume de água de lastro captado na região portuária pela água oceânica.

aprovadas pelo conselho do IMO. As diretrizes foram finalmente aprovadas em consenso numa conferência diplomática na sede do IMO, em Londres, em 2004, após 14 anos de complexas negociações entre ele, países membros, armadores e ONG's, dando origem à Convenção Internacional para Controle e Gerenciamento de Água de Lastro de Navios e Sedimentos – CALS (IMO, 2004).

A CALS entrará em vigor 12 meses após a data em que pelo menos 30 Estados membros, cujas frotas mercantes combinadas constituam não menos que 35% da arqueação bruta da frota mercante mundial, tenham assinado a mesma sem reservas quanto a sua ratificação, aceitação ou aprovação. Enquanto isso não acontece cada país deve buscar soluções próprias de gerenciamento baseando nas diretrizes da convenção.

A IMO, junto com os Estados Membros, estabeleceu que todo navio deve enviar ao Estado Porto, 24 horas antes de sua chegada, um formulário contendo as informações relativas à água de lastro a bordo do navio. Basicamente, deve ser informado o local onde foi realizada a captura da água de lastro (coordenada geográfica), o volume de água de lastro a bordo, as coordenadas geográficas do inicio e termino da troca oceânica, bem como o número de tanques em que ocorreu a troca. Dentre os métodos aprovados pelo IMO para realização da troca oceânica estão o sequencial (troca de todo o volume uma única vez), transbordamento e diluição (é necessário trocar o volume de água de lastro três vezes).

Atualmente, a salinidade dos tanques tem sido um dos parâmetros mais importantes para avaliar a realização da troca oceânica, pois a água do estuário apresenta salinidade em torno de 30 a 32 ppt, enquanto a água oceânica apresenta salinidade em torno de 35 a 37 ppt.

Contudo, para verificação efetiva dos dados informados no relatório de água de lastro é necessário plotar as coordenadas geográficas em um mapa e verificar se esses pontos estavam na rota do navio. Ainda, calcular se, em função da distância percorrida, o volume de água de lastro a bordo e vazão das bombas (m^3/h), o navio teria tido tempo hábil para trocar todo o volume especificado, além de identificar a

salinidade da água de lastro a bordo do navio. Fazer essa verificação para todos os navios torna-se um procedimento demorado, porém estritamente necessário para a inibição do problema da água de lastro.

Diante dessa problemática foi desenvolvido um sistema de monitoramento remoto e autônomo do acionamento das bombas de água de lastro durante a operação de captura e troca da água de lastro do navio que permite:

- Monitorar a qualidade da água de lastro trocada pelos navios;
- Identificar a posição geográfica ocupada pelo navio durante o período em que as bombas de água de lastro estiveram acionadas ao longo da viagem;
- Auxiliar a autoridade marítima na análise das informações apresentadas no relatório de água de lastro, bem como no livro de registro a bordo dos navios, através dos registros de acionamento das bombas junto das coordenadas geográficas e os parâmetros físicos de qualidade da água de lastro captada e trocada durante a viagem do navio.

Adicionalmente ao tratamento específico do problema da água de lastro, esse protótipo pode ser aplicado no monitoramento de águas de rios, lagos e reservatórios se instalado do lado de fora das embarcações. Não existem restrições do ponto de vista técnico, uma vez que os sensores utilizados conseguem atuar nos dois ambientes (água doce e salobra).

2 - O conceito

O sistema de monitoramento deve estar acoplado ao sistema de acionamento das bombas de lastro do navio. No momento do acionamento das bombas, o sistema captura o posicionamento geográfico do navio (longitude e latitude) através de um GPS. O software registra a coordenada e passa a monitorar o tempo em que as bombas ficaram acionadas durante a operação de lastro e deslastro do navio.

A partir deste instante os sensores instalados a bordo dos tanques de lastro do navio passam a levantar as informações de temperatura, salinidade, pH, turbidez, condutividade, oxigênio dissolvido da água coletada pelo navio, bem como a

pressão exercida nos tanques. Estas informações serão coletadas continuamente em instantes definidos, por exemplo, a cada 15 minutos, enquanto o sistema de lastro estiver funcionando durante a operação do navio. Essas informações alimentarão um banco de dados, com o log de lastro do navio durante a viagem. A seguir, apresentam-se representações do sistema para aplicação em 3 diferentes tipos de navio, que para o Brasil são de alto risco de bioinvasão.

Navegação de longo curso

A Figura 2 representa a operação do sistema durante a navegação de longo curso.



Figura 2 - Representação do sistema durante uma viagem de longo curso

O sistema inicia o monitoramento do acionamento das bombas de lastro enquanto o navio ainda esta atracado no porto de origem. Neste caso, o navio está atracado num porto brasileiro carregando algum tipo de carga. Caso, as bombas de lastro sejam acionadas, o sistema inicia o monitoramento. Após o término da operação o navio parte para seu destino, que neste caso é a Ásia, e após 200 milhas da costa está pronto para iniciar a operação de troca de água de lastro, se seja necessário. Assim, quando as bombas forem acionadas para fazer a troca, o sistema de

monitoramento registra a posição de inicio e segue monitorando durante intervalos de tempo pré-determinado a posição geográfica do navio até o termino da operação.

Simultaneamente o sistema monitora a qualidade da água de lastro captada no oceano. Quando o navio chega ao destino o sistema tem o registro da operação de lastro do navio. O mesmo ocorre durante a viagem de volta do navio. Para o caso do Brasil, a condição de retorno é a mais preocupante, pois o país tem uma característica de ser receptor de água de lastro devido à elevada quantidade de produtos que exporta, como minério de ferro e grãos. Assim, é muito comum navios fazerem viagens na condição de lastro para o Brasil, o que aumenta o risco de bioinvasão. As informações poderão ser armazenadas a bordo dos navios, bem como em algum servidor em terra através de um sistema remoto de transferência de dados.

A) Navegação de cabotagem

A Figura 2 mostra o funcionamento do sistema durante a operação de cabotagem.

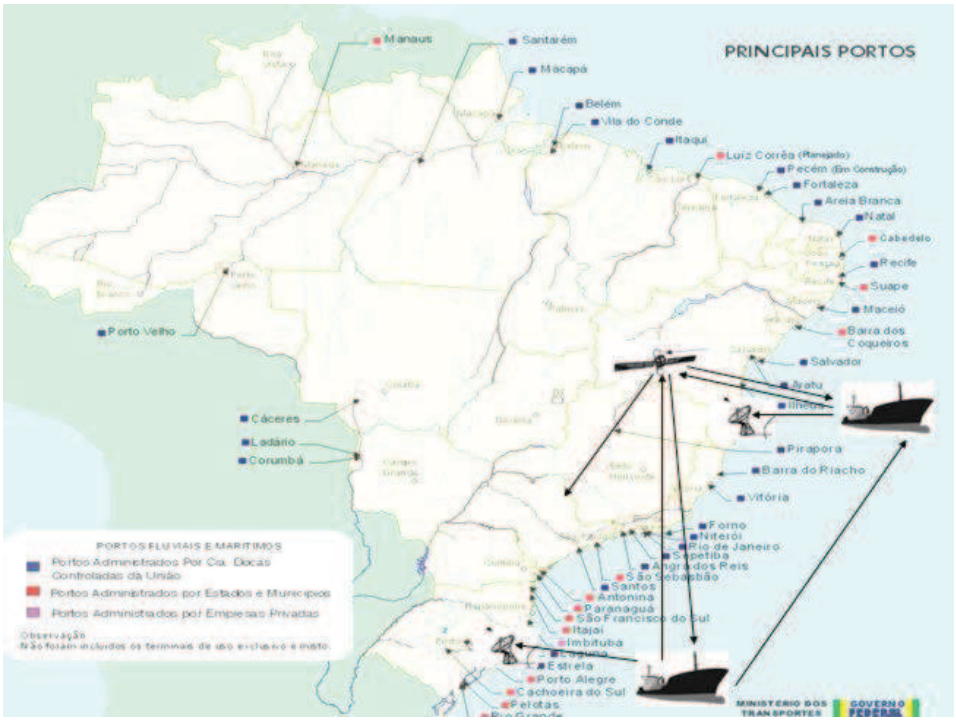


Figura 3 - Representação do sistema durante uma viagem de longo curso

Basicamente, o funcionamento do sistema é o mesmo da navegação de longo curso, tendo como a principal diferença a distancia de 50 milhas da costa para a realização da troca da água de lastro. Neste caso, o monitoramento da qualidade da água torna-se mais importante, pois no estudo realizado pelo Globallast, em 2003, evidenciou-se que existe um risco elevado de transferência de espécies exóticas entre os próprios portos brasileiros. Isso ocorre devido à similaridade ambiental existente entre os portos de uma mesma biorregião, o que pode contribuir para migração de uma espécie estabelecida em determinada região Brasil para outra.

Oliveira (2009) concluiu que existe um alto risco do mexilhão dourado migrar para outras regiões do Brasil, como os estuários da Amazônia e Tocantins, além dos estuários de Mearim (Maranhão), Jequitinhonha, Mucuri, Doce e Paraíba do Sul, após uma avaliação dos parâmetros de qualidade da água destes locais, comparando-os com os locais já invadidos pela espécie.

Deste modo, é necessário um controle efetivo dos navios que fazem viagem de cabotagem, pois hoje o mexilhão dourado está estabelecido na região Sul do Brasil, mas em função dos parâmetros de qualidade da água dos estuários citados acima, o mesmo pode migrar e se estabelecer nestas regiões.

B) Navegação de cabotagem na bacia Amazônica

A Figura 3 mostra o funcionamento esquemático do sistema durante a operação de cabotagem e longo curso na região Amazônica.

Para navios que operam na região Amazônica, a primeira troca deve ser realizada 50 milhas da costa e a segunda, mais próxima da foz do rio Amazonas. Isso é necessário para prevenir os impactos ambientais em função do deslastramento de água salgada num ambiente de água doce, como o Rio Amazonas. Seu o monitoramento torna-se ainda mais importante, pois além do risco de similaridade ambiental, é necessário garantir que a salinidade da água não esteja acima de 32 ppm.

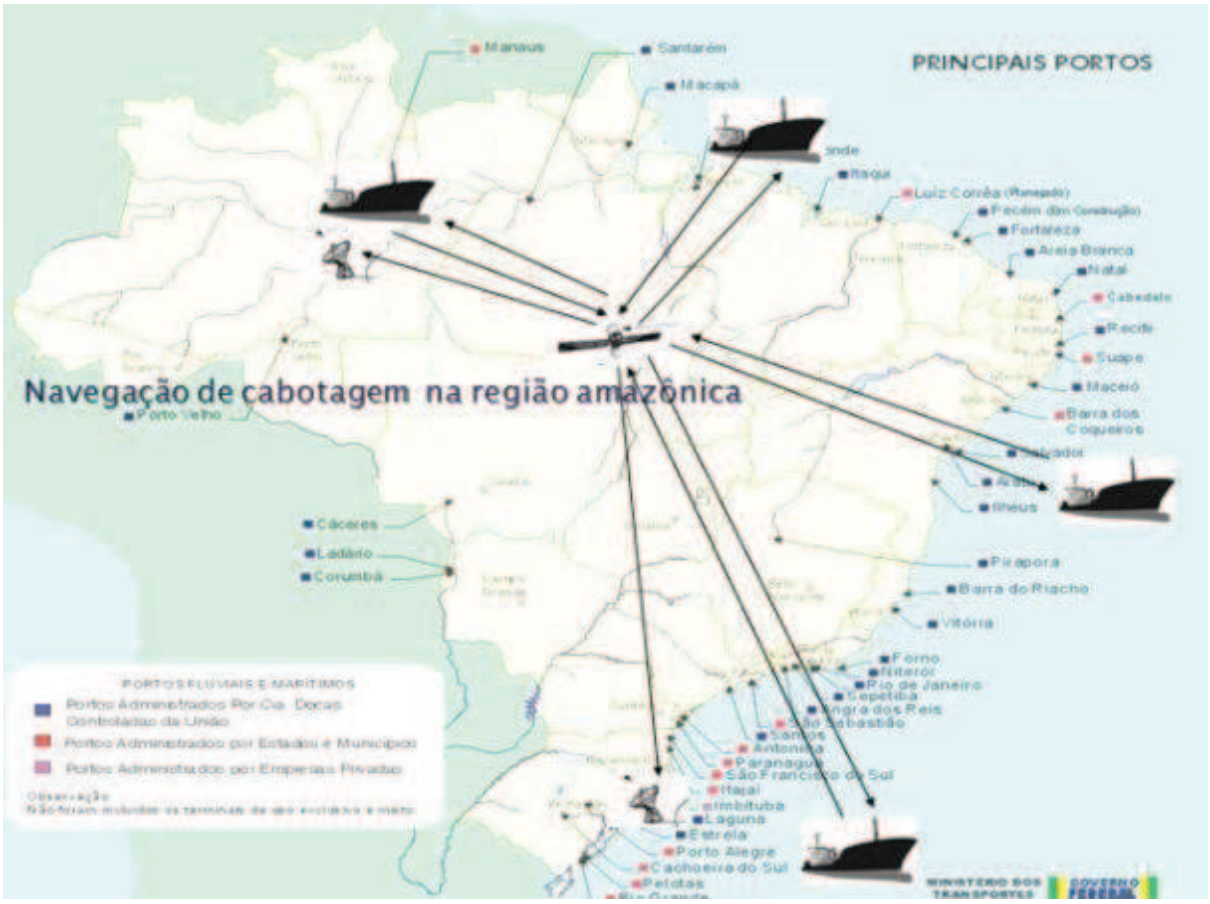


Figura 4 - Representação do sistema durante uma viagem na região Amazônica

Contudo, é necessário garantir que os dados sejam coletados com precisão e que os equipamentos sejam preservados. Sendo assim, o sistema de aquisição de dados deve ser lacrado para evitar qualquer violação e deve ser controlado através de um software que ficará instalado a bordo. Um servidor em terra fará com que a transferência dos dados ocorre remotamente. As tripulações dos navios não têm preparo suficiente para monitorar e controlar a qualidade da água de lastro e podem, em muitos, danificar os equipamentos, como ocorreu com o navio MV Hamiton.

3 - Desenvolvimento

A proposta original desse trabalho era integrar os diversos sistemas necessários para sua construção e desenvolver o protótipo. Contudo, durante a fase de compra e análise dos componentes entregues, verificou-se que a sua integração completa não seria possível devido às limitações dos equipamentos. Para resolver esse problema,

ao invés de comprar uma solução de mercado, com alto risco de não atender os objetivos do estudo, foi contratado um serviço de integração dos sistemas junto ao Departamento de Sistemas Eletrônicos da EPUSP. O contrato foi feito com o laboratório de microeletrônica, coordenado pelo Prof. Marcelo Carreño, com a finalidade de desenvolver um sistema controlador e integrador de todos os sensores e GPS.

De modo geral, o sistema pode ser descrito através do diagrama esquemático mostrado na Figura 5. Trata-se de um sistema autônomo de coleta e transmissão de dados via satélite.

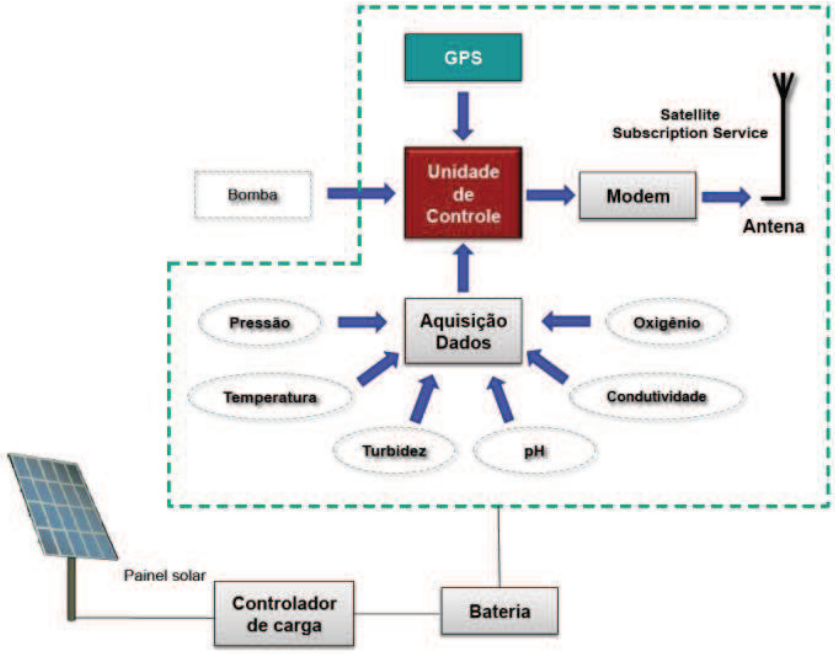


Figura 5 - Diagrama esquemático do sistema.

Alguns sistemas de telemetria estão disponíveis comercialmente, mas nenhum dos modelos encontrados é capaz de transmitir informações de posicionamento (GPS) e leitura de sensores simultaneamente. Há então a necessidade de projetar o sistema dedicado descrito neste documento.

O sistema é formado pelos seguintes blocos funcionais:

- **Unidade de controle:** realiza o condicionamento de sinais de comunicação e coordena a coleta e a troca de dados entre os demais módulos;

- **GPS:** responsável por fornecer a informação de posicionamento da embarcação através do Sistema de Posicionamento Global (*Global Positioning System*). Os dados são fornecidos segundo o protocolo NMEA 0183;
- **Conversor analógico-digital:** efetua a conversão dos dados analógicos provenientes dos sensores para o formato digital. Está configurado para receber sinais de até oito sensores, com sinal de saída do tipo corrente variando entre 4 e 20 mA. A tensão de alimentação dos sensores no valor de 12V é fornecida pelo sistema. Os dados coletados são transmitidos à unidade de controle através do protocolo RS-485;
- **Modem para comunicação via satélite:** recebe os dados de posição e dos sensores processados pela unidade de controle e os transmite via satélite utilizando a rede Orbcomm;
- **Sistema fotovoltaico:** provê a alimentação 12V de todo o sistema através de um painel solar. Uma bateria é empregada para assegurar ao sistema autonomia mínima de três dias. Para realizar a gestão de energia do sistema fotovoltaico emprega-se um controlador de carga.

A unidade de controle possui um microcontrolador que coordena o funcionamento do sistema. Aliado a ele está um circuito temporizador do tipo RTC (*Real Time Clock*) que gera sinais de sincronismo usados para o controle da comunicação entre os módulos. A memória do microcontrolador foi dividida em duas partes (buffer de dados e buffer de transmissão) para facilitar a manipulação das medidas. Para que seja atingido um tamanho de mensagem próximo ao tamanho ideal para ser transmitido via satélite (110 bytes de dados), o sistema efetua dois conjuntos de medidas, as concatena e só então transmite os dois conjuntos de dados via satélite.

O diagrama mostrado na Figura 5 ilustra os elementos envolvidos na transmissão via satélite.



Figura 6 - Diagrama de comunicação via satélite desenvolvido para o sistema

4 - Desenvolvimento do sistema de monitoramento

O desenvolvimento do sistema de monitoramento consistiu de diversas fases. Diversos testes foram desenvolvidos em laboratório para avaliar a operação dos sistemas de aquisição de dados. A Figura 7 sumariza os passos da integração dos diversos componentes do sistema e os respectivos testes em laboratório.

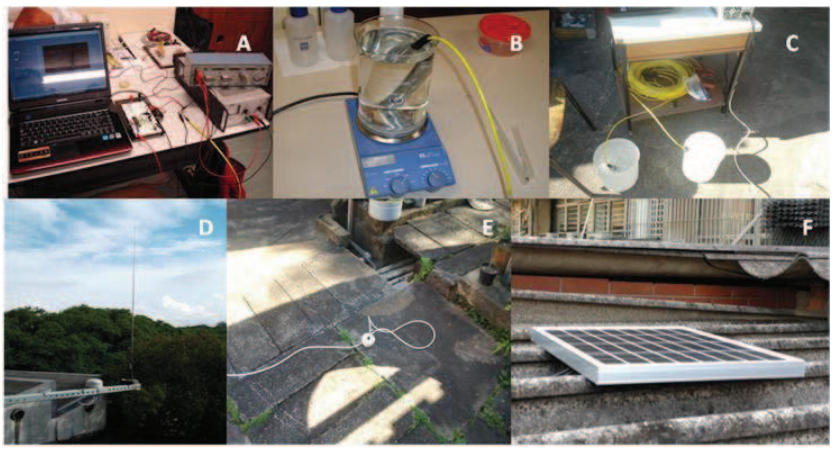


Figura 7 - Testes para ajustes do controlador, medidas dos sensores para temperatura e salinidade realizados em condições ambientes

Inicialmente, foi desenvolvido o sistema controlador que junto com a placa de aquisição de dados foram iniciados os testes de leitura dos sensores (A). Com o desenvolvimento do controlador foram realizados testes com os sensores em condições ambiente (B, C). Esses testes permitiram avaliar a performance do controlador. Nestes testes foram variadas as temperaturas da água, salinidade e sua turbidez.

Nós desenvolvemos um software com uma interface gráfica para que pudesse ser feita a interpretação de dados fornecidos pelos sensores Figura 7. Pela figura pode-se verificar que nós desenvolvemos um método para seleção dos sensores em função das portas de comunicação (COM7), intervalo de aquisição (1 s), bem como a medição instantânea da medição (43,87 ºC).

Uma vez integrado os sensores de qualidade da água, nós integramos o sistema de GPS (D, E) Figura 7. Foram desenvolvidos os protocolos de transmissão de dados para correlacionar as medidas coletadas dos sensores com a posição geográfica. Por fim, foi integrado ao sistema o módulo de alimentação autônoma por meio de energia solar (F).

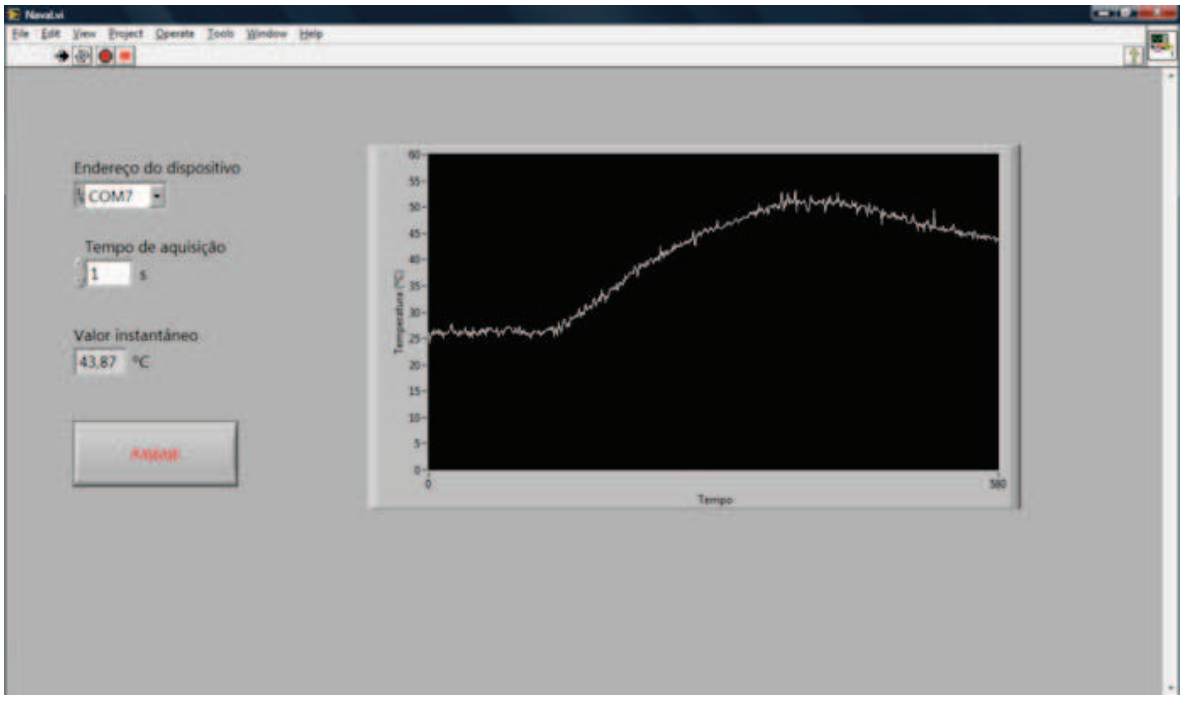
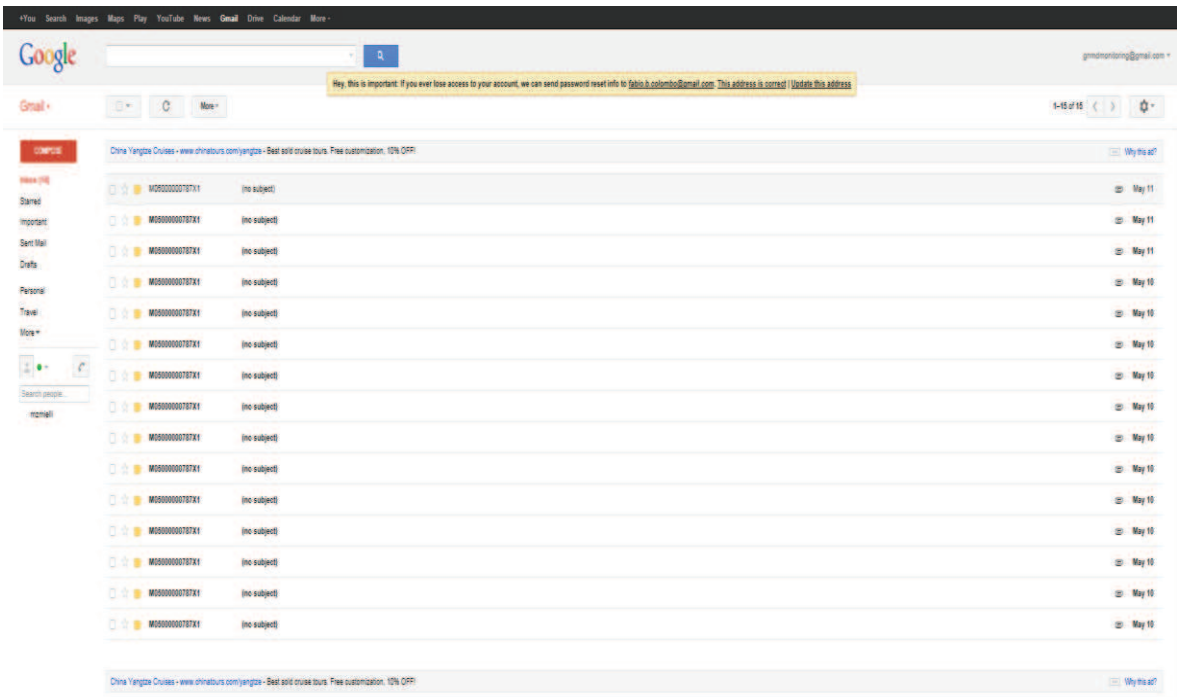


Figura 7 - Interface gráfica de interpretação de dados dos sensores.

Depois de calibrada a placa de aquisição de dados para trabalhar junto com os sensores, foi necessário desenvolver o sistema para o GPS. Testes foram realizados com o GPS em laboratório já conectado ao sistema de controlador e a placa de aquisição de dados. Após uma série de testes verificou-se que a melhor condição de recepção do GPS deveria ser fora do laboratório. Deste modo, o GPS foi instalado numa estrutura no telhado do prédio para permitir melhor captura dos dados (D).

Após todos os testes com sensores e GPS mostrarem-se viáveis foi implementada a interface gráfica para leitura dos dados coletados e transferidos via telemetria para um e-mail criado no Gmail para recepção desses dados. Para a captura das informações armazenadas no e-mail foi desenvolvida uma rotina computacional que captura esses dados e faz a conversão desta informação para os dados que o software possa interpretar Figura 8.



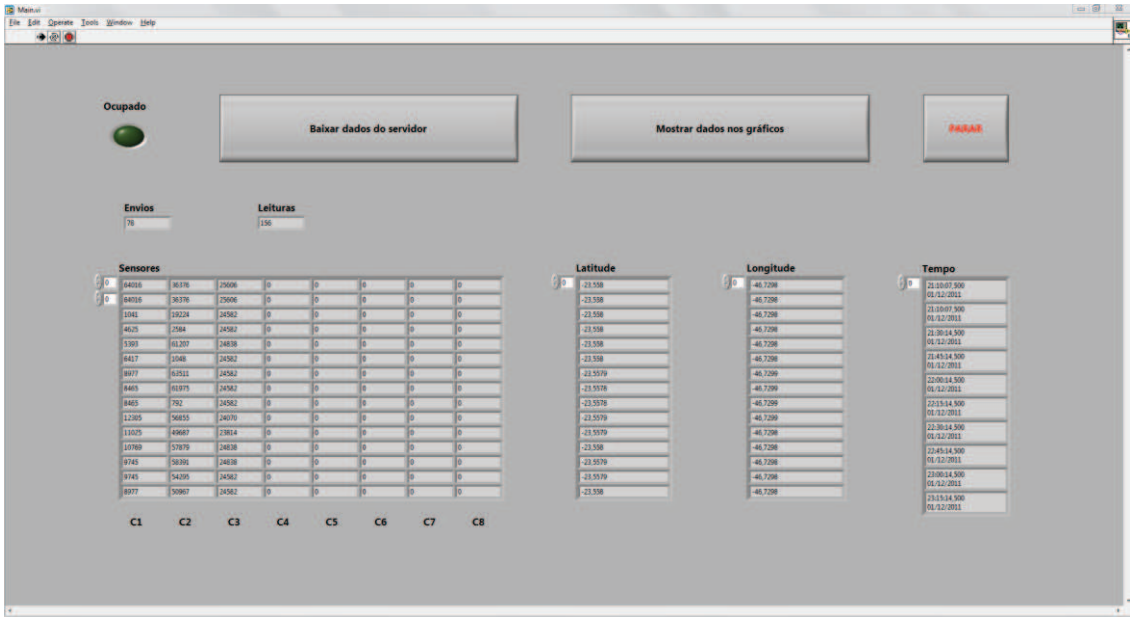


Figura 8 - Interface de coleta com dados do Gmail

São coletadas as informações de latitude e longitude e o intervalo de tempo de cada mensagem enviada. Em conjunto com cada leitura de posição são correlacionados os dados de cada sensor. Foi desenvolvida na interface de dados um procedimento de verificação de envio de dados. Quando a luz verde está acessa significa que o software não conseguiu coletar as informações armazenadas no controlador, pois a posição do satélite não permitiu que os dados coletados pelos sensores fossem transmitidos. A interface gráfica permite que os dados coletados pelos sensores sejam apresentados em forma de gráficos.

Os dados apresentados na **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**8 são representações das leituras efetuadas durante os testes. Contudo, mostra-se que todo o processo de leitura dos sensores, captura da informação e envio para o banco de dados (e-mail) e interpretação pelo sistema mostra-se desenvolvido. Os ajustes necessários serão decorrentes dos testes fora do laboratório. Novos testes serão conduzidos para melhorar a calibração dos sensores considerando a água de lastro coletada pelos navios.

Para garantir que o sistema seja instalado a bordo de um navio e garanta a qualidade das informações e conservação dos sistemas desenvolvidos nós desenvolvemos uma cobertura para os sistemas. O sistema foi encapsulado dentro

de uma maleta metálica. Para simular o acionamento das bombas de água de lastro, nós colocamos uma chave liga-desliga na porta da maleta. Uma vez que acionada a chave o sistema inicia a coleta dos dados e o envio das informações Figura 9.



Figura 9 - Sistema de monitoramento da água de lastro encapsulado

O cabo vermelho e preto são os alimentadores de energia elétrica do sistema oriundas da placa de energia solar. Assim, essa energia carrega a bateria (H). O cabo branco pertence ao GPS e o cabo preto da antena de recepção de dados. Cada cabo amarelo pertence a um sensor acoplado ao sistema de monitoramento.

Com essa estrutura de proteção o sistema pode ser instalado em qualquer navio e não depender de uma fonte de alimentação. A principal vantagem do sistema desenvolvido é a possibilidade do monitoramento da qualidade da água de após o termino da troca da água de lastro. Assim, é possível acompanhar qualquer mudança dos parâmetros físico-químicos da água dentro dos tanques.

5 - Conclusões

O protótipo proposto foi concluído apresentando resultados satisfatórios e deverá ser instalado a bordo de um navio para medir sua eficácia fora do ambiente controlado do laboratório. Além disso, nessas condições poder-se-á medir a eficiência dos sensores com outro tipo de água diferente da utilizada para construção e testes do sistema. O sistema de telemetria deverá também ser avaliado.

Vislumbra-se uma aplicabilidade grande no setor marítimo e fluvial, além de ser o primeiro sistema desenvolvido no Brasil com essa característica de monitoramento. Em função desse desenvolvido foi requerida a sua patente em âmbito nacional e internacional.

6 - Referências Bibliográficas

CARLTON, J.T. et al. Shipping Study. The Role of Shipping in 31 the Introduction of Nonindigenous Aquatic Organisms to the Coastal Waters of the United States 32 (other than the Great Lakes) and an Analysis of Control Options. Report No. CG-D-11-95, U. S. 33 Coast Guard, Groton CT and U. S. Dept. of Transportation, Washington DC. 1995.

COLLYER, W. Água de lastro, bioinvasão e resposta internacional. Revista Jurídica. Presidencia da Republica. 2007.

EMMANUELA, K.T. The international convention for the control and management of ship's ballast water and sediments 2004: A critical appraisal. Institute of Marine and Environmental Law. Faculty of Law. University of Cape Town. Master Dissertation in Marine and Environmental Law. 2007.

PEREIRA, N.N., BRINATI. H.L.; ALTERNATIVAS PARA O CONTROLE DA ÁGUA DE LASTRO. Semana Nacional de Oceanografia. 2008.

PEREIRA, N.N.; CONTI, M. Técnicas para avaliação de um sistema de gerenciamento de água de lastro. Revista Fatecnologia. 2008.

PEREIRA NN, BRINATI HL. Onshore ballast water treatment: A viable option for major ports. Marine Pollution Bulletin. 2012.

PEREIRA NN, PRANGE, G.J., Ship Ballast Tank Sediment Reduction Methods. Naval Engineers Journal. 2013.

OLIVEIRA, M. D. Fatores reguladores e distribuição potencial do mexilhão dourado (Limnoperna fortunei Dunker 1857) na bacia do alto rio Paraguai e outros rios brasileiros. 2009. UFMG. 100p.

SILVA, J.; SOUZA, R. Água de Lastro e Bioinvasão. InterCiência. 2004.

IMO. International convention for the control and management of ships' ballast water and sediments. 2004.

Estudio conceptual de una estación autosustentable generadora, almacenadora y abastecedora de hidrógeno para zonas aisladas

Mario Gustavo Galarde Muñoz

Ingeniero Naval Mecánico. Armada de Chile

La demanda energética a nivel mundial está creciendo a un ritmo sostenido, mientras que el descubrimiento de fuentes para extraer combustibles fósiles va disminuyendo. Expertos aseguran que alrededor del año 2020, la demanda mundial será mayor que la energía disponible en combustibles fósiles.

Complementariamente, la política energética y las exigencias medioambientales han llevado a la comunidad industrial a buscar alternativas a los combustibles fósiles, en atención a los impactos en el medio ambiente, imponiendo restricciones en su empleo.
Los océanos han sido ampliamente considerados como una reserva de recursos minerales y alimenticios de gran magnitud, sin embargo es menos frecuente una visión de los mares como una fuente de energía renovable, existiendo limitadas aplicaciones efectivas a la fecha actual.

El 75% de la superficie del planeta está cubierta por agua, siendo esta una fuente de energía per-se, dado que en su constitución molecular el elemento mayoritario es el Hidrógeno, el componente más abundante del planeta y con una capacidad energética de masa en promedio, tres veces mayor que el resto de los combustibles.

La tecnología actual permite el empleo del Hidrógeno como un vector de energía, es decir, un elemento que a través de uno o varios procesos, es capaz de generar energía limpia y de alta disponibilidad, pudiendo ser motor conductor para suministrar el trabajo necesario para la producción de Hidrógeno.

Uno de los problemas que presentan las zonas aisladas es la necesidad de combustibles para la generación de energía, el que en general es de origen fósil; sin embargo, una parte importante de las zonas aisladas se encuentran rodeadas de mar, lo que junto con ser motivo de preocupación, se presenta como una oportunidad para la comunidad científica.

DESARROLLO

1) Antecedentes.

Este trabajo abarca diferentes ámbitos de estudio, dentro de los cuales destacan: el tema energético referido a los combustibles fósiles, el uso del hidrógeno como portador de energía y las energías renovables eólica y solar.

La energía utilizada en el planeta proviene principalmente de la quema de combustibles fósiles. Si se analiza la frase recién expuesta resulta evidente que el agotamiento de éstos y la contaminación que genera su quema, presentan en la actualidad un problema que a la fecha no se ha encontrado una solución efectiva.

El 87% de la energía consumida por el mundo es suministrada por la combustión del carbón, petróleo y gas natural, de acuerdo al estudio realizado por la Agencia Internacional de Energía, IEA (por sus siglas en inglés International Energy Agency). Por otra parte, la misma IEA, en otro de sus estudios, ha concluido que la producción mundial de combustibles fósiles está declinando con el tiempo, situación que se indica en el gráfico 1-1, lo cual refuerza el hecho de que existe un problema a nivel mundial, el cual es que el petróleo se está agotando.

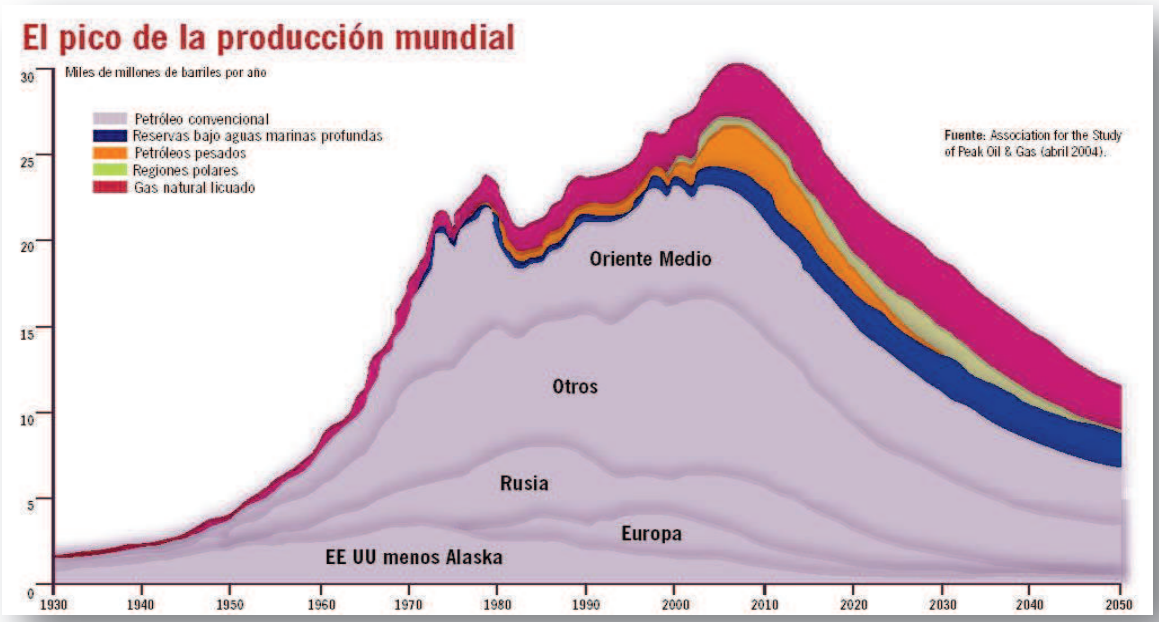


Gráfico 1 1: “Producción mundial de petróleo.” (1)

Ahora, si lo anterior se complementa con la información del gráfico 1-2 de la “International Agency Network”, se ve como la demanda de petróleo aumenta de manera sostenida y el suministro disminuye, lo cual permite darse cuenta del real problema existente; el petróleo se termina y la demanda aumenta.

El problema del agotamiento de los combustibles fósiles no es el único que agobia al planeta, existe un segundo tópico importante, la contaminación que produce la quema de los mencionados combustibles. La combustión de éstos emite gases, entre los cuales se encuentra el CO2. Estos gases son los causantes del conocido problema del calentamiento global, el cual entendemos como el creciente aumento de la temperatura terrestre a causa de la excesiva liberación de dióxido de carbono y otros gases que actúan al no dejar que la energía salga de la atmósfera. De esta manera, con cada emisión producida en la quema de combustibles se forma una capa de gases que impide a los rayos solares abandonar nuestra atmósfera.

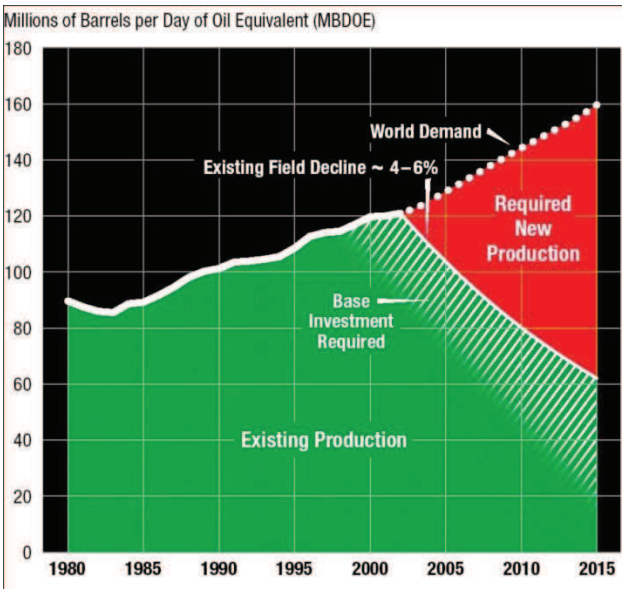


Gráfico 1 2: “Proyección de demanda v/s suministro de petróleo.” (2)

A medida que pasa el tiempo aumentan las actividades humanas que generan estos gases, agravando constantemente el proceso de calentamiento del planeta. El principal dato que mide esta problemática es la concentración de CO2, gas que impide la liberación del calor, y este aumenta de manera exponencial como se muestra en el gráfico 1-3, desarrollado por el Departamento de Energía de Estados Unidos (DOE).

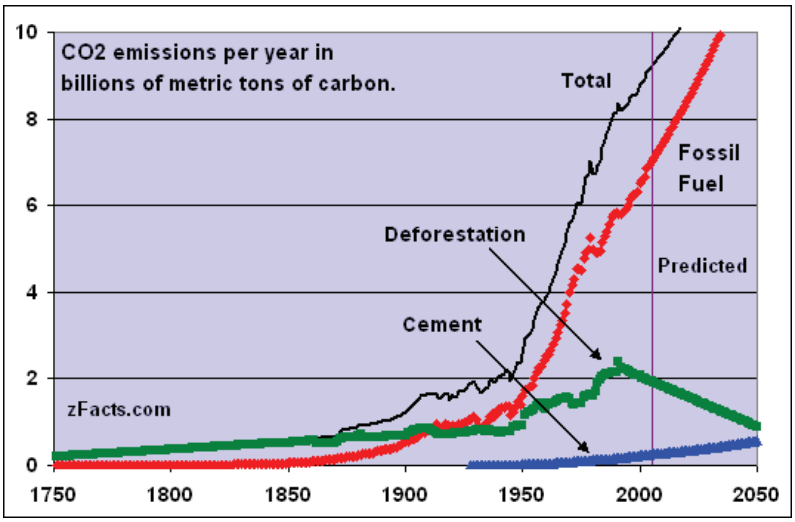


Gráfico 1 3: “Proyección mundial de emisión de CO2.” (3)

Los antecedentes indicados llevan a concluir una de las motivaciones de este trabajo, la necesidad de suplir el petróleo con otro tipo de combustible que no esté en vías de extinción ni contamine el medio ambiente.

El hidrógeno es un combustible en el que se están depositando muchas esperanzas y al que se está dedicando un gran esfuerzo investigador debido a que debiera, en un futuro, ser el reemplazante de los combustibles fósiles. Sin embargo, el hidrógeno no es un combustible más; por una parte tiene unas propiedades físicas y químicas diferentes de los demás combustibles; por otra, no es un recurso natural, es decir, no se encuentra de forma aislada en la naturaleza, sino que se encuentra combinado en otros compuestos, como en los hidrocarburos o en el agua.

El hidrógeno se tratará a partir de este punto como un vector energético, es decir, un portador de energía. Esto debido a que no es energía por sí sola, si no, que tiene la capacidad de generarla si es aplicado en un proceso adecuado como, por ejemplo, en las celdas de combustible.

Debido a que el gas no se encuentra en forma aislada en la naturaleza se generan tres inconvenientes; el primero, dicta relación con la manera de obtenerlo, segundo, la manera de almacenarlo y tercero, la manera de distribuirlo. Esto debido a sus propiedades químicas y físicas, las que se detallarán más adelante.

Por otra parte, el hidrógeno posee grandes ventajas en comparación con los combustibles fósiles, en los cuales se destacan: primero, la nula contaminación al medio ambiente, ya que su combustión origina calor y agua; segundo, que la energía liberada, al quemarse, es considerablemente mayor que el resto de los combustibles fósiles, siendo aproximadamente el triple por unidad de masa y, por último, que es el elemento más abundante del planeta. La desventaja, es que, es el gas más liviano existente, por lo que entrega menos energía por unidad de volumen almacenada. Lo anterior se indica en la tabla 1-1.

Combustible	Densidad [kg/m^3]	Energía almacenada		
		Por Volumen [kWh/m^3]	Por Volumen Normal [kWh/Nm^3]	Por Masa [kWh/Kg.]
H_2 líquido (1 bar;-252,8°C)	70,71	2375	3	33,59
H_2 gas (1 bar;25°C)	0,0889	3,02		
H_2 gas (300 bar;25°C)	20,55	690		
H_2 gas (700 bar;25°C)	47,96	1611		
Gas natural (1bar;25°C)	0,65	9,1	10	13,93
Butano líquido (25°C)	550	7000	33	12,73
Gasolina	750	9270	--	12,36

Tabla 5.9-1: "Comparación energética del hidrógeno"

En la actualidad los mayores problemas que tiene la utilización de hidrógeno como combustible son su forma de generarlo y su forma de almacenarlo, debido a su baja densidad y los gastos energéticos involucrados en los procesos asociados.

El hidrógeno se puede obtener de múltiples formas, las cuales se clasifican de acuerdo a la fuente de energía utilizada en su producción, como se muestra en la figura 1-1.

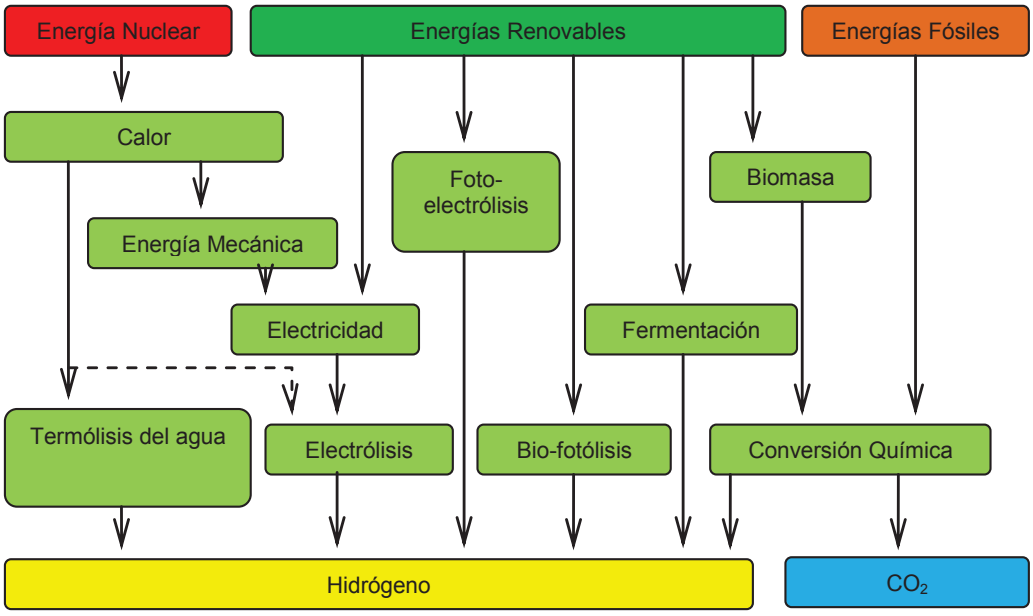


Figura5.9-8: "Procesos de producción de hidrógeno." (6)

En la actualidad la mayor cantidad de hidrógeno que se produce a nivel mundial es con reformado de gas natural, o conversión química, proceso que se explica más adelante, lo que se puede ver en el gráfico 1-4 y el proceso menos realizado que tiene como objetivo la producción del gas, es la electrólisis.

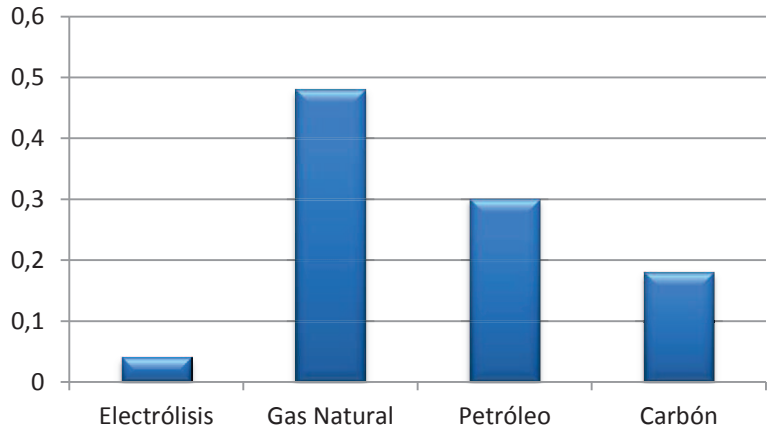


Gráfico 5.9-4: “Origen del hidrógeno producido en la actualidad.” (6)

Al igual como en los procesos de producción, existen varios procedimientos de almacenamiento de hidrógeno, que son como gas comprimido, hidrógeno líquido e hidruros metálicos. Estos métodos buscan poder almacenar la mayor cantidad de energía por unidad de volumen. Esto motiva a que el almacenamiento de hidrógeno sea un campo de investigación activo relacionado estrechamente con el avance de la tecnología de nuevos materiales.

En la actualidad el transporte y distribución de hidrógeno se realiza principalmente por medio de camiones, ferrocarriles o barcos en botellas presurizadas o depósitos criogénicos.

Una buena forma de analizar el transporte y distribución de hidrógeno es por medio del uso que se le dará. Lo anterior permite prever diferentes formas de distribución de hidrógeno.

En la actualidad las investigaciones para el uso de hidrógeno como combustible se centran en la forma de obtención del mismo, debido al alto consumo energético que esto supone. El uso del gas como combustible se hace insostenible cuando se

genera hidrógeno con la quema de combustibles fósiles, debido al balance energético desfavorable.

Las energías renovables en la actualidad son miradas como la gran solución a la actual situación de los combustibles, pero presentan una complicación. La energía que producen debe ser utilizada a medida que se genere, a diferencia de, por ejemplo, un motor generador, que es el controlador quien decide cuando ponerlo en servicio y tiene una elevada disponibilidad mientras haya recursos para ponerlo en marcha. En cambio, las energías renovables, hay que aprovecharlas a medida que estas estén disponibles y su disponibilidad no es controlable, solo previsible, a menos que se utilice un método de almacenamiento.

Por lo tanto la capacidad del hidrógeno de generar energía se presenta como la solución al uso de energía renovables al utilizarlas para la obtención del gas.

2) Requerimientos de una Planta de Hidrógeno.

Para el lograr identificar la idea se debe analizar el objetivo general y propósito del proyecto, las necesidades y las características del lugar geográfico, definiendo la idea de la siguiente forma:
“Una central de energía, generadora, almacenadora y abastecedora de Hidrógeno, capaz de auto-sustentarse mediante la interacción con fuentes de energía renovable y contar con el mantenimiento y automatización necesaria para lograr operar con una mínima dotación.”

A. Requerimientos.

Para cumplir con los objetivos planteados, la idea señalada en el punto anterior y satisfacer las necesidades generadas a lo largo de este trabajo, se establecen los siguientes roles que deberá cumplir la planta de hidrógeno.

- Rol Principal
  - Satisfacer los requerimientos de hidrógeno de una central.
- Rol secundario.

- Utilizar el oxígeno generado para los requerimientos de la zona.
- Servir de instrucción para personal especialista.
- Servir como imagen país.

Teniendo los roles definidos y ordenados según su prioridad se procederá a establecer los requerimientos de alto nivel (R.A.N.), que permitirán satisfacer la solución y cumplir los roles que se han identificado previamente. Los R.A.N. definirán a la solución en cuanto a sus características y su diseño, siendo un factor fundamental para la toma de decisiones al momento de buscar las alternativas que se ofrecen en el mercado.

a. Capacidades operacionales:
    - Generación.
        - La planta debe producir semanalmente, a lo menos, 750 KG. de H_2 o 550 KW.
        - El hidrógeno debe ser de una pureza igual o mayor a 99,99%.
    - Almacenamiento.
        - Poseer estanques que permitan almacenar un 5% más que la producción requerida, equivalente a 8.760 Nm^3 de H_2.
        - El hidrógeno restante a la necesidad corresponde a la reserva.
    - Distribución.
        - Poseer un sistema seguro de entrega de H_2.
    - Espacios requeridos.
        - 750 m^2 para instalaciones.
    - Dotación prevista y requerimientos de habitabilidad por categorías.
        - Personal a cargo no debe superar las 12 personas.
    - Normas militares, industriales u otras que deba cumplir.
    - Grado de discreción acústica.
b. Seguridad:
    - Cumplimiento de normativas vigentes en cuanto al uso de hidrógeno.
c. Generales:

- Características generales operativas y logísticas que no se pueden deducir de los roles, del escenario, ni de los otros aspectos mencionados.

Con los requerimientos de alto nivel definidos, se podrán evaluar los distintos procesos involucrados para la producción, almacenamiento y distribución del hidrógeno para el transbordador, satisfaciendo de esta forma el rol principal.

B. Selección del tipo de proceso.

Con el objetivo de seguir un método ordenado, a continuación mediante diferentes métodos de selección se definirán los distintos procesos involucrados en la Planta de Hidrógeno.

En párrafos anteriores se indicaron los diversos métodos existentes para la producción del gas, sin embargo, se debe seleccionar uno que cumpla con las necesidades y requerimientos expuestos en el principio de este capítulo. Para lo anterior describimos las razones por la cual debiera, o no, ser seleccionado o rechazado un proceso.
Se recordará, que la clasificación de los métodos de producción de hidrógeno fue realizada de acuerdo a la energía utilizada en su proceso. Por lo tanto, se tienen las tres fuentes primarias de energías; fósiles, nuclear y renovables. Lo que se realizará a continuación, será el análisis de los métodos en estos tres grupos.

I) Energías fósiles

En la actualidad se estima que sobre el 75% de hidrógeno es producido desde esta fuente de energía, a través de procesos tales como:

- Reformado.
- Pirólisis.
- Gasificación.

No obstante, estos procesos conllevan problemas de contaminación ambiental, como son; el efecto invernadero, el cambio climático y la contaminación del agua.
Los procesos de producción requieren más energía en la obtención de hidrógeno que la que el gas es capaz de generar como combustible, por lo que la utilización de combustibles fósiles en el proceso para crear otro limpio donde el balance energético es desfavorable, carece de sentido. Razón por la cual se descarta el uso de esta opción.

II) Energía nuclear.

Esta es una alternativa válida desde el punto de vista de la producción del gas, ya que la aplicación de altísimas temperaturas generará la separación de la molécula del agua obteniendo el átomo de hidrógeno. Esto tiene otros problemas asociados importantes, como son los de seguridad, la contaminación que produce una planta nuclear (desechos radioactivos), los costos asociados y un complejo escenario sociopolítico al que habría que enfrentar, además de ser una tecnología poco conocida en el país. También se descarta esta opción, debido a los altos costos asociados, los problemas sociopolíticos, los desechos radioactivos que se generan, los niveles de producción de hidrógeno requeridos y el tiempo estimado necesario para realizar un proyecto nuclear.

iii) Energías renovables.

La única alternativa que queda por analizar es la de las energías renovables, las cuales tienen ventajas en comparación con el resto como son la casi nula contaminación en la mayoría de sus casos, que son fuentes de energía prácticamente ilimitadas y una vez realizada la inversión inicial no se requiere de grandes recursos para su mantención y operación. Dentro de sus desventajas se destaca, aunque menor a la nuclear, el alto costo inicial asociado a las instalaciones y en algunos casos la disponibilidad del recurso (viento, sol, agua, etc.).

Por lo tanto se tiene que el proceso de obtención de hidrógeno a través de energías renovables es un proceso limpio utilizando fuentes de energía como la solar, la

biomasa, hidráulica, eólica y mareomotriz entre otras. Considerando lo requerido, el enfoque se centraliza en la obtención del gas con energía eólica y/o solar, dejando el resto de energías renovables, ya que se considera que su nivel tecnológico alcanzado en la actualidad no es el adecuado.

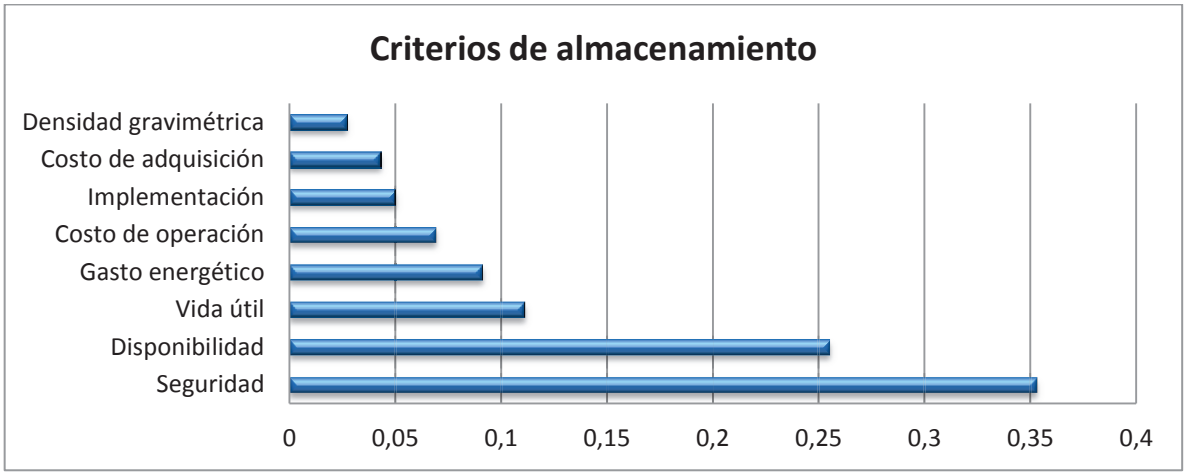
Al evaluar estos dos tipos de energías renovables y considerando los R.A.N.(los que dependerán de cada tipo de proyecto), con el hecho de que este tipo de estación está concebida para lugares aislados como una isla en este caso, en donde el espacio para una planta solar fotovoltaica es limitado, la elección entre energía solar o eólica será la de utilización de la segunda.

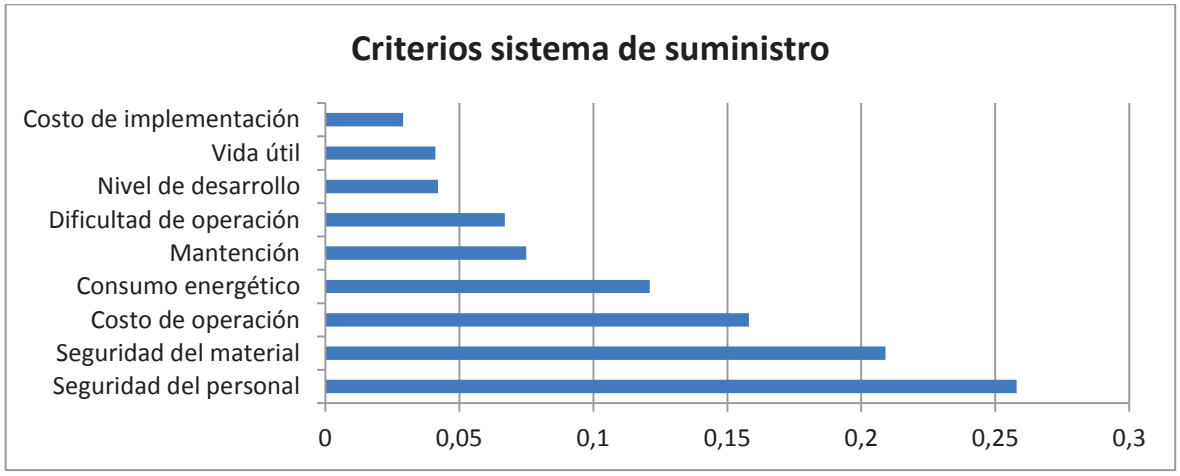
En la actualidad el proceso más eficiente conocido que utiliza las fuentes descritas en el párrafo anterior es conocido como “Electrólisis”, que consiste en la disociación de la molécula de agua en dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno mediante una descomposición electroquímica.

Además este es el único proceso que utiliza energías renovables que se lleva a cabo comercialmente, el resto siguen en etapa de investigación o estudio para aumentar su eficiencia.

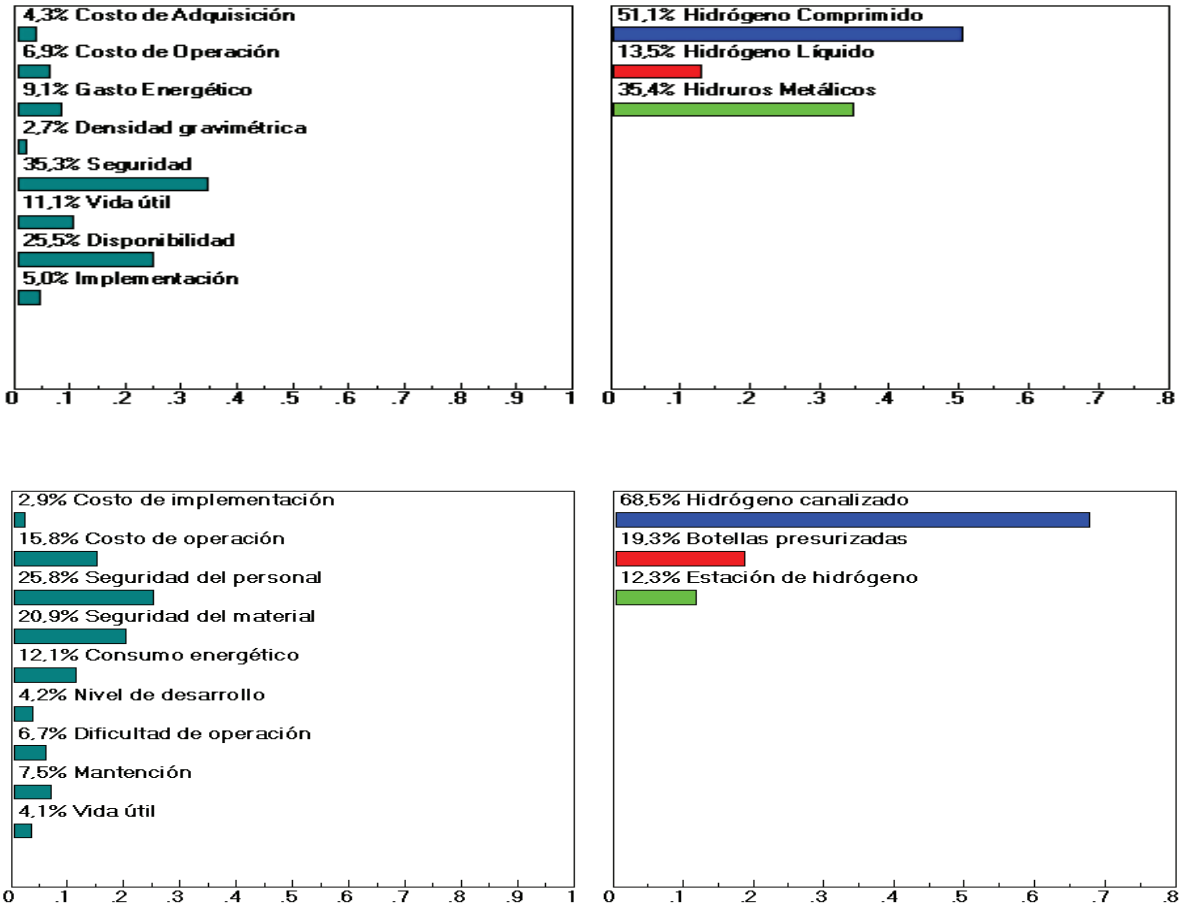
C. Selección del tipo de almacenamiento y suministro

Como se explicó existen varios procedimientos para el almacenamiento de hidrógeno, los que en general se enfrentan con el mismo problema que es la baja densidad del hidrógeno y los riesgos que implica su manejo, por lo que para definir el tipo de almacenamiento y suministro más conveniente, se utilizarán los siguientes criterios de selección que se agruparon en tres áreas generales: económicos, operacionales y logísticos, los cuales se ponderaron para lograr la evaluación de la mejor alternativa. Cabe destacar la ponderación dependerá del objetivo del proyecto.





Para el siguiente análisis se utilizarán, como alternativas, tres formas de almacenamiento y suministro. La toma de decisiones se elaborará con un software diseñado para este propósito, cuyo nombre es “Expert Choice”. Este permite elaborar modelos de decisión mediante una ponderación que permite establecer y evaluar los criterios bajo un factor común de evaluación, en donde, luego de realizada la ponderación de cada criterio mediante encuestas, el programa obtiene la mejor solución. Esto se logra al comparar los distintos criterios ponderados con las alternativas propuestas como posibles soluciones.



Debido a la falta de experiencia en el manejo del hidrógeno que existe en Chile, se buscó personas especialistas en áreas de la ingeniería y con experiencia tanto en proyectos innovadores como en el sistema institucional.

Como se aprecia en el análisis efectuado en Expert Choice, la mejor alternativa es el almacenamiento del hidrógeno como gas comprimido, obteniendo un 51,1% de ponderación y que el hidrógeno canalizado es la mejor opción de suministro con un 68,5% de la ponderación.

3) Procesos seleccionados

Considerando los fabricantes de electrolizadores, se encuentran 3 empresas reconocidas a nivel mundial. Las cuales fueron elegidas para realizar el análisis de la selección del electrolizador.

Se determinó que la mínima generación total de hidrógeno debe ser 99,4 Nm3/hr. Esto corresponde a que el tiempo promedio de funcionamiento de un aerogenerador es de 12 horas al día.

Los parámetros que se determinaron que debe cumplir el o los electrolizadores son:

- La pureza mínima debe ser 99,99%.
- La presión de salida debe ser la máxima, lo que permite menor gasto de energía en proceso de compresión para almacenaje.
- El consumo eléctrico debe ser mínimo, lo que permite menor capacidad de los aerogeneradores y por ende menor costo de instalación y operación.
- Que tenga el menor porcentaje de agua de consumo, para bajar los costos asociados.
- Que el líquido empleado para refrigerar sea agua, este factor no es determinante pero si a considerar debido a la mayor complejidad y costos asociados al uso de un refrigerante.
- Que el sistema de control utilice el concepto de “maquinaria no atendida”, o sea 100% de automatización.

Luego se utilizó el programa “Microsoft Excel” y su herramienta de optimización “SOLVER”, para determinar la mejor combinación de electrolizadores de acuerdo a los requisitos establecidos en párrafos anteriores, arrojando como resultado que la mejor combinación es la utilización de 2 electrolizadores de 60 Nm3/Hr. Lo anterior implica que la planta gastará 2,16 toneladas de agua diarias, por lo que se decidió asegurar una disponibilidad de 2,4 toneladas en un estanque.

Es importante evaluar el consumo de agua, debido a que finalmente ésta será la fuente de energía, más aun si no se tiene una fuente natural de obtención de agua, en dicho caso se debe considerar una Planta de Osmosis Inversa para obtener agua desde el mar por ejemplo. Lo anterior es una de las grandes ventajas del proyecto ya que permite contar con una fuente inagotable de almacenamiento y producción de energía.

Para realizar este cálculo se realizaron una serie de cálculos lo que se sintetizan en la siguiente tabla con los consumos conocidos y otros estimados.

Sistema	***Consumo en KW.***
Planta electrolizadora	*486,67*
Bombas de agua	*1,1*
Compresor	*27,42*
Iluminación	*1*
Sistema de control	*2*
Total	***518,19***

Tabla de consumos eléctricos.

Conociendo este total se podrá trabajar en la fuente de energía primaria, la cual deberá asegurar un suministro de corriente que permita generar 520 KW de potencia durante todo el año.

La manera seleccionada de suministrar hidrógeno a la unidad es a través de cañerías especiales que lleven el hidrógeno desde la estación generadora hasta los estanques de almacenamiento y luego otro sistema de cañerías para entregar el hidrógeno a la unidad.

Existen tres consideraciones importantes que se debe conocer para la instalación de un sistema de este tipo:

1- Los altos costos de inversión inicial: La transmisión vía cañerías ofrece una importante ventaja económica y técnica, una vez instaladas, al ser comparada con otros métodos. Sin embargo, esto requiere altos costos iniciales de inversión. Por tanto la decisión de usar este sistema dependerá del largo de las cañerías a utilizar. Los compuestos utilizados actualmente tienen un costo de 400.000 dólares por cada milla.

2- El material a utilizar, debido a la fragilización producida por el hidrógeno a cañerías de acero: la construcción de las cañerías requiere aleaciones especiales que impidan la fragilización de las mismas debido a la presión

del hidrógeno, además de impedir su filtración. El compuesto usado hoy en día es una polímero de fibra reforzada y consiste en:

- Un tubo barrera interior no permeable.
- Una capa protectora sobre el tubo barrera.
- Capas de aleaciones de fibra de carbono.
- Una capa de barrera exterior
- Una capa protectora exterior

3- Filtraciones de hidrógeno y sensores de monitoreo: debido al tamaño de la molécula de hidrógeno y su rápida difusividad entre los materiales se debe tener especial cuidado con el material a usar, objeto impedir este problema. Se debe instalar un sistema de control en la línea de cañerías para monitoreo.

4) Integración de la Planta.

En los puntos anteriores se seleccionó y analizó la planta productora del gas, su forma de almacenamiento y su manera de distribución. Con esto se logró determinar que la potencia requerida para el funcionamiento de la estación es de 520 KW aproximadamente. Aunque se determinó el uso de energía eólica anteriormente, cabe realizar determinar las razones de dicha elección, las que se presentan a continuación:

1- El sistema estudiado es un sistema considerado como grande en cuanto a la cantidad de energía consumida, por lo que la instalación de uno o varios aerogeneradores es más eficiente como se señaló en el capítulo cuarto.

2- La Planta requiere de grandes cantidades de energía, lo que un arreglo fotovoltaico no es capaz de suplir a no ser que se instalen grandes cantidades de paneles, además de necesitar una gran superficie terrestre.

3- En instalaciones fotovoltaicas aisladas de la red y sobre 120 KW se necesitan inversores especiales.

4- El viento mínimo promedio en el área donde se instalarán los aerogeneradores es de 5 m/s, siendo esta velocidad en un solo período.

El resto del año la velocidad promedio es siempre mayor, como se verá más adelante.

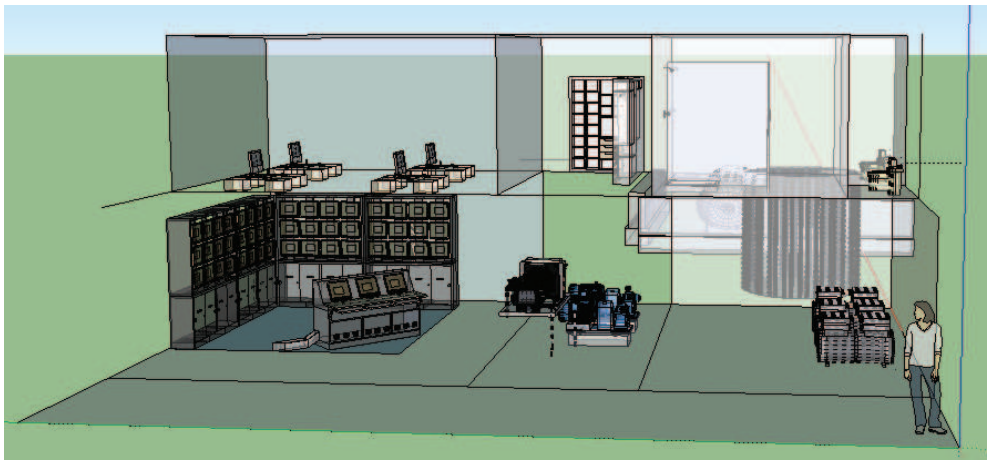
5- Existe mayor disponibilidad de viento en la zona que de radiación solar.
6- Es considerablemente más bajo el costo de inversión de un parque eólico que un arreglo fotovoltaico para una misma cantidad de energía generada.

La potencia recién señalada se utilizará para seleccionar la fuente de energía primaria a utilizar para suministrar de electricidad a la estación generadora de hidrógeno.

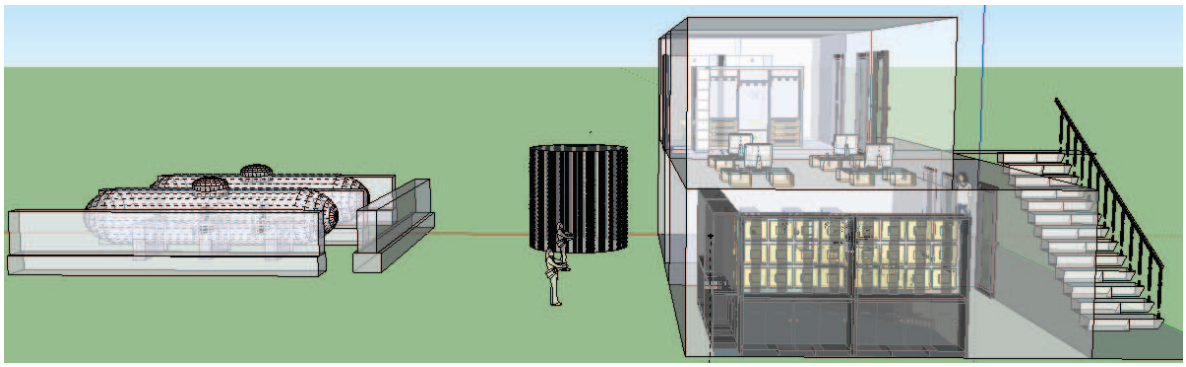
Luego de obtener los requerimientos energéticos se debe integrar el proyecto eólico con el estudio de la planta de generadora de hidrógeno logrando determinar el flujo de trabajo, desde el aprovechamiento del recurso eólico hasta la entrega de hidrógeno, pasando por la generación de energía, la producción del gas, su almacenamiento y el suministro.

Además se deben considerar la seguridad necesaria de implementar la cual por razones obvias dependerá del método de producción, almacenamiento y manipulación del hidrógeno.

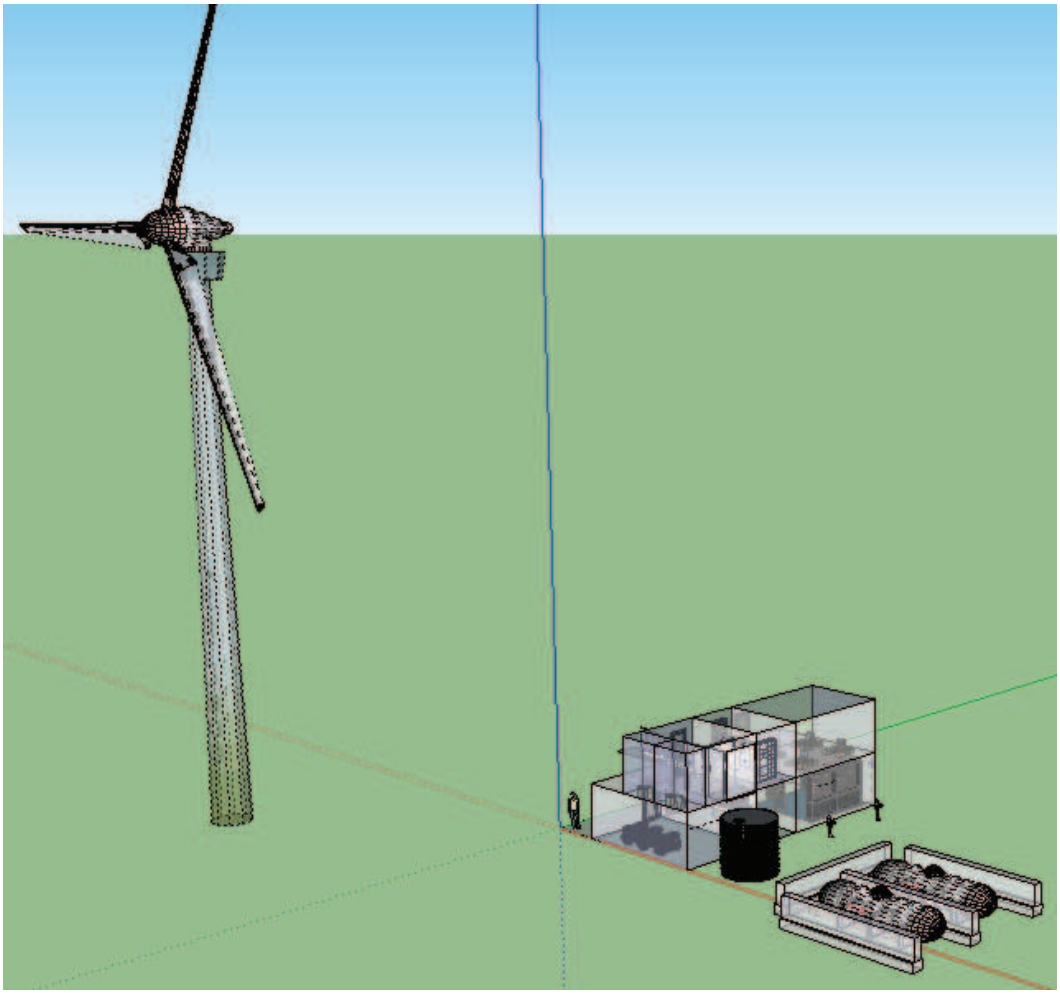
Debido a las diferencias en cuanto a costo de combustible entre los distintos países de América resulta poco efectivo realizar análisis económicos ya que estos dependerán de las legislaciones propias de cada país en cuanto la inversión que está dispuesta a subvencionar cada estado en energías renovables.



“Vista lateral de la planta de hidrógeno.”



“Vista frontal de la planta de hidrógeno.”



“Vista general de la estación de hidrógeno.”

CONCLUSIONES

1. En la actualidad existe la tecnología para desarrollar una planta que genere hidrógeno y pueda abastecer
2. El estudio de las tecnologías asociadas al uso de hidrógeno como combustible tiene en la actualidad una alta importancia y son numerosas las instituciones, tanto gubernamentales como civiles, que están inyectando grandes cantidades de recursos para su investigación debido al convencimiento existente de que este gas debiera ser el combustible del futuro.
3. Se realizó un balance económico que permitió verificar lo presumido, que en la actualidad el hidrógeno no es competitivo económicamente frente al petróleo o sus derivados y que es necesario más investigación y/o nuevas tecnologías que permitan un proceso de generación, almacenamiento y distribución del gas en forma más eficiente.
4. Con la utilización de hidrógeno para generar energía se soluciona el problema de disponibilidad de las energías renovables, al utilizarlas como fuentes de energía primaria para la disociación del agua y obtención de hidrógeno.
5. Para proyectos en la zona de estudio y donde se desee utilizar grandes cantidades de energía y exista el recurso eólico disponible, es siempre conveniente usar esta tecnología. La energía solar sólo se debiera usar como complemento.

BIBLIOGRAFÍA

1. **Energy, Internatinal Agency of.** www.peakoil.net. *Association for Study of Peak Oil & Gas.* [En línea] Abril de 2004.
2. **Exxon Mobil.** exxonmobil. [En línea] 2008. http://edicion4.com.ar/e4blog/?tag=escasez.
3. **Energy, U.S. Departament of.** http://www.eere.energy.gov. [En línea]
4. **Energía, Comisión Nacional de.** Guía para la evaluación ambiental. *Proyectos Eólicos.* [En línea] 2006. http://www.cne.cl/cnewww/export/sites/default/05_Public_Estudios/descargas/GUIA_EOLICA.pdf.

5. **Barreras, Mario Aguer Hortal y Ángel L. Miranda.** *El Hidrógeno, Fundamento de un futuro equilibrado.* Díaz de Santos. 2007. ISBN.
6. **Linares Hurtado, José Ignacio y Moratilla Soria, Beatriz Yolanda.** *El hidrógeno y la energía.* Madrid : Universidad Pontificia Comillas;Asociación Nacional de Ingenieros del ICAI, 2007.
7. **Universidad de la Laguna.** Servicio de Tecnologías de la Informacion y la Comunicacion STIC. *Producción y Almacenamiento de Hidrógeno.* [En línea] www.webpages.ull.es.
8. **Hammerschmidt, Peter Hauschildt y Albert.** *Naval Forces, Mönch Publishing Group, Bonn, Germany, edition No. 5.* [En línea] Octubre de 2003. http://hydrogencommerce.com/index16.htm.
9. *Fundación para el Desarrollo de las Nuevas Tecnologías del Hidrógeno en Aragón.* **Elu, Leire Romero.** 2007.
10. **Linde Group.** *Presentación.* [Documento] Concon : s.n., 2010.
11. **Varma, Ravi.** Energias Renovables. [En línea] 2010. http://www.renovables-energia.com/2009/07/partes-de-un-aerogenerador/.
12. **Wien, Ton van der Wekken y Fred.** Introducción a la energía eólica. [En línea] Diciembre de 2009. www.leonado-energy.org/español/12/introduccion-a-la-energia-eolica.
13. **Energy Spain.** Energy Spain Alicante. [En línea] 2010. http://www.energy-spain.com/energia-eolica.
14. **Danish Wind Industry Association.** www.windpower.org. *wind know-how.* [En línea] 2011. http://www.motiva.fi/myllarin_tuulivoima/windpower%20web/es/tour/wres/index.htm.
15. *La Revolución Solar.* **National Geographic.** 3, Nueva York : s.n., Septiembre 2009, Vol. 25.
16. **INNOVACHILE-CORFO.** *Estudio de Energías Renovables no Convencionales.* Santiago : s.n., 2009.
17. *Proyectos ERNC.* **Colegio de Ingenieros de Chile.** 195, Santiago : s.n., 2010.
18. **MINENERGIA / GEF / PNUD / CDT.** *Sistemas Solares Térmicos II.* Santiago : s.n., 2010. Guía.

19. **Sarmiento Martínez, Pedro.** *Energía Solar, Aplicaciones e Ingeniería.* Valparaíso : Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, 2009. Vol. IV.
20. **Dirección General de Industria, Energía y Minas.** *Guía de la Energía Solar.* Madrid Solar. Madrid : s.n., 2006. Guía.
21. **Velasco, Oscar.** Seminario de Sistemas Fotovoltaicos. *Diseño, Operación y Mantenimiento.* [En línea] 17 de Marzo de 2011. http://www.leonardo-energy.org/espanol/03/seminario-fotovoltaica-26-construccion-y-puesta-en-marcha.
22. **itpower.** Investigations on Storage Technologies for Intermittent Renewable Energies. *electrolyser.* [En línea] http://www.itpower.co.uk/investire/pdfs/electrolyser.pdf.
23. **Hydrogenics.** Industrial%20brochure%20HD_spanish[1].pdf. [En línea] 2011. www.hydrogenics.com.
24. **PROVENER.** www.provener.com. *Productos utilizados en estaciones de medición de viento.* [En línea]
25. **International Energy Agency.** [En línea] 2009. www.iea.org.
26. **Australian Government, Department of Energy.** Hydrogen Technology Roadmap. *www.iea.org.* [En línea] 2008.
27. **Department of Energy.** Hydrogen Program. [En línea] [Citado el: 15 de 09 de 2010.] http://www.hydrogen.energy.gov/annual_review09_report.html.

Impacto do nível de serviço portuário nas emissões atmosféricas dos navios

Dr. Newton Narciso Pereira
e-mail: newton.pereira@usp.br
MSc. Daniel de Oliveira Mota
email: danielmota@usp.br
Marcos Nogueira
e-mail: marcos.nogueira1@gmail.com
Dr. Rui Carlos Botter
e-mail: rcbotter@usp.br

Departamento de Engenharia Naval e Oceânica da Universidade de São Paulo
Endereço: Av. Prof. mello Moraes, 2231, sala A-15, São Paulo, SP, Brasil, CEP 05508-900
Telefone: +55-11-3091.1724
FAX: +55-11-3091.5717

RESUMO

Este artigo estima o volume de emissões atmosférica geradas na área de espera e no berço dos navios que atracaram no porto de Santos no período de 2007 a 2011. Nós desenvolvemos um procedimento chamado linha de tempo do navio no porto. Foi analisado o comportamento dos navios no porto desde sua chegada até sua saída. Este método busca avaliar o nível de serviço (tempo em fila e tempo de operação) oferecido pelo porto aos navios. Nós concluímos que os navios emitem mais poluentes na área de fundeio enquanto esperam para atracar. Isto mostra que uma melhoria no nível de serviço oferecido pelo porto está diretamente relacionada à quantidade de emissões atmosférica gerada no seu entorno. Atualmente, cogita-se que a instalação de planta shore-power é a melhor opção para redução das emissões nos portos. Este estudo mostra que investir em infraestrutura para reduzir

a fila de navios trará uma contribuição mais eficiente para portos com baixo nível de serviço.

INTRODUÇÃO

A atividade portuária é classificada como poluidora (Conama, 1997) sendo a principal fonte de poluição ambiental costeira em áreas urbanas (Bailey e Solomon, 2004; United Nations, 1994).

Com o mundo cada vez mais globalizado, em que o transporte marítimo é responsável por 80% de toda a movimentação de carga global (UNCTAD, 2009), os portos passaram a ter um papel muito importante na cadeia logística. Assim, busca-se cada vez mais que os portos sejam eficientes. As principais componentes do nível de serviço de terminais portuários é a fila média de navios, o tempo médio em fila e a taxa de ocupação de berços (Pereira and Brinati, 2012; Unctad, 1985;)

Do ponto de vista ambiental, o transporte marítimo é responsável por 3,3% das emissões globais de CO_2 (Lindstad et al., 2011). Eles impactam na formação de gases de efeito estufa "Greenhouse Gas" e influenciam nas mudanças climáticas globais (Psaraftis e Kontovas, 2010), além de outros componentes tóxicos produzidos pela queima do combustível dos navios como NOx, SOx e Material Particulado- PM (Liesbeth et al., 2008).

As emissões de CO_2 geradas pela frota mundial comercial foram estimadas (Psaraftis and Kontovas, 2009). A principal contribuição em volumes de emissões foi gerada pelos navios de Post Panamax. Esses navios navegam em altas velocidades e, nesta condição, emitem mais poluentes em relação aos outros navios, em menores velocidades (Lindstad et al., 2011). Essa constatação tem levado ao desenvolvimento de políticas de redução de velocidade dos navios para redução de emissões durante a navegação e durante sua estada no porto (Lindstad et al., 2011).

Nos últimos anos tem sido dada uma atenção grande em relação à pluma de emissões dos navios gerada ao redor dos portos (Isakson et al., 2001, Eyring et al.,

2007; Davis et al. (2001). A pluma de exaustão de gases dos navios contribuem substancialmente para a piora da qualidade do ar nas cidades no entorno causando sérios problemas de saúde e ao meio ambiente (Dabdub et al., 2011). A titulo de exemplo, a medição realizada no porto de Göteborg mostrou que o nível de vanádio era 3 vezes maior do que os níveis regionais (Isakson et al., 2001).

A busca dos países desenvolvidos para redução das emissões atmosféricas dos navios tem levado ao desenvolvimento de soluções tecnológicas que podem ser utilizadas nos portos. A mais notória solução é a shore-power ou cold-ironing (Dev Paul e Ben Chavdarian, 2009). Outra linha que tem sido proposta é a Advanced Maritime Emissions Control System (AMECS) que consiste da utilização de filtros para captação das emissões dos navios (Fournier, 2006).

Com o crescimento econômico do país, muitos desses portos marítimos existentes fizeram investimentos em retroárea, equipamentos e acessos, tendo como consequência um aumento nos volumes de cargas movimentadas anualmente.

As obras de acesso marítimo também permitiram aumentar o tamanho dos navios recebidos nos portos brasileiros. Uma vez que o porto marítimo é o elo entre os modais terrestre e aquaviário que interage diretamente dentro da cadeia de suprimentos, propiciando a chegada, armazenamento e despacho de cargas.

A proposição da instalação de estações shore-power em terminais portuários deve ser avaliada em função dos pontos críticos de emissões nos portos. Embora, o controle das emissões oriundas dos navios tenha sido amplamente discutido em países do primeiro mundo, é importante avaliar sua aplicabilidade em países em desenvolvimento. Os portos em países em desenvolvimento ainda não atingiram o mesmo nível de serviço que os portos europeus. Muitos portos ainda apresentam elevados tempos em fila dos navios e elevadas taxas de ocupação dos berços, que induz elevados tempos de espera para atracação e operação. Consequentemente, baixos níveis de serviço tem um reflexo significativo no volume de emissões atmosféricas gerados pelos navios nos portos.

Para avaliar esse impacto do nível de serviço associado ao volume de emissões geradas, foi avaliada a Linha de Tempo do Navio - LTN. Esta avaliação busca identificar de maneira discreta os tempos de cada evento que ocorre com o navio desde sua chegada até sua saída do porto. Assim, consideram-se todos os movimentos dos navios desde a chegada à barra, o instante do Notice Of Readiness - NOR, a entrada do prático a bordo, manobra de acesso ao canal, manobra de atracação, tempo de pré atracação, operação, pós-operação, desatracação e navegação de saída pelo canal. As estimativas de emissões concentram-se nos navios graneleiros, pois foram os que apresentam elevados tempo em fila antes da atracação no porto de Santos.

ÁREA DE ESTUDO

O porto de Santos é o maior porto da América Latina e movimentou aproximadamente 97,12 milhões de toneladas em 2011 (Codesp, 2012). Existem mais de 50 berços de atracação junto a diversos terminais portuários ao longo do canal de acesso ao porto que estão localizados na sua margem esquerda e direita. O porto de Santos é um porto público que concentra diversos terminais responsáveis por movimentar inúmeros tipos de cargas. Alguns destes terminais são públicos e outros estão arrendados.

O atual canal de acesso ao porto de Santos tem uma extensão de 11 km de cais acostável nas duas margens do estuário. Sua largura é variável de 150 m a 300 m devido à matriz dimensões x tráfego. Existem variados obstáculos, naturais ou não, no estuário (rochas de Teffé, Itapema e Barroso, casco soçobrado do navio Ais Georgis, fundações da Torre Grande e outros). Em consequência, o canal atual é restrito a determinados cruzamentos, afetando diretamente no tempo de espera das embarcações.

METODOLOGIA

Nosso interesse foi identificar como os níveis de serviços (tempo em fila e tempo de operação) podem impactar no volume de emissões dos terminais portuários. Esse

deve ser um critério importante para avaliarmos a aplicabilidade do uso de shore-power energia em portos em função do seu nível de serviço. Para avaliar esse impacto, nós desenvolvemos um procedimento de análise do comportamento dos navios no porto chamado Linha de Tempo do Navio - LTN.

Esta avaliação busca identificar de maneira discreta os tempos de cada evento que ocorre com o navio desde sua chegada até sua saída do porto. Assim, consideram-se todos os movimentos dos navios desde a chegada à barra, o instante do Notice Of Readiness -NOR, a entrada do prático a bordo, manobra de acesso ao canal, manobra de atracação, tempo de pré atracação, operação, pós-operação, desatracação e navegação de saída pelo canal.

Por meio da LTN de navios que atracaram no porto é possível determinar o tempo médio de estadia destes no berço e no porto. A linha de tempo está esquematizada na Figura 1.

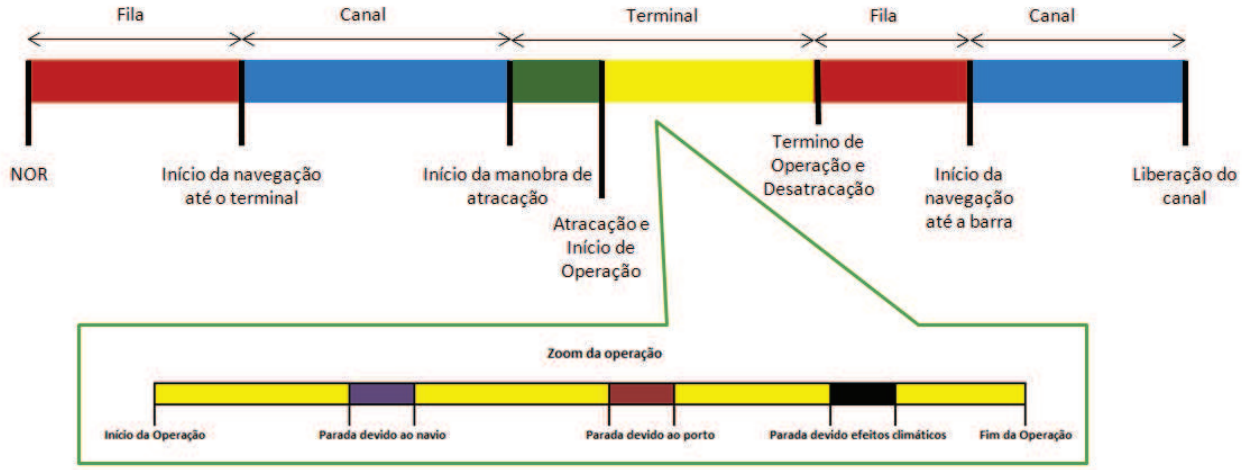


Figura 9 - Conceito de linha de tempo do navio

Em relação aos tempos que compõem a LTN cabem as seguintes considerações: (a) tempo em fila: Início da manobra de atracação - NOR, estimado em dias; (b) manobra de acesso ao canal: nós consideramos um tempo médio de 1,5 horas para a manobra de atracação dos navios; (c) tempo de pré-operação: é o tempo gasto pelos navios para fazer a abertura dos porões, entregas de documentos até o inicio da operação; (d) tempo de operação no berço: desatracação - atracação, tempo estimado em dias; (e) tempo de pós-operação: foi considerado um tempo médio de 1

hora até a desatracação do navio; (f) tempo de navegação de saída: consideramos um tempo médio de 1,0 horas para a manobra de saída dos navios; (g) tempo de estadia: tempo total do navio considera o tempo de desatracação - NOR, considerando o tempo de saída pelo canal.

O tempo de operação considera as diversas paradas que ocorrem durante a operação dos navios no berço. Em virtude da falta de dados, nós consideramos apenas o tempo médio global de berço.

Nós analisamos uma base de dados dos navios que atracaram no porto de Santos durante o período de 2007-2011. Foram analisados os dados relativos a 29.439 navios, de três classes de navios representativas: porta contêineres, tanques e graneleiros. Foi analisado um universo de 22.749 navios, que representam 78% de toda movimentação do porto de Santos. Optou-se por apresentar neste estudo apenas a classe de navios que apresentar maior representatividade nas emissões de poluentes no porto de Santos.

A partir dos dados coletados nós representamos a linha de tempo desses navios com o objetivo de identificar o tempo médio em fila de cada classe, bem como a estadia média nos berços. O objetivo desta análise é identificar quais são os tempos operacionais destes navios e confrontar o tempo em fila versus o tempo no berço. Uma vez comparado esses valores, pode-se estimar as emissões geradas nas duas condições, em fila na área de fundeio e no berço.

CÁLCULO DAS EMISSÕES ATMOSFÉRICAS DOS NAVIOS

O cálculo das emissões dos navios consideraram as seguintes emissões CO_2, NO_x, SO_x e Material Particulado com base nos fatores de emissões proposto por (Tzannatos, 2010). As emissões foram estimadas pela multiplicação do consumo de MDO por dia pelos respectivos fatores de emissões de cada tipo de navio (Oxbøl e Wismann, 2003).

Essas emissões foram estimadas em duas condições distintas: (1) emissões geradas enquanto em fila na área de fundeio. Isso é uma função do tempo médio de espera dos navios para atracar no porto, das suas respectivas classes, das características de potência instalada dos navios e dos fatores de emissões para os componentes; (2) emissões geradas no berço durante o uso das máquinas auxiliares.

O consumo médio de MDO por navio foi estimado por meio de consultas realizadas a armadores de navios no porto de Santos. Além disso, foram consultados dados públicos de consumo de navios para as classes selecionadas. Em função do consumo médio em toneladas por dia, nós estimamos os volumes de emissões para cada um dos componentes da queima do combustível. Uma vez mapeado cada ponto de emissão, foi possível determinar onde são os pontos críticos das emissões em relação ao porto de Santos. Essa avaliação mostrou onde deverão ser focadas as atividades para redução das emissões atmosféricas globais geradas no entorno do porto.

RESULTADOS

A Tabela 1 mostra as diversas classes de navios que atracam no porto de Santos nos últimos anos. Embora o número de navios porta contêineres seja mais representativo que as outras classes, estes têm regimes de janelas operacionais diferentes das outras classes. Deste modo, tendem a ficar menos tempos em fila em relação aos outros navios. Efeito análogo ocorre em relação aos tempos de operação nos berços.

Tabela 1 - Número de atracações no período de 2007 a 2011 no Porto de Santos

Descrição	2007	2008	2009	2010	2011	Total geral	%
Porta contêineres	2,706	2,691	2,635	2,577	2,661	13,270	45%
Graneleiros	973	1,010	1119	1,219	1,169	5,490	19%
Petroleiros	755	816	813	798	807	3,989	14%
Carga comum	588	618	638	602	548	2,994	10%
Roll-On/ Roll-Off	397	403	313	348	384	1,845	6%

Passageiros	199	225	302	335	301	1,362	5%
Gás liquefeito	73	49	54	39	38	253	1%
Guerra	37	45	22	27	22	153	1%
Outros	3	10	5	11	15	44	0%
Draga		1	1	5	9	16	0%
Químicos					9	9	0%
Oceanográficos	3	4	1			8	0%
Frigoríficos	1	2	1			4	0%
Lash				2		2	0%
Total geral	5735	5,874	5,904	5,963	5,963	29,439	

Por outro lado, verificamos que os graneleiros são mais afetados em função do nível de serviço oferecido pelos terminais. Por isso, será dada ênfase neste estudo somente aos navios graneleiros. As Figuras 3 e 4 mostram as distribuições de tempos de espera e operacionais dos navios do período de 2007 a 2011.

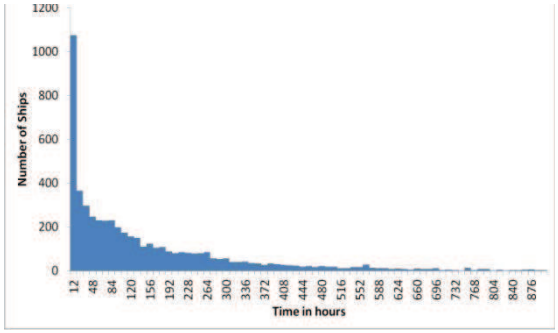


Figura 10 - Tempo em fila dos navios que chegaram ao porto de Santos no período de 2007 a 2011

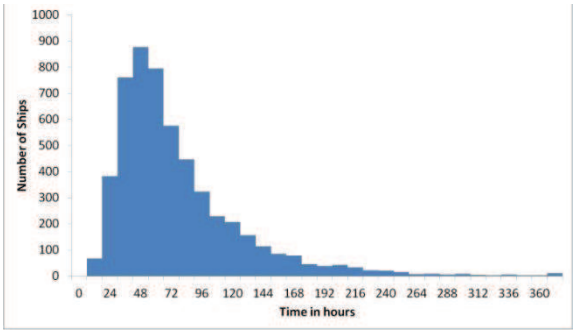


Figura 11 - Tempos operacionais dos navios no porto de Santos no período de 2007 a 2011

O tempo médio de espera em fila foi 156,51 horas. Aproximadamente 3.936 navios que representam 73,17% da amostra ficaram mais de 24 horas aguardando em fila para atracar no porto. Verificou-se que 128 navios ficaram mais de 1.000 horas para atracar no porto. Os motivos relacionados a essa espera elevada não foram revelado. Contudo, não é possível afirmar que essa espera elevada seja algum erro de apontamento, pois esses valores foram observados. O tempo médio operacional foi 71,42 horas com desvio padrão de 52,03. Esse é o tempo estimado em função do

tempo de permanência dos navios nos respectivos berços para as diversas classes de navios que operaram no porto de Santos no período.

As emissões dos navios foram estimadas considerando duas condições de operação: (1) durante sua espera na fila; (2) durante o tempo de operação no berço. Nós consideramos apenas as emissões geradas pelo consumo de MDO, durante o serviço de hotel dos navios. Nossa estimativa de consumo tomou como base o consumo médio de 4 toneladas por dia de MDO para todas as classes de navios. Durante a investigação nós identificamos que o consumo pode variar entre 3 a 5 toneladas dia, em função do perfil de operação. Por exemplo, no caso de navios porta contêineres existe um consumo adicional em função dos contêineres refrigerados a bordo. No caso dos navios tanques, quando atracados eles devem utilizar equipamentos para gerar vapor, bem como as bombas de carga e de lastro. No caso dos navios graneleiros, quando atracados podem utilizar os guindastes de bordo, o que pode causar aumento do consumo de MDO. Deste modo, o consumo médio de 4 toneladas por dia foi considerado como razoável para a estimativa do impacto gerado na área portuária.

Os navios graneleiros apresentam um comportamento preocupante em relação aos níveis de emissões. Pelos gráficos, observa-se que o volume gerado pelas emissões na área de espera é muito maior em relação ao gerado no porto. Isso se deve ao tempo de espera para atracar ser elevado. Nossa estimativa mostra que o volume total de emissões foi de 100% maior em relação às emissões geradas no porto.

Todas as outras fontes de emissões advindas das operações portuárias como os caminhões velhos, rebocadores, locomotivas, veículos de passeios, empilhadeiras, equipamentos de movimentação, a poluição devida a congestionamentos na entrada do porto e emissões industriais não foram consideradas.

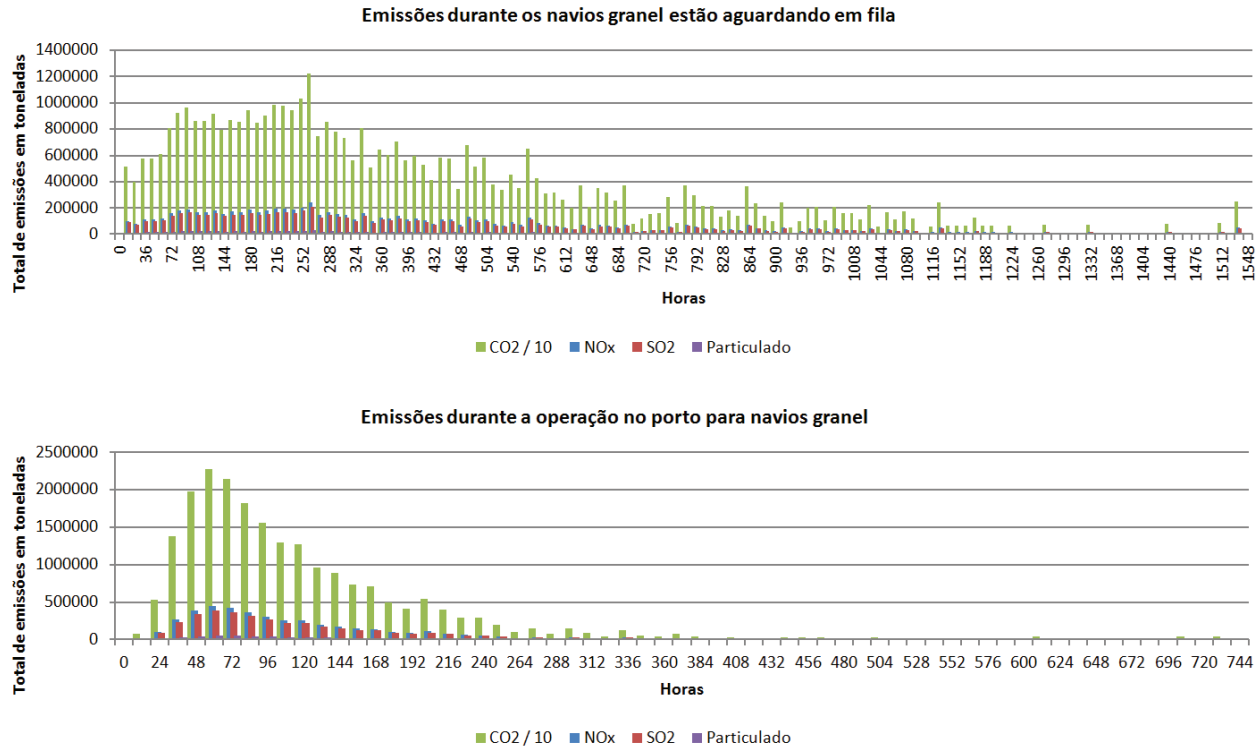


Figura 12 - Estimativa de emissões de poluentes gerados pelos navios graneleiros no entorno do porto de Santos

CONCLUSÕES

Nossa conclusão é que para reduzir as emissões atmosféricas dos navios no porto de Santos deve-se melhorar o nível de serviço oferecido pelos terminais. A redução da fila de navios no porto de Santos trará uma redução mais significativa nas emissões que ocorrem no entorno e dentro do porto de Santos. Os volumes de emissões de CO_2, NO_x, SO_x e material particulado gerados na barra são transportados também para área interna do porto.

A análise da linha de tempo dos navios que atracam no porto de Santos mostram que as maiores emissões na área de fundeio são geradas principalmente pelos navios graneleiros.

Conclui-se que a redução da fila de navios poderá trazer um efeito mais eficaz na redução das emissões em relação ao sistema shore-power. Por outro lado, o porto pode investir no fornecimento de energia para os navios enquanto fundeados

utilizando uma "Power barge", conforme sugerido (Bailey e Solomon, 2004). Assim, o foco da redução das emissões estaria sendo na principal fonte geradora para os portos no presente momento.

REFERÊNCIAS

Ault, A. P., Moore, M. J., 2009. Impact of Emissions from the Los Angeles Port Region on San Diego Air Quality during Regional Transport Events 43 (10), 3500–3506.

Bailey, D., 2004. Harboring Pollution Air Quality Impacts of Marine Ports.

CODESP, 2007. Mensario estatístico 2007. Dock Company of the State of Sao Paulo.

Cohan, A., Wu, J., Dabdub, D., 2011. Atmospheric Pollution Research High resolution pollutant transport in the San Pedro Bay of California 2.

Davis, D., Grodzinsky, G., Kasibhatla, P., Crawford, J., Chen, G., Liu, S., Bandy, A., Thornton, D., Guan, H., Sandholm, S., 2001. Impact of ship emissions on marine boundary layer nox and so2 distributions over the pacific basin. Geophys. Res. Lett 28 (2), 235–238.

Dev Paul, P., Ben Chavdarian, P., 2009. A closer look at the grounding of shore-to-ship power supply system. In: Industrial & Commercial Power Systems Technical Conference-Conference Record 2009 IEEE. IEEE, pp. 1–7.

Fournier, A., 2006. Controlling air emissions from marine vessels. Donald Bren School of Environmental Science and Management University of California Santa Barbara.

Isakson, J., Persson, T. A., Lindgren, E. S., 2001. Identification and assessment of ship emissions and their effects in the harbour of Göteborg , sweden.

Kasibhatla, P., Eyring, V., Lauer, A., 2007. Mortality from Ship Emissions: A Global Assessment.

Lindstad, H., Asbjørnslett, B., Strømman, A., 2011. Reductions in greenhouse gas emissions and cost by shipping at lower speeds. Energy Policy 39 (6), 3456–3464.

Liesbeth, S., Vlieger, I., Panis, L.I., Styns, K., Inventory and forecasting of maritime emissions in the Belgian sea territory, an activity-based emission model. Atmospheric Environment, 42. 2008.

Oxbøl A., W. T., 2003. Emissions from ships in harbour. Tech. rep.

Pereira, N. N., Brinati, H. L., 2012. Onshore ballast water treatment: A viable option for major ports. Marine Pollution Bulletin 38 (64), 2296–2304.

Peterson, K., Chavdarian, P., Islam, M., Cayanan, C., 2009. Tackling ship pollution from the shore. Industry Applications Magazine, IEEE 15 (1), 56–60.

Psaraftis, H. N., Kontovas, Christos, A., 2009. CO2 Emission Statistics for the World Commercial Fleet 8 (1), 1–25.

Psaraftis, H. N., Kontovas, C. A., Kakalis, N. M. P., 2012. Speed Reduction as an emissions reduction measure for fast ships (2009), 0–8. 17.

Psaraftis, H.N., Kontovas, C. A., Balancing the economic and environmental performance of maritime transportation. Transportation, 15, 458-462. 2010.

Resolução CONAMA no 237, de 19 de dezembro de 1997 - Dispõe sobre a revisão e complementação dos procedimentos e critérios utilizados para o licenciamento ambiental. 1997.

Saxe, H., Larsen, T., 2004. Air pollution from ships in three Danish ports 38, 4057–4067.

Schrooten, L., De Vlieger, I., Int Panis, L., Styns, K., Torfs, R., 2008. Inventory and forecasting of maritime emissions in the belgian sea territory, an activity-based emission model. Atmospheric Environment 42 (4), 667–676.

Tzannatos, E., 2010. Ship emissions and their externalities for the port of Piraeus e Greece. Atmospheric Environment 44 (3), 400–407.

UNCTAD, 1994. Earth Summit, Agenda 21. United Nations Conference on Trade and Development.

UNCTAD, 2009. Review of Maritime Transport. United Nations Conference on Trade and Development.

UNTAD, 1985. Port development. A handbook for planners in developing countries. United Nations Conference on Trade and Development.

Diseño de un sistema de recepción y almacenamiento de mezclas oleosas para el muelle de Carúpano, municipio Bermúdez, estado Sucre, Venezuela

Ingeniero Francisco Rodriguez*, Ingeniero Jesús Rodríguez*
*U.P.T.P. "Luis Mariano Rivera"

NOMBRE DE LAS ORGANIZACIONES VINCULADAS AL PROYECTO:

Ministerio del Poder Popular para el Ambiente. (MINAMB)
Instituto Nacional del los Espacios Acuático: (INEA)
PDVSA E y P Costa Afuera.
Guardia Nacional y Vigilancia Costera.
Asociación de pescadores de la región.
Universidad Politécnica Experimental De Paria.

PROBLEMAS, NECESIDADES O INTERESES DEL CONTEXTO

Descripción del diagnóstico situacional:

Se realizó visita al muelle de Carúpano, donde se observó la contaminación de las aguas marinas adyacentes del mismo, a la vez se visualizó la ausencia de un sistema de recolección y almacenamiento de mezclas oleosa.

Se efectuó entrevista al oficial de puerto Luis Correa, donde expresó q el muelle de Carúpano no cuenta con un sistema de recolección y almacenamiento de mezclas oleosas el cual pudiera ser de gran beneficio para la zona debido a que ayudaría a evitar la gran contaminación del lecho marino de las costas del Municipio Bermúdez.

El personal del muelle de Carúpano opinó que debido a la falta de un sistema de recolección y almacenamiento de mezclas oleosas están siendo sancionados por el ministerio del ambiente debido a los derrames provocados por los botes de pesca polivalentes y las embarcaciones que atracan en este puerto. Además que es de suma importancia un sistema de esta magnitud ya que este muelle será uno de los principales enlaces de navegación para el proyecto A fin de realizar un análisis certero del problema planteado, es imprescindible partir de una comprensión del escenario actual, por tal motivo a continuación se resume la situación operacional de la empresa y su posición en lo referente al manejo de los residuos oleosos.

El puerto de Carúpano, actualmente bajo la administración de Puertos de Sucre S.A., es un eje fundamental en el desarrollo de las actividades marítimas de la región. Diariamente es usado por diferentes tipos de embarcaciones, las cuales se describen a continuación.

Buques de Suministro (Supply):

Los buques de suministro o también llamados Buques Supply, son embarcaciones pertenecientes a PDVSA, destinadas al transporte de trabajadores y suministros necesarios a las plataformas marítimas existentes en la región. Hoy en día el número de buques de suministro es de tres (3) unidades, las cuales llevan por nombre St. Landry, St. Martin y St. Frances, respectivamente, pero se espera que en un futuro próximo aumente el número de ellas a medida que avancen los proyectos de extracción de gas en la zona oriental.

Buques Patrulleros:

Estas son embarcaciones utilizadas por las Fuerzas Armadas y la Guardia Nacional para sus diversas labores de patrullaje de la zona costera. Actualmente cuentan con dos (2) lanchas patrulleras.

Embarcaciones Polivalentes:

Las embarcaciones polivalentes, o de pesca semi-industrial, son las más concurrentes y de mayor número dentro del muelle, ya que la pesca representa la principal actividad económica del estado. Se cuenta con un número de 20 embarcaciones polivalentes que hacen uso del muelle en la actualidad.

Además de estas, se espera que el muelle reciba otros tipos de embarcaciones como lo son los buques transportadores de personas (ferris) y los buques manejadores de ancla, los cuales forman parte de proyectos que se encuentran actualmente en proceso de desarrollo, y se tiene estipulado que sean dos (2) de cada tipo.

En cuanto a la descarga de los residuos oleosos producidos por estas embarcaciones, el muelle no posee actualmente una instalación destinada a su manejo, y cuando se ha presentado la necesidad de prestar este tipo de servicio han optado por depositar dichos residuos en tambores de 208 Lts de capacidad, que almacenan en las inmediaciones del muelle mientras la empresa manejadora procede a retirarlos. Este tipo de procedimiento ocasiona riesgos al ambiente y a la seguridad del personal que labora en la empresa, ya que no se cumplen con las respectivas normas para el manejo de sustancias toxicas y además no se encuentran inscritos en el Registro de Actividades Susceptibles de Degradar el Ambiente (RASDA) del Ministerio del Poder Popular para el Ambiente, quienes otorgan la autorización legal para el manejo de estas sustancias.

Jerarquización e identificación de las necesidades:

Falta de un sistema de recolección y almacenamiento de mezclas oleosa.

Alternativas de solución.

Realizar el diseño de un sistema de recolección y almacenamiento de mezclas oleosas que contribuya con la necesidad que presenta el muelle de Carúpano para así poder contrarrestar la problemática existente de contaminación del ambiente marino de las costas del municipio Bermúdez debido al derrame continuó de estas mezclas al mar.

JUSTIFICACION E IMPACTO SOCIAL

Legal:

Este proyecto se encuentra basado legalmente en:

- La Constitución de la República Bolivariana de Venezuela, Capítulo IX De los Derechos Ambientales Artículo 127, donde explica que “Es un derecho y un deber de cada generación proteger y mantener el ambiente en beneficio de sí misma y del mundo futuro”.
- El Convenio Internacional para prevenir la contaminación por los Buques MARPOL 73/78, Anexo I Reglas para Prevenir la Contaminación por Hidrocarburos, Regla 9 Control de las Descargas de Hidrocarburos y Regla 12 Instalaciones y Servicio de Recepción.
- La Ley Orgánica del Ambiente, que en su Artículo 4 define el deber del estado, la sociedad y las personas de conservar un ambiente sano, seguro y ecológicamente equilibrado.
- La Ley General de Puertos, Capitulo V de la Gestión Ambiental referente a la descarga, tratamiento y eliminación de desechos contaminantes, en su Artículo 66 establece que: “Todas las instalaciones portuarias, áreas de almacenamiento y terminales de carga y descarga, deberán disponer de medios, sistemas o procedimientos, según lo establecen los convenios internacionales sobre la materia, para la descarga, tratamiento y eliminación de desechos, residuos petrolíferos, químicos, aceites, grasas y otros productos contaminantes, resultado de las operaciones normales de los buques. De igual manera deberán disponer de los medios necesarios para prevenir y combatir cualquier tipo de contaminación ambiental”.
- La Ley de Zonas Costeras que en su Artículo 7° establece que la conservación y el aprovechamiento sustentable de las zonas costeras comprende: El control, corrección y mitigación de las causas generadoras de contaminación, provenientes tanto de fuentes terrestres como acuáticas, la vigilancia y control de las actividades capaces de degradar el ambiente.

Población beneficiada:

Toda la comunidad marítima costera que hace vida al norte del Estado Sucre, el saneamiento de las aguas representa un gran beneficio para estas poblaciones que obtiene sus recursos a través de la pesca.
Los turistas y podrán disfrutar de playa menos contaminadas.
La empresas navieras podrán tener donde descargar sus mezclas oleosa a fin de cumplir con la Ley y poder obtener su certificado de calidad.

OBJETIVOS DEL PROYECTO.

General:

Diseñar un sistema de recepción y almacenamiento de mezclas oleosas en el puerto de Carúpano, Estado Sucre.

Específicos:

Describir los elementos que conforman un sistema de recepción de mezclas oleosas.
Determinar las características técnicas de los elementos del sistema de recepción y almacenamiento de mezclas oleosas.
Establecer los parámetros para la recepción y almacenamiento de mezclas oleosas.

RESULTADOS DEL PLAN DE ACCION

Cabe destacar que las embarcaciones grandes como los buques de suministro, ferris, buques manejadores de ancla y patrulleros, poseen tanques de almacenamiento de residuos oleosos, acoples rápidos y bombas especiales para la descarga de los mismos, lo cual les permite realizar este tipo de procedimientos más efectivamente. Mientras que las embarcaciones polivalentes, no poseen tanques de almacenamiento si no que depositan estos fluidos en recipientes plásticos abordo y

en su mayoría no poseen bombas para la descarga, representando esto una limitante en la realización del diseño.

Tabla 1. Rata de descarga de residuos oleosos.

Tipo de Embarcación	**Nº de Embarcaciones**	**Cantidad de R. O. (Lts./mes)**	**Cantidad total de R. O. (Lts./mes)**
Buques de suministro (Supply)	3	1500	4500
Patrulleros	2	90	180
Embarcaciones Polivalentes	20	40	800
Transportadores de pasajeros (Ferri)	2	1500	3000
Buques manejadores de ancla	2	2300	4600
		TOTAL	13080

Fuente: Elaboración propia (2010).

Distribución de la utilización del muelle:

La utilización del muelle se encuentra actualmente distribuida de la siguiente manera:

- En el lado Este atracan las embarcaciones de mayor tamaño (buques supply, ferris, entre otras)
- El lado Oeste es empleado para el atraque de las embarcaciones polivalentes y de la Armada.

Cabe destacar que actualmente existe un proyecto de construcción de un muelle especial donde las embarcaciones polivalentes y los patrulleros serán ubicados, el cual se espera esté terminado en un mediano plazo, razón por la cual el diseño se hará principalmente en función de los Buques Supply, manejadores de ancla y ferris, ya que estos son los que continuarán frecuentando el muelle a futuro.

Características de los dispositivos de descarga de las embarcaciones

Cada tipo de embarcación posee un mecanismo diferente para almacenar y descargar sus residuos oleosos, en el estudio fue de vital importancia conocer cada uno de ellos para buscar la mejor adaptación del diseño a cada una de sus necesidades. Dentro de la información recolectada se encontró que:

- Las embarcaciones grandes y de mayor tecnología como los buques de suministro, ferris, buques manejadores de ancla y patrulleros, poseen tanques de almacenamiento de residuos oleosos, acoples rápidos y bombas especiales para la descarga de los mismos, lo cual les permite realizar este tipo de procedimientos más efectivamente.
- Las embarcaciones polivalentes, no poseen tanques de almacenamiento, si no que depositan estos fluidos en recipientes plásticos abordo y en su mayoría no poseen bombas para la descarga, representando esto una limitante en la realización del diseño.

Descripción del sistema de residuos oleosos

Con base en el Convenio MARPOL 73/78, que determina los lineamientos generales que deben cumplir las instalaciones de recepción de residuos oleosos, y en las necesidades que posee actualmente el muelle de Carúpano, se estableció un esquema que permite la comprensión del sistema que se desea implementar, a continuación se presenta su descripción, seguida por el diagrama del mismo para una mejor visualización. Ver figura 4.1.

El sistema de recepción, almacenamiento y despacho de residuos oleosos parte de una de las cuatro tomas de acople rápido (1.1/2”-T-E01/E02/W01/W02, respectivamente). Cada toma se encontrará conectada por medio de una línea de 25,4 mm (1,5”) con el múltiple de succión de la bomba de residuos oleosos (XX-B-001). La descarga de la bomba está unida a una línea de 25,4 mm (1,5”) que conduce el fluido hasta el tanque de almacenamiento (XX-TK-001), donde posteriormente estos residuos serán recolectados por la empresa que le

proporcionará destino final, de acuerdo con lo establecido por las normas ambientales. La cuantificación del volumen de residuos oleosos descargados se realizará midiendo la variación de volumen del tanque al finalizar la descarga a través de un dispositivo de medición por radar o por aforamiento del tanque XX-TK-001.

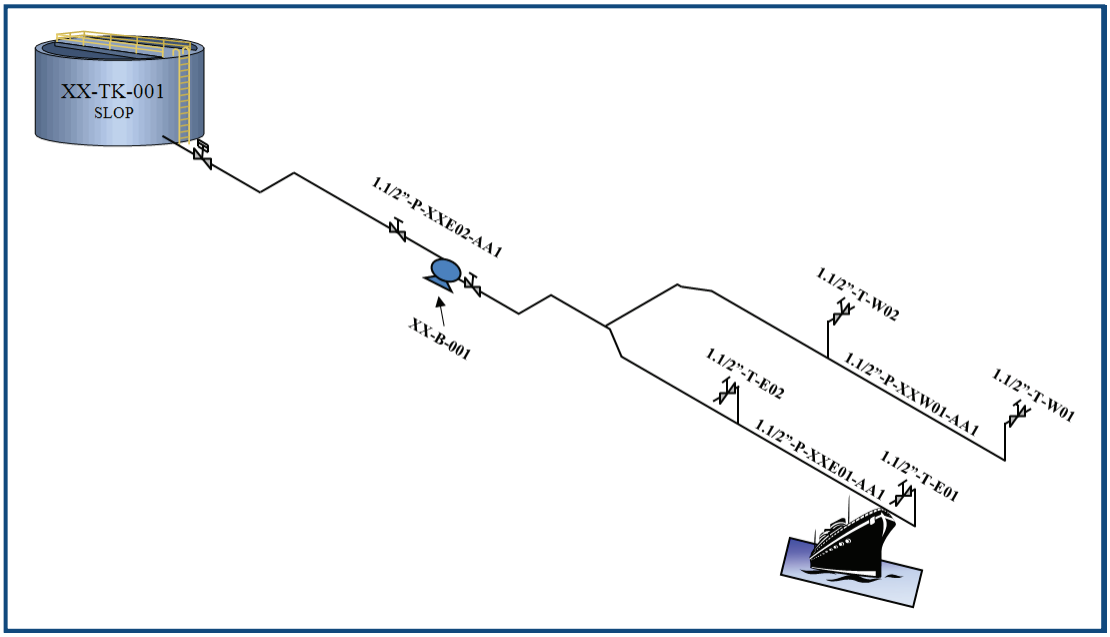


Diagrama del sistema de recepción, almacenamiento y despacho de residuos oleosos.

Fuente: Elaboración Propia (2010)

Cabe destacar que este sistema se utilizará solo para las embarcaciones más grandes (supply, ferris y manejadores de anclas), mientras que para la recepción de los residuos oleosos de las polivalentes y los patrulleros se empleará un dispositivo móvil, debido a tres factores:

a) La cantidad de residuos oleosos que generan es pequeña en comparación con las demás embarcaciones.
b) Proporciona la versatilidad de recolectar los residuos oleosos de las embarcaciones pequeñas en cualquier punto del muelle donde se encuentren ubicadas.

c)Permite tomar el aceite del depósito de las embarcaciones aun cuando estas no cuenten con bombas para descargar los residuos.

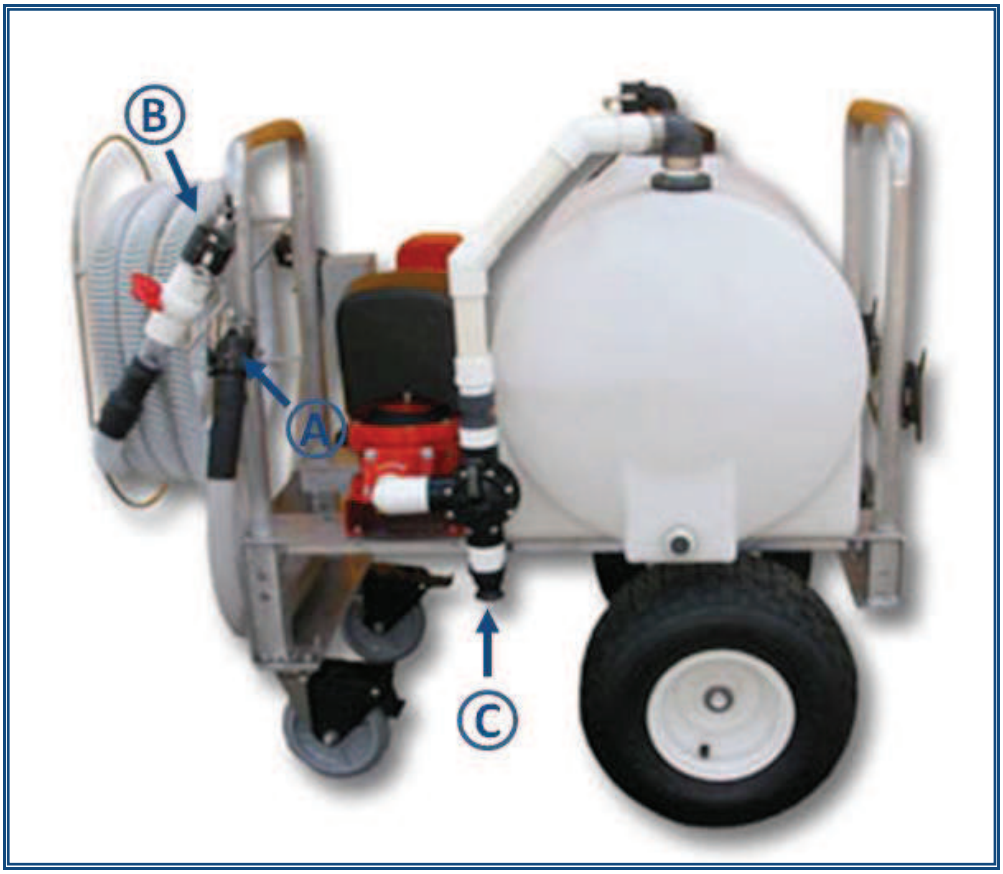
No obstante, este dispositivo puede servir como auxiliar a las embarcaciones grandes que presenten problemas con sus bombas de descarga de residuos oleosos.

Descripción del dispositivo móvil:

A continuación se presentan las características del dispositivo móvil del sistema de recepción, almacenamiento y despacho de residuos oleosos, así como la descripción de su proceso de operación. Para tener una mejor percepción del mismo ver figura 4.2.

El dispositivo móvil presenta las características que se mencionan a continuación:

- Depósito de polietileno de 210 L.
- Bomba de diafragma de 30 Litros/minuto, movida por Motor eléctrico
- 3/4 HP, 230 V, interruptor on-off.
- Protección de desconexión automática de sobrellenado.
- Válvula de sobre presión.
- Tubo de aspiración de 9,15 m con boquilla conexión para la toma de cubierta, válvula anti-goteo, adaptador transparente de control y un juego de adaptadores de enchufe rápido.
- Freno en las ruedas.



Dispositivo Móvil. Fuente: Keco Inc (2010).

La operación de este dispositivo se inicia colocando los extremos “A” y “B” de la manguera en la succión de la bomba y en el recipiente donde se encuentran los residuos oleosos en la embarcación, respectivamente. Luego se enciende la bomba para succionar el fluido del recipiente y trasladar la totalidad del mismo al tanque del dispositivo móvil. Una vez culminado el proceso de recolección se desinstalan las mangueras y se verifica si el nivel del tanque está por encima del 80% de su capacidad, de ser así, entonces se conecta el extremo de otra manguera en la toma “C” de la válvula de tres vías, mientras que el otro extremo se acopla a la toma más cercana del sistema fijo, para proceder a trasegar el contenido del dispositivo portátil al tanque XX-TK-001.

Localización de la instalación

Método de Localización

El proceso de ubicación del lugar adecuado para instalar el sistema de recepción, almacenamiento y despacho de residuos oleosos, requiere del análisis de diversos factores característicos del espacio, desde los puntos de vista de accesibilidad, seguridad, economía, entre otros.

El método utilizado para determinar la localización fue el método de evaluación por puntos, el cual consiste en darle a una variedad de factores un peso determinado, dependiendo de la importancia que estos representen en la puesta en marcha del proyecto.

Factores Considerados para la Localización

Dentro de los factores considerados para la localización del proyecto se encuentran:

a) **Vías de penetración y acceso.** El tanque debe estar ubicado en un lugar conocido, al cual resulte fácil acceder y se logre facilitar la llegada al mismo tanto por parte de los trabajadores, como por parte de los vehículos encargados de trasladar los residuos a la empresa que le dará la disposición final.

b) **Trayecto de la red de tuberías.** El tanque debe ser ubicado en un lugar en el cual las tuberías tengan un espacio suficiente y seguro para su disposición, tomando en cuenta además que el recorrido de las mismas sea lo más corto posible, a fin de que no implique gastos excesivos de materiales de construcción del sistema.

c) **Cercanía a las embarcaciones.** El tanque y las tuberías deben ubicarse en un área donde pueda descargarse el producto con mayor facilidad y comodidad. Es importante que la localización permita satisfacer las necesidades de las distintas embarcaciones y a la vez cumpla con las normas de seguridad ambiental.

d) **Costo de acondicionamiento del lugar.** Es indispensable que el costo acondicionamiento del lugar donde funcionará el sistema no afecte la implementación del mismo, manteniendo un costo bajo en cuanto al material necesario.

e) **Cercanía a la toma eléctrica.** Ya que será necesario el ajuste de bombas y medidores de flujo, es indispensable el uso de electricidad, por ello resulta un factor determinante en la localización del diseño.

Determinación de la Localización

Para determinar la localización del diseño se plantearon tres alternativas, para las cuales fueron evaluados los factores antes mencionados, colocando una calificación del 1 al 10, y se eligió la opción con mayor puntaje acumulado. Estos resultados se encuentran reflejados en la tabla 4.2. Las opciones fueron las siguientes:

- La alternativa 1, está representada por el área que se encuentra del lado Oeste de la vía de acceso al muelle.

- La alternativa 2, es un espacio ubicado del lado Este de la vía justo entre ella y los galpones abandonados de la empresa de Cementos Caribe.

- La alternativa 3, está ubicada en un espacio a la orilla del mar en una zona rocosa.

Estas alternativas se pueden apreciar mejor en la figura 4.3.



Alternativas de localización del tanque. Fuente: Elaboración propia (2010)

Resultados del método de evaluación por puntos.

Factores	**Peso**	**Alternativa 1**		**Alternativa 2**		**Alternativa 3**	
		Calif.	**Pond.**	**Calif.**	**Pond.**	**Calif.**	**Pond.**
Vías de acceso	0,25	8	2	9	2,25	7	1,75
Trayecto de la red de tuberías	0,25	6	1,5	9	2,25	4	1
Cercanía a las embarcaciones	0,2	4	0,8	8	1,6	8	1,6
Costo de acondicionamiento	0,2	6	1,2	8	1,6	3	0,6
Cercanía a la toma eléctrica	0,1	6	0,6	7	0,7	6	0,6
TOTAL	**1**	**-**	**6,1**	**-**	**8,4**	**-**	**5,5**

Fuente: Elaboración propia (2010)

La alternativa con mayor puntaje resultó ser la alternativa 2, representada por el espacio de terreno ubicado del lado Este de la vía de acceso al muelle, ya que posee las mejores características para la ubicación de la instalación.

En cuanto al a ubicación de las tomas (01-65-01), el factor determinante fue la disposición de espacio, por lo que se determinó que:

1. Se colocarán cuatro tomas para la recepción de residuos oleosos, dos en el lado este del muelle y dos en el lado oeste, ya que con ello se consigue que cada buque que necesite descargar, pueda hacerlo desde el lugar donde atraque, evitando así que los buques tengan que realizar maniobras de cambio de posición dentro del mismo muelle, a demás de evitar demoras innecesarias en el proceso.
2. Las tomas se ubicarán a un metro de distancia de las bitas, con la finalidad de:
   - Minimizar la obstrucción del espacio entre bitas, ya que este es indispensable para las maniobras de carga y descarga de los buques.
   - Favorecer la cercanía entre la conexión de descarga del buque y la conexión del sistema de residuos oleosos.

Diagrama de relaciones

Es de vital importancia que cada área esté vinculada entre si con el fin de que exista la coordinación deseada entre cada uno de los elementos que componen el sistema. El conocimiento de la correlación entre ellos permite justificar la importancia de relación de cada uno en el diseño y distribución del sistema para facilitar las actividades de recepción, almacenamiento y despacho de residuos oleosos. El diagrama de las relaciones se puede observar en la figura y su respectivo código de cercanía en la tabla.

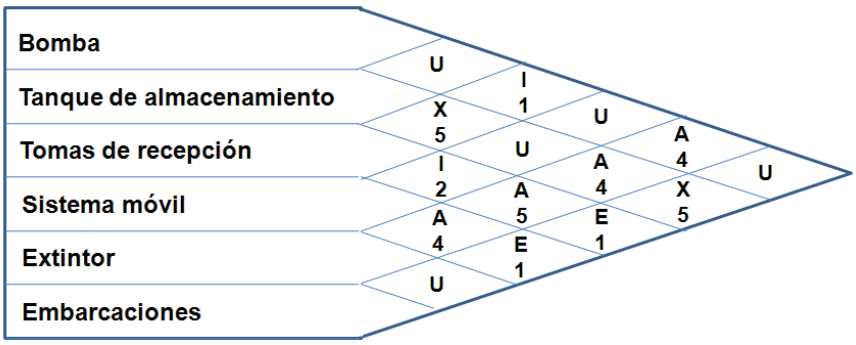


Diagrama de relaciones. Fuente: Elaboración propia (2010).

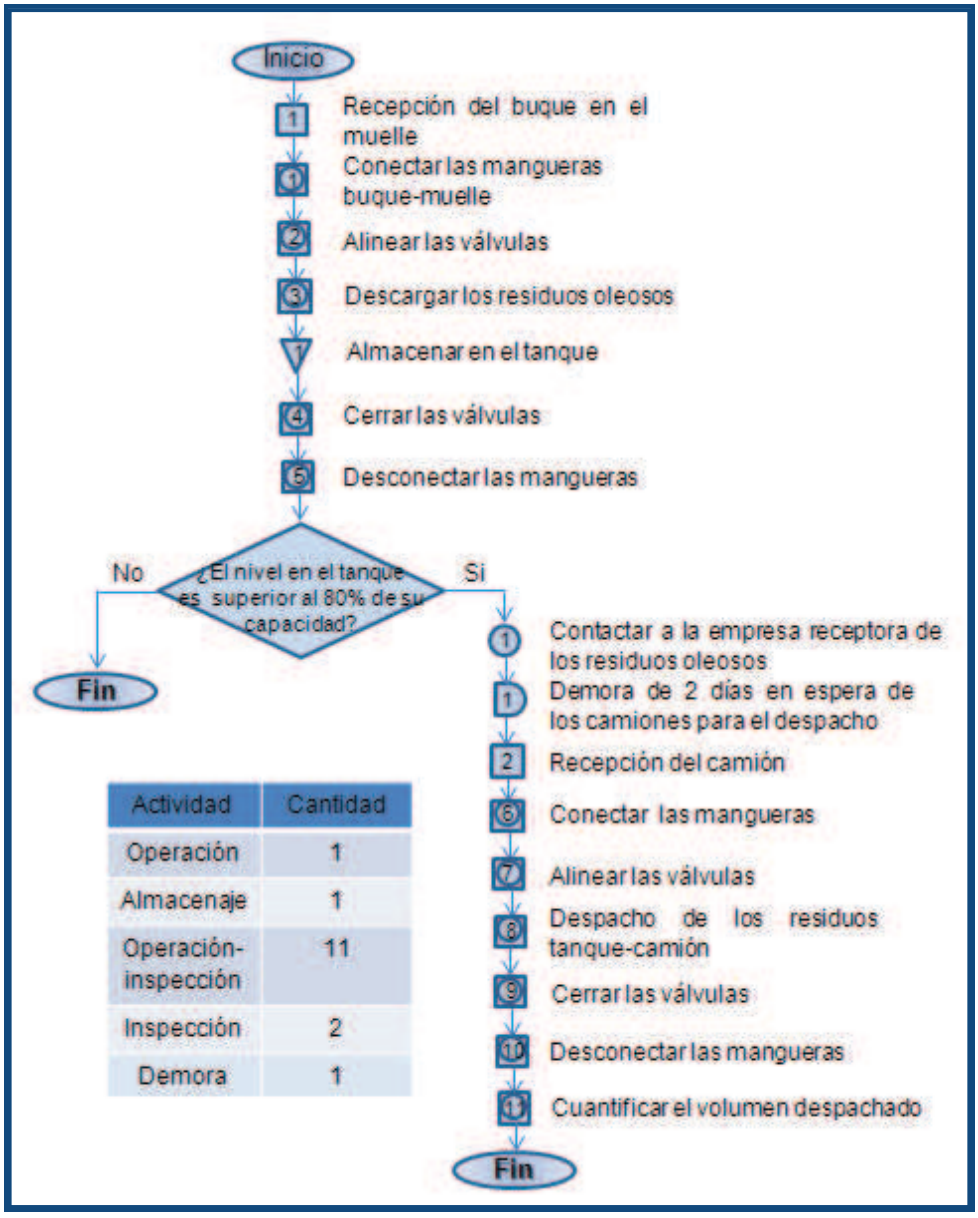
Códigos de cercanía

Valor	Proximidad	Código	Motivo
A	Absolutamente importante	1	Eficacia
E	Especialmente importante	2	Conveniencia
I	Importante	3	Disposición
U	Sin importancia	4	Seguridad
X	No recomendable	5	Movimiento de carga y descarga

Fuente: Elaboración propia (2010).

Diagrama del proceso

Una vez conocida la descripción y ubicación del sistema de recepción, almacenamiento y despacho de residuos oleosos, se procedió a describir todo el proceso y se realizó el diagrama de flujo tanto del proceso general, como del proceso del dispositivo móvil, a fin de visualizar de manera sistemática cada una de las tareas a realizar. Ver figuras 4.5 y 4.6.



Actividad	Cantidad
Operación	1
Almacenaje	1
Operación-inspección	11
Inspección	2
Demora	1

Diagrama de flujo del proceso. Fuente: Elaboración propia (2010).

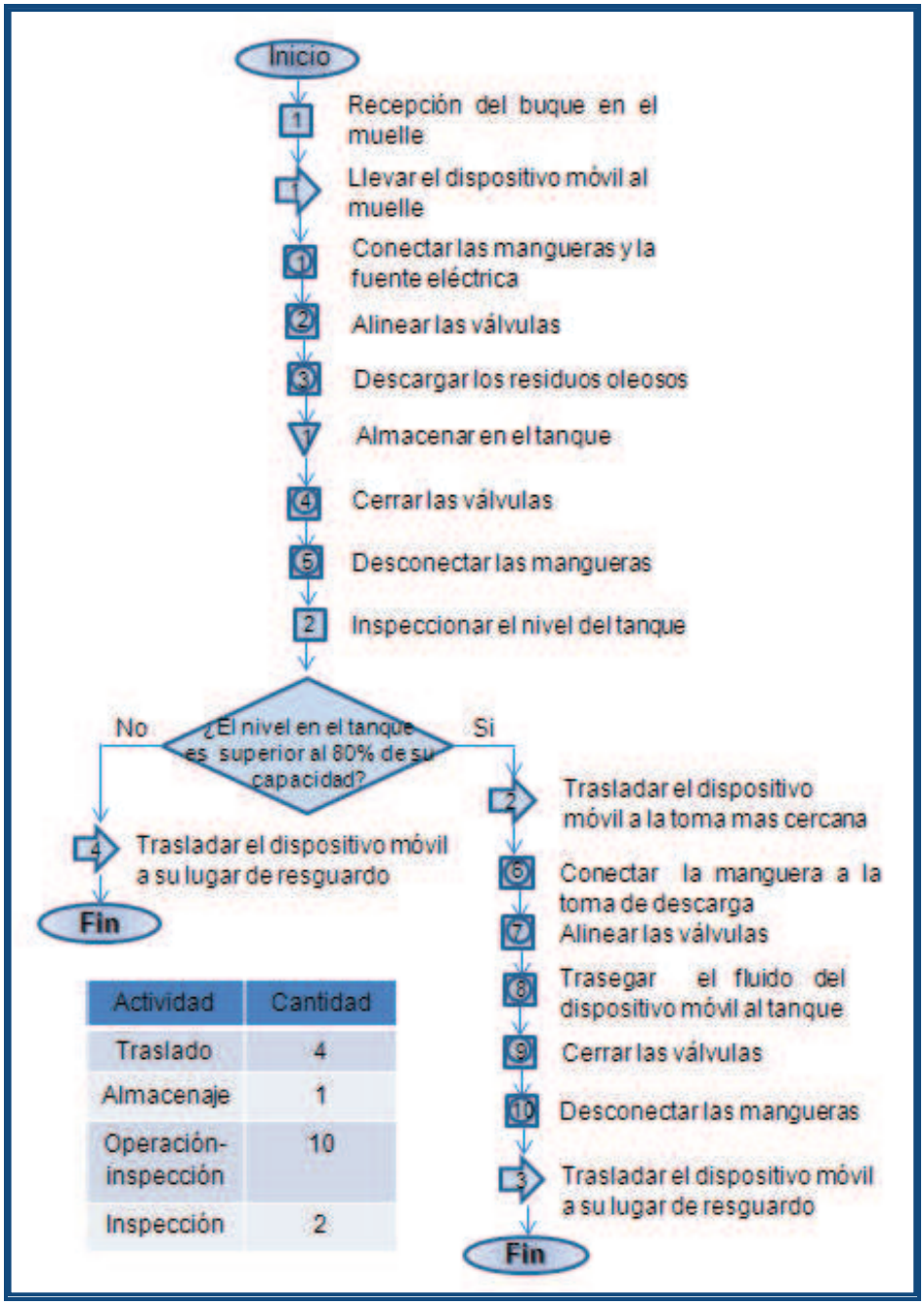


Diagrama de flujo del proceso del dispositivo **móvil. Fuente:** Elaboración propia.

Mano de obra del proceso

Al conocer a fondo el proceso de recepción, almacenamiento y despacho de los residuos oleosos se determinó el número de operarios que intervendrán para realizarlo, fijando como necesarios para la operación del sistema a 2 personas, un Coordinador de descarga y un Operario.

Dimensionamiento del tanque

Como premisa para el dimensionamiento del tanque se debe conocer tanto la rata de descarga de los residuos oleosos como la capacidad de recepción de los camiones de la empresa manejadora.

El proceso de despacho de los residuos oleosos estará en manos de la empresa manejadora Agregados Livianos C.A, la cual cuenta con un servicio de camiones cisterna que se encargan de llevar los residuos hasta su disposición final en la unidad de tratamiento localizada en el estado Miranda. Estos camiones tienen tanques de una capacidad de 12000 litros.

Por otra parte, la tabla refleja un total de 13080 litros de residuos oleosos por mes, provenientes de las diferentes embarcaciones que hacen uso del muelle.

Tomando en consideración ambos valores antes mencionados, se determinó que la capacidad del tanque será de 15.000 litros, a fin de que al alcanzar el 80% de su capacidad (12000 litros) se contacte a la empresa manejadora para el despacho de los residuos oleosos y se cuente con 3000 litros de holgura que permitan continuar prestando el servicio de recepción de los residuos oleosos durante el tiempo que tardará la empresa en retirar dichas sustancias. Adicionalmente a esto, un tanque de 15000 litros permite despachar los residuos oleosos, como mínimo, una vez al mes.

Estimación del caudal de operación del sistema

A través de las entrevistas no estructuradas realizadas a los trabajadores de los buques, se pudo conocer que la descarga de los residuos oleosos de estas embarcaciones oscila alrededor de los 1,8 m^3/h, razón por la cual este valor será tomado como referencia en el diseño del sistema.

Dimensiones de la tubería

Como premisa para el dimensionamiento de las tuberías, se debe conocer el peso específico del fluido a transportarse a través de ellas. Partiendo de lo descrito por Nelson Nemerow y compañía, en su publicación Tratamiento de Vertidos Industriales y Peligrosos, se tomó como gravedad específica para el residuo oleoso 24,6 ºAPI (ver anexo 1). Valor con el cual se determinó la densidad relativa por medio de las ecuaciones 5.1 y 5.2.

$$Sg = \frac{141{,}5}{131{,}5+ºAPI} \qquad \textbf{(5.1)}$$

$$\rho = Sg * \rho_{H2O} \qquad \textbf{(5.2)}$$

Una vez conocida la densidad del fluido, se calculó la velocidad máxima de erosión ($V_{máx}$=5,08 m/s), de acuerdo con la norma PDVSA 90616.1.024 (Dimensionamiento de Tuberías de Proceso) para el diseño de sistemas de uso intermitente a través de la ecuación 5.3.

$$V_{máx} = \frac{125}{\sqrt{\rho}} \qquad \textbf{(5.3)}$$

Luego empleando el simulador PIPEPHASE 9.1 se calculó la velocidad promedio del fluido y el gradiente de presión, el cual debe estar por debajo de 0,45 KPa/m acorde con la Norma PDVSA MDP-02-FF-03. Estos cálculos arrojaron como resultado una matriz que permitió identificar el diámetro idóneo para el diseño. Ver tabla

Parámetros de dimensionamiento de la tubería.

Ø (in)	**Q (m^3/h)**	**V (m/s)**	**T (ºK)**	**ΔP/L (KPa/m)**
1,5	1,5	0,32	300	-0,35
1,5	1,8	0,38	300	-0,41
1,5	2	0,42	300	-0,46
2	1,5	0,19	300	-0,13
2	2,0	0,26	300	-0,17
2	2,5	0,32	300	-0,21

Tomando en cuenta los resultados obtenidos de la simulación con respecto a los parámetros establecidos por las normas (PDVSA 90616.1.024 Y MDP-02-FF-03) y el factor económico, se deduce que el diámetro idóneo para las tuberías corresponde a 1,5 pulgadas, ya que este valor permite reducir los costos del diseño, manteniendo la rata de descarga habitual de los buques, al mismo tiempo que se cumple con los requerimientos establecidos por las normas antes mencionadas.

Partiendo de estos resultados, se realizó el levantamiento manual de los isométricos de las tuberías, los cuales fueron digitalizados posteriormente a través del programa Autocad versión 2006 y se pueden apreciar en el anexo 3.

Evaluación hidráulica del sistema

La evaluación hidráulica se realizó empleando el programa de simulación Pipephase, a fin de conocer el comportamiento de la red hidráulica, enfatizándose en los puntos críticos o puntos de interés que son:

- Las condiciones de borde, es decir la presión y el caudal en la entrada y salida del sistema.
- La necesidad de implementación de una bomba.
- Las condiciones que permitan la selección de una bomba en el caso de ser necesario.

Para realizar la evaluación hidráulica del sistema de recepción, almacenamiento y despacho de residuos oleosos, fue necesario establecer los datos a emplear y las consideraciones a tomar en el montaje de la simulación, dentro de las cuales se encontraron las siguientes:

- El producto en estudio es una mezcla de proporciones variables de agua dulce, agua de mar, agua de enfriamiento, aceites lubricantes, combustibles marinos y aguas de lavados que se generan en la sala de máquinas y bombas, las características del mismo (ºAPI, viscosidad cinemática, presión de vapor, entre otras cosas) se encuentran especificadas en la tabla de composición del aceite residual (ver anexo 1).

- Los datos de las longitudes, y elevaciones fueron tomados mediante mediciones realizadas en el muelle y están representados en los isométricos (ver anexo 3).
- El diámetro de la tubería es de 1,5 pulgadas según lo arrojado por los cálculos previos.
- Los tipos de accesorios y sus diámetros fueron considerados según la disposición de la tubería y las necesidades del diseño.

Montaje de la Simulación del Sistema en PIPEPHASE 9.1

Para realizar el montaje de la simulación, se inició el programa y se ingresaron los datos que el mismo requiere para su configuración, tomando en consideración, para este caso en específico, que:

- El tipo de simulación es modelo de red, ya que es la que concuerda con el tipo de fluido y con la configuración de la red de tuberías.
- El tipo de fluido es líquido, debido a que el fluido es trasportado en fase líquida y está movido por bombas las cuales manejan sólo líquido.
- El sistema de unidades seleccionado fue el internacional.

Una vez establecidas las consideraciones del análisis, se ingresaron en el programa las propiedades del fluido en estudio (ºAPI y viscosidad cinemática mostrados en el apéndice A) y luego se realizó un esquema del sistema de bombeo seleccionando en la barra de herramientas los iconos correspondientes a cada elemento que constituye dicho sistema (fuentes, sumideros, tramos de tuberías y nodos), para después ingresarle los datos requeridos por cada uno de ellos.

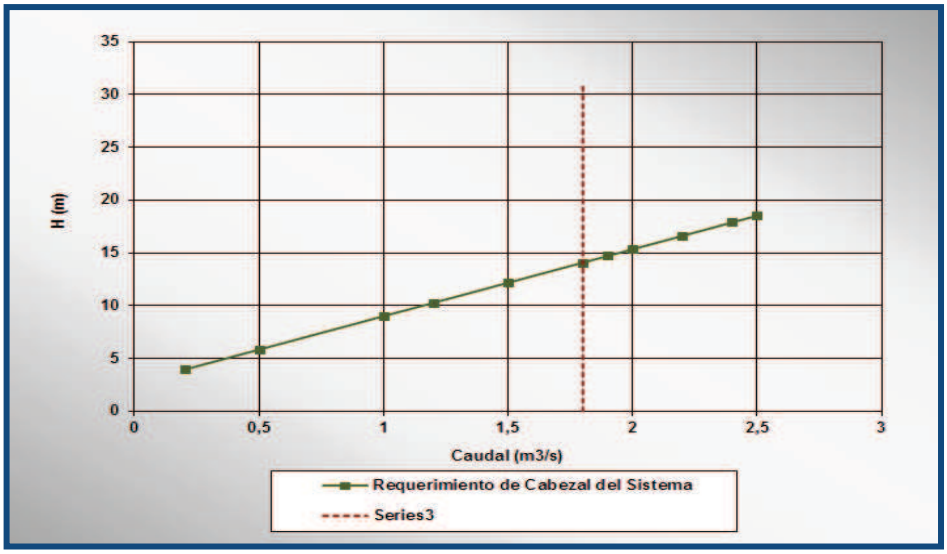
Después de ingresados todos los datos de la simulación, se procedió a chequear que las condiciones de borde no ocasionen un error que evite la convergencia de los cálculos que realizará el simulador, para ello se presiona el botón check. Una vez chequeada la simulación se procederá a correr la misma y a visualizar los resultados, los cuales se muestran en el diagrama como los valores en color marrón (ver anexo 2).

Una vez montada la simulación, se calculó la caída de presión del sistema, a fin de construir la curva de variación de la altura de carga del sistema con el caudal. Esto se realizó para la situación de operación más crítica, es decir, máximo nivel en el tanque de recepción de residuos oleosos y tramo más lejano del sistema.

4.11.2 Determinación de la variación de la altura de carga del sistema con el caudal

Para la determinación del cabezal H_s se empleó la ecuación 2.3. Para la aplicación de esta ecuación se tomaron las siguientes consideraciones:

- El punto 1 representará la conexión del muelle 1.1/2"-T-W01 (ver figura 5.1), ya que allí comienza el sistema para la configuración más crítica, es decir, el tramo más lejano del sistema.
- El punto 2 está ubicado en la parte superior del tanque de recepción de residuos oleosos.
- La presión en el punto 1 será igual a la presión de descarga del buque (P_1=117kPa (17psig)).
- La presión en el punto 2 será igual a 0 kPa (0 psig), la cual corresponde a la presión en la parte superior del tanque de recepción de residuos oleosos.
- Las velocidades 1 y 2 al igual que los términos de pérdida de carga debido al flujo y a la diferencia de altura entre ambos puntos, fueron tomados del reporte del simulador.



Comportamiento del requerimiento de altura de carga del sistema

Fuente: Elaboración propia.

En la figura se observa que la línea verde representa la curva de requerimiento de altura de cabezal del sistema. Por lo que se puede deducir que el sistema necesitará la implementación de una bomba, dado que dicha curva tiene un valor positivo, lo que significa que el sistema requiere de cierta cantidad de energía para que el fluido pueda completar el recorrido desde el barco hasta el tanque de almacenamiento.

Por otra parte, el punto de intersección entre esta curva y el caudal requerido representa el punto de operación de la bomba a emplear, por tal motivo ella deberá proporcionar un cabezal de carga de 14,09m a un flujo de 1,8m^3/h (30ltrs/min).
Debido a que se va a implementar una bomba en el sistema, es necesario conocer el comportamiento del NPSH del sistema en el punto donde se plantea instalar la bomba, dado que dicho valor resulta necesario para la selección de la bomba.

Determinación de la variación del $NPSH_D$ con el caudal

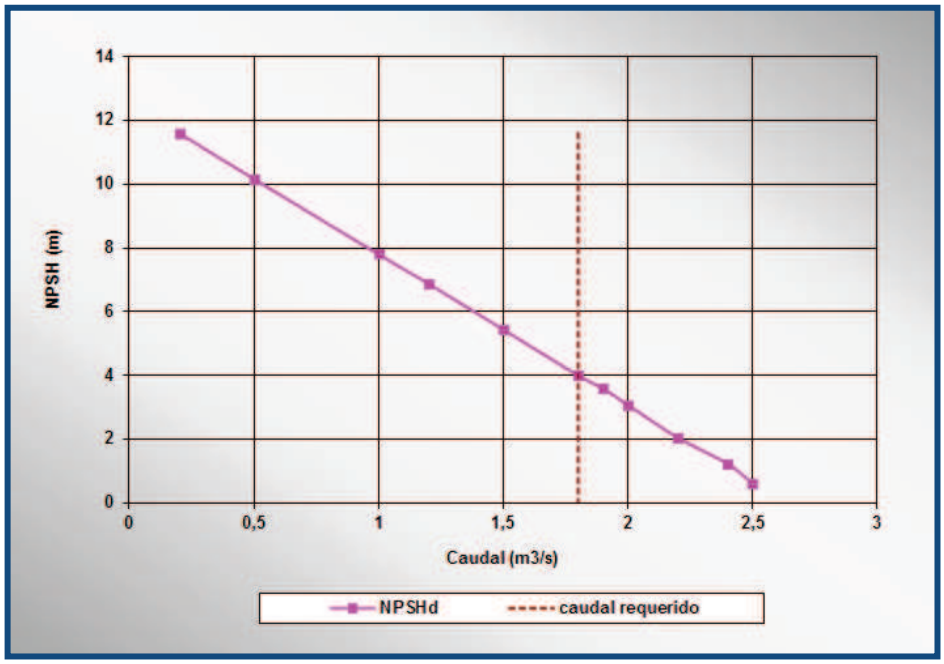
Para la determinación del $NPSH_D$ se empleó la ecuación 2.9, partiendo de los datos arrojados por el simulador y de la presión de vapor de los residuos oleosos.

Cabe destacar que la presión de vapor empleada fue la del gasoil, debido a que entre los componentes que constituyen la mezcla de residuos oleosos el gasoil es el

más liviano, es decir, el que tiene mayor presión de vapor; mientras que la presión en el punto 1 corresponderá a la de la succión de la bomba, la cual será igual a la reportada por el simulador.

Estos cálculos se realizaron cada vez que se varió el caudal manejado por el sistema de bombeo. Luego, a fin de establecer un diseño conservador, el $NPSH_D$ se dividió por un factor de seguridad de 1,1 de acuerdo con lo establecido en el manual de diseño de procesos PDVSA MDP-02-P-06.

En la figura 4.8 se puede observar la curva del comportamiento del $NPSH_D$ del sistema en función al caudal, por lo que el punto de intercepción entre dicha curva y el caudal requerido representa el $NPSH_D$ con el que se cuenta para seleccionar la bomba, por esta razón la bomba a emplear deberá tener un NPSHr inferior a 4m cuando maneje un caudal de 1,8m^3/h (30ltrs/min).



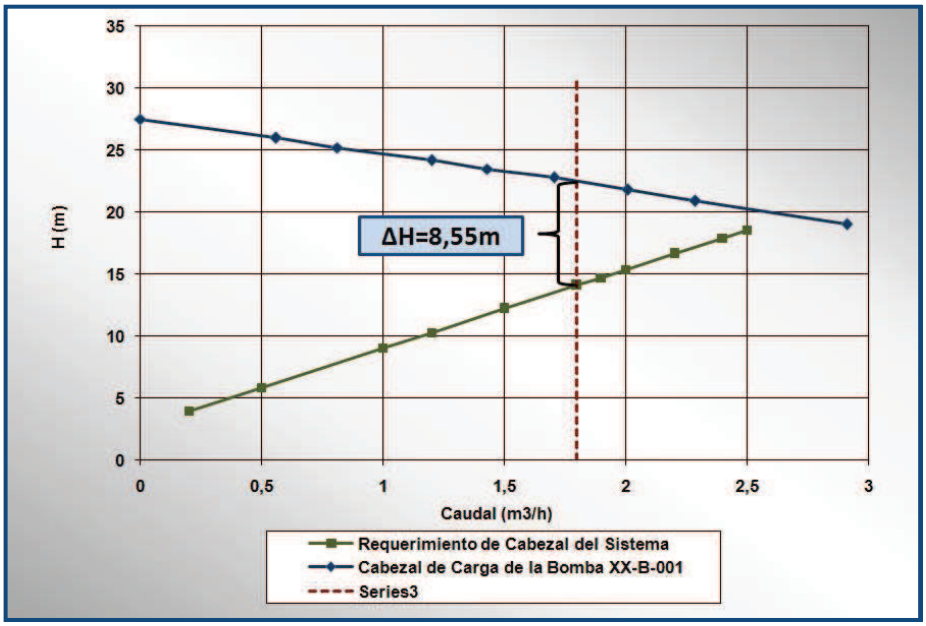
Comportamiento de las curvas NPSHd en función del caudal para el sistema de recepción, almacenamiento y despacho de residuos oleosos.

Fuente: Elaboración propia

El proceso de selección de la bomba, se realizó entre algunos de los fabricantes más conocidos en el mercado, obteniéndose que la bomba Zuwa Modelo

NIROSTAR 2000-D, cumple con los requerimientos antes mencionados, como se puede observar en las figuras siguientes.

En la figura se puede observar el comportamiento de la bomba Zuwa NIROSTAR 2000-D, frente al requerimiento de carga del sistema. Se puede apreciar como el punto de operación está por encima del caudal requerido (1,8 m^3/h), mientras que para dicho caudal el cabezal de carga de la bomba supera al exigido por el sistema por 8,55 m.



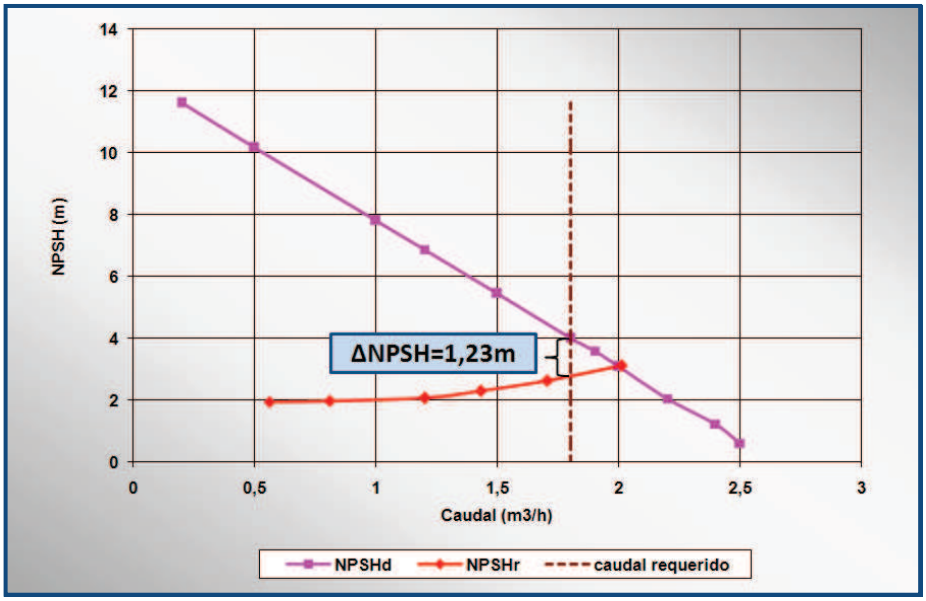
Comportamiento de la bomba XX-B-001, frente al requerimiento de carga del sistema.

Fuente: Elaboración propia .

Al comparar las curvas del $NPSH_D$ y el $NPSH_R$ (ver figura), se nota como su intercepción está por encima del caudal requerido, indicando que el sistema podrá manejar caudales menores a 2 m^3/h (33 litros/min) a las condiciones de estudio sin que la bomba presente cavitación.

Tomando en cuenta que las condiciones en estudio fueron las más críticas, que el $NPSH_D$ poseer un factor de seguridad de 1.1, que el $NPSH_D$ supera al $NPSH_R$ en 1,23m (más de los 0.91 m establecidos por la NORMA de PDVSA) a las condiciones de operación establecidas y que la diferencia entre el cabezal proporcionado por la

bomba y el requerido por el sistema se podría compensar con la implementación de una válvula de control, se puede deducir, que al emplear la bomba Zuwa NIROSTAR 2000-D, el sistema funcionará de forma adecuada bajo las condiciones de operación normal.



Comportamiento de las curvas NPSHd y NPSHr en función del caudal para el sistema. Fuente: Elaboración propia .

Tiempo de descarga del sistema

El tiempo de descarga va a depender de la cantidad de residuos oleosos que vaya a descargar la embarcación. Para el caso de los buques manejadores de ancla, los ferris y buques de suministro, el tiempo de descarga puede oscilar entre 25 y 75 minutos, siendo estos valores los correspondientes a volúmenes que van desde 0,75 m^3 a 2,25m^3 (750 L a 2250 L), respectivamente. Mientras que en el caso de las embarcaciones de menor tamaño su tiempo de descarga estará entre 1,3 y 3 minutos, para 40 y 90 Litros respectivamente.

Materiales y equipos necesarios para el diseño

Para la construcción del sistema de recepción, almacenamiento y despacho de residuos oleosos, se necesitará de una serie de materiales y equipos como lo son las tuberías, accesorios, tanque, bomba, entre otros.

Materiales

Los materiales fueron seleccionados según las necesidades del diseño basado en las normas PDVSA H-221 (Materiales de tuberías). Estos se presentan en la tabla.

Materiales necesarios para el diseño

DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES	**TAMAÑO (pulgadas)**	**CANTIDAD**
Tubería 0,0625" SCH. 80 extremo plano A106 GR. B. sin costura	1.1/2	247 m
Codo 90º RL 0,0625" A105, enchufe soldado	1.1/2	14 unid
Válvula de compuerta A105, enchufe soldado.	1.1/2	7 unid
Válvula check A105, enchufe soldado.	1.1/2	1 unid
Codo 45º RL 0,0625" A105, enchufe soldado	1.1/2	6 unid
Brida A105, acabado 125-200 AARH	1.1/2	1 unid

Fuente: Elaboración propia.

Materiales necesarios para el diseño. Continuación

DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES	**TAMAÑO (pulgadas)**	**CANTIDAD**
Tee 0,0625" A105, enchufe soldado	1.1/2	3 unid
Codo mitrado 42º	1.1/2	4 unid
Anillo 0,0625" A105, hembra-hembra, roscado.	1.1/2	2 unid
Unión de brida A105, enchufe soldado.	1.1/2	2 unid
Adaptador macho-macho (roscado-acople rápido)	1.1/2	4 unid
Adaptador macho-hembra (manguera-acople rápido)	1.1/2	8 unid
Manguera para succión y descarga de residuos oleosos	1.1/2	15 m

Fuente: Elaboración propia.

Equipos

Los equipos se seleccionaron de acuerdo a las exigencias del sistema (condiciones de trabajo, seguridad, medio ambiente, entre otras cosas) y en cumplimiento de las normas que regulan la utilización de estos equipos (API 650). Las características de los equipos a utilizar se presentan en las tablas.

Características del tanque

CARACTERÍSTICA	**DESCRIPCIÓN**
Tipo	Vertical de techo fijo (de acuerdo con la norma API 650)
Diámetro	2,6 m
Altura	3 m
Volumen	15.93 m^3 o 15930 Lts.
Sustancia a almacenar	Residuos oleosos de embarcaciones

Fuente: Elaboración propia.

A fin de resguardar los residuos oleosos en caso de que ocurra un derrame por alguna causa, el tanque de almacenamiento se instalará dentro de un dique que deberá contener un volumen igual o mayor a 1.5 veces el volumen del tanque. A continuación en la tabla se presentan las características del dique del tanque.

Características del dique del tanque

CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN
Ancho	4,4 m
Largo	8 m
Altura	1 m
Espesor	0,8 m

Fuente: Elaboración propia.

Características de la bomba

CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN
Tipo	Centrífuga
Marca	ZUWA
Modelo	NIROSTAR 2000-D
Caudal de operación	30 Ltrs./min.
Potencia	1,5 KW
Voltaje	230 Volt.

Fuente: Elaboración propia.

El dispositivo de medición a utilizar será un medidor de nivel por radar, el cual permitirá obtener una lectura precisa del nivel del tanque durante las tareas de recepción, almacenamiento y descarga de los residuos oleosos. Las características del dispositivo se pueden ver en la tabla.

Características del dispositivo de medición

CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN
Tipo	Radar
Marca	Siemens Milltronics
Modelo	Sistrans LR 200
Rango de Medición	0 a 20 m
Temperatura del Proceso	-40 a 140°C
Material/Carcasa	Aluminio

Fuente: Elaboración propia.

Seguridad industrial del sistema

La seguridad industrial es un conjunto de medidas y técnicas educacionales, médicas y psicológicas, empleadas para prevenir accidentes e instruir o convencer a las personas acerca de la necesidad de implantación de prácticas preventivas. En cuanto a las condiciones de higiene y seguridad del sistema se deberán aplicar controles como los siguientes:

- Colocar instrucciones de uso de los equipos para que los operarios puedan manejarlos más apropiadamente.
- Los equipos deben estar bien colocados y dotados de las protecciones adecuadas a fin de evitar accidentes o que se entorpezcan las actividades normales del muelle.

La norma Covenin 3060 establece la clasificación de riesgos, símbolos y las dimensiones de las señales de identificación que se deben utilizar para los materiales peligrosos. Según esta norma los residuos oleosos son sustancias Clase 3, es decir líquidos inflamables, y por ello el tanque debe estar identificado con su respectiva etiqueta que indique el tipo de material peligroso que contiene. Además deberá identificarse con el rombo de seguridad correspondiente a las características específicas de inflamabilidad, reactividad y riesgo de la sustancia.



Etiquetas de identificación de los residuos oleosos. Fuente: Elaboración propia.

La Norma Covenin 253 establece la codificación que deben tener las tuberías a fin de identificar el fluido que circula por ella, la cual consta de un conjunto formado por un color básico el cual identifica el tipo de fluido que es conducido por la tubería según su estado básico a condiciones normales de presión y temperatura; el anillo de color que no es más que una banda colocada en un extremo de la franja de color básico que permite una identificación más especifica sobre el tipo de fluido y la leyenda o nombre completo del fluido en castellano.

Debido a las características generales de los residuos oleosos se determinó que el color básico de la tubería será marrón y los anillos serán de color rosado, esto en base a las tablas de color básico e identificación de fluidos con anillos de la Norma, y con respecto a la leyenda está debe colocarse en láminas metálicas o plásticas colgadas o adheridas con abrazaderas debido a que el diámetro de la tubería es menor a 2 pulgadas.

En cuanto a la seguridad del personal la Norma Covenin 3061 sobre materiales peligrosos, establece una serie de requisitos que debe poseer el personal que trabaje en el manejo de este tipo de sustancias y establece que toda persona que maneje, almacene y/o transporte materiales peligrosos debe recibir adiestramiento en las siguientes áreas:

a) Reconocimiento e identificación de los materiales peligrosos.
b) Manejo y almacenamiento seguro de los materiales peligrosos.
c) Transporte seguro de materiales peligrosos.

El adiestramiento debe incluir los siguientes aspectos:

a) Riesgos asociados a los materiales peligrosos, incluyendo efectos en la salud.
b) Clasificación de los materiales peligrosos.
c) Identificación de los materiales peligrosos.
d) Marcas, simbología, etiquetas y placas de identificación de los materiales peligrosos.
e) Procedimiento de operación y manejo seguro.
f) Operaciones de carga y descarga.
g) Almacenamiento seguro.
h) Medidas y equipos de autoprotección.
i) Métodos de prevención de accidentes.
j) Respuesta a emergencias o incidente.

COSTOS DEL DISEÑO

Uno de los factores importantes para la implementación del sistema es el factor económico, por ello a continuación se describen los costos asociados a la implementación del mismo.

Costo de los materiales y equipos

En las tablas siguientes se muestran los costos de adquisición de los materiales y equipos necesarios para la implementación del sistema.

Costo de los materiales.

Materiales	**Cantidad**	**Costo unitario (BsF)**	**Costo total (BsF)**
Tubería 0,0625" SCH. 80 extremo plano A106 GR. B. sin costura	247 m	246	60762
Codo 90º RL 0,0625" A105, enchufe soldado	14 unid	69	966
Válvula de compuerta A105,	7 unid	1042	7294

enchufe soldado.			
Válvula check A105, enchufe soldado.	1 unid	980	980
Codo 45º RL 0,0625" A105, enchufe soldado	6 unid	69	414
Codo mitrado 42º	4 unid	73	292

Costo de los materiales. Continuación

Materiales	**Cantidad**	**Costo unitario (BsF)**	**Costo total (BsF)**
Brida A105, acabado 125-200 AARH	1 unid	108	108
Tee 0,0625" A105, enchufe soldado	3 unid	99	297
Anillo 0,0625" A105, hembra-hembra, roscado.	2 unid	60	120
Unión de brida A105, enchufe soldado.	2 unid	106	212
Adaptador macho-macho (roscado-acople rápido)	4 unid	300	1200
Adaptador macho-hembra (manguera-acople rápido)	8 unid	426	3408
Manguera para succión y descarga de residuos oleosos	15 m	400	6000
		TOTAL	**82053**

Fuente: SIDERCOM, VENEFLOW, PROCT-PETROL C.A., RODVEL, C.A. (2010).

Costo de los equipos

Equipos	**Cantidad**	**Costo unitario (BsF)**	**Costo total (BsF)**
Tanque	1	48200	48200
Bomba	1	3680	3680
Dispositivo móvil	1	17200	17200
Dispositivo de medición	1	6700	6700
Dique	1	26500	26500
		TOTAL	**102280**

Fuente: ZUWA, Keco Inc, Mercado Libre, Fundación de Edificaciones y Dotaciones Educativas (FEDE), Cooperativa Servicios Generales en Construcciones R. l. (2010).

Costos de otros materiales

Para la implementación del sistema se necesitan, además de los materiales y equipos, algunos materiales auxiliares que facilitarán el desarrollo de los procesos y forman parte de la normativa de seguridad e higiene de la empresa. En la tabla se puede ver una lista de los mismos con su respectivo costo.

Costo de otros materiales

Equipos	**Cantidad**	**Costo unitario (BsF)**	**Costo total (BsF)**
Extintor	3	480	1440
Avisos	10	20	200
Pintura para la tubería	29,5 m^2	259	7640
		TOTAL	**9280**

Fuente: Cooperativa Servicios Generales en Construcciones R. l. (2010).

Costos de la instalación

Los costos de instalación del sistema fueron calculados por la Cooperativa Servicios Generales en Construcciones R. l y resultaron en un total de 188.500 Bsf

Costo de implementación del proyecto

Una vez obtenidos los costos anteriores se puede proceder al cálculo del costo total del diseño, que no es más que la sumatoria de los costos de los materiales, equipos, otros equipos y de la instalación, el total puede apreciarse en la tabla

Costo total del diseño

Descripción	**Costo (BsF)**
Materiales	82053
Equipos	102280
Otros equipos	9280
Costo de instalación	188500
TOTAL	**382113**

Fuente: Elaboración propia

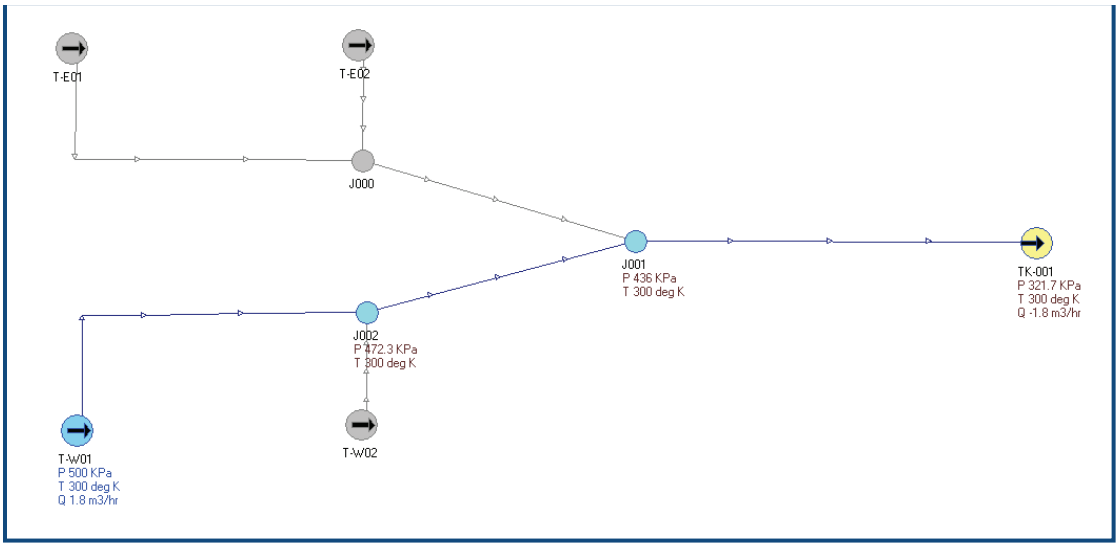
ANEXO 1: COMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS OLEOSOS

Tabla anexo 1.1. Composición de los residuos oleosos

VARIABLE	VALOR
Gravedad API	24.6
Viscosidad a 100 ºF	53.3 Centistokes
Viscosidad a 210 ºC	9.18 Centistokes
Temperatura de inflamabilidad	215 ºF (Inflam. C.O.C)
Agua (por destilación)	4.4% volumen
BS&W	0.6 por volumen
Azufre	0.34% peso
Ceniza, sulfatados	1.81% peso
Plomo	1.11% peso
Calcio	0.17% peso
Zinc	0.08% peso
Fósforo	0.09% peso
Bario	568 ppm
Hierro	356 ppm
Vanadio	5 ppm

Fuente: Nemerow, N., Dasgupta, A. (2001)

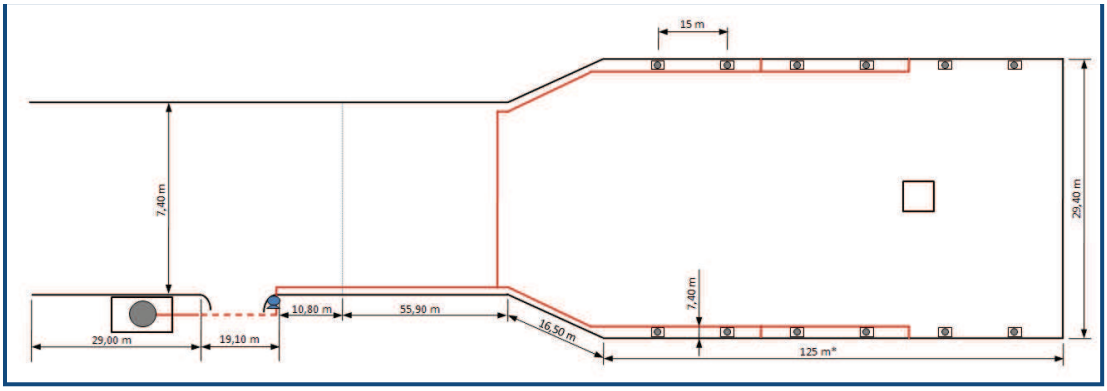
ANEXO 2: ESQUEMA DE LA SIMULACIÓN EN PIPEPHASE 9.1



Esquema de la simulación en PIPEPHASE 9.1.

Fuente: Elaboración propia (2010)

ANEXO 3: VISTA DE PLANTA DEL SISTEMA DE RECEPCIÓN, ALMACENAMIENTO Y DESPACHO DE RESIDUOS OLEOSOS



Vista de planta del sistema de recepción, almacenamiento y despacho de residuos oleosos.

Fuente: Elaboración Propia (2010).

POSTERES

PARAMETRIC ANALYSIS OF THE STRUCTURAL DESIGN OF HIGH SPEED BOATS BUILT WITH COMPOSITE MATERIALS

Christian Bonal Rayes
Prof. Dr. Thiago Pontin Tancredi

MOTIVATION:

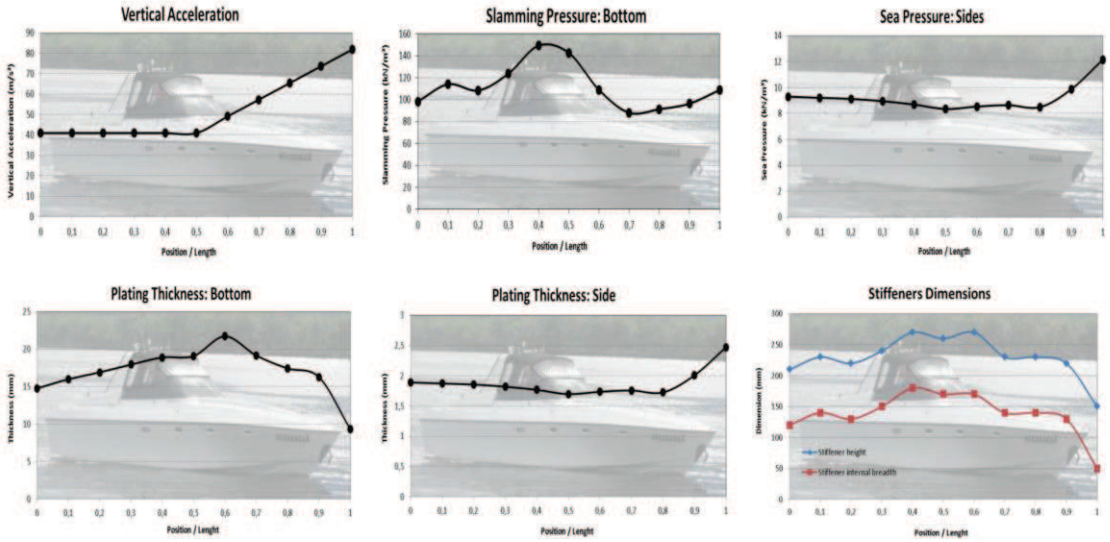
With the discovery of new oil fields far away from the coast, the next years will show a greater number of offshore oil rigs operating on Brazilian seas. For this to happen, the quantity of vessels supporting these rigs will also need to grow, transporting supplies or personnel, vital to the production.
Among the solutions to this logistic problem is the use of light high speed vessels or "speedboats". Therefore, a higher demand for this type of vehicle is expected, motivating the studies about the aspects involved in the design of these vessels, in special the structural design.
The weight reduction and the structural requirements to resist the hydrodynamic forces from the high speed interaction with the waves, motive the use of high strength composite materials such as fiberglass and carbon fiber. The use of these materials on all construction type is getting more common over the years, precisely because of the light specific mass and the high mechanical resistance of these materials.

METHODOLOGY:

Firstly, the dynamic pressure resulting from the interaction between waves and the hull was analyzed with different references. Then, a detailed study of the technical rules involved this type of design was made.
The (DNV, 2012) was chosen to do the structural design of the hull, establishing the structural design variables in function of the hull shape and the operation conditions, also keeping the results feasible. It is important to observe that any other classification rule could be used in the analysis.

RESULTS OF THE STRUCTURAL DESIGN:

The results of the hull's structural design consists of vertical acceleration, slaming wave pressure, sea static pressure, plating thickness and stiffeners dimensions calculations. All of the results comply with the DNV classification rules for high speed light vessels.



PONENCIAS DE ESTUDIANTES

Programas informáticos para el diseño y análisis de buques

Fernando Polimeno, Concurso de Estudiantes,

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional La Plata

Calle 4 N° 1606 La Plata, Buenos Aires, Argentina

Cel: +54 2345 432205

E-mail: Fernando_polimeno@hotmail.com

RESUMEN:

En la industria naval existe una gran variedad de programas informáticos que sirven como soporte para el proyecto de buques, pero no todos fueron concebidos para el diseño y análisis de los mismos. Para suplir esta deficiencia en el mercado he creado un programa cuya finalidad es pura y exclusivamente naval, capaz de ser utilizado de forma integral, como usar cada uno de sus módulos individualmente, característica que lo hace único, y útil en cualquier etapa del proyecto. Los pilares fundamentales de este trabajo son la versatilidad, la simplicidad y la rapidez con la que se puede crear un proyecto, llevado a cabo por herramientas basadas en la derivación de formas, series sistemáticas de formas (serie 60) o Kracht. Con esto hallamos una tabla de puntos, la cual podemos modificar interactivamente mediante una interfaz que nos proporciona las vistas de planta, perfil y frente (secciones), pudiendo conocer sus propiedades hidrostáticas, curva de áreas, y otras. Una virtud a destacar de este programa es la del cálculo de resistencia al avance, ya que cuenta con la opción de diversos métodos (Holtrop y Mennen, Guldhammer y Harvald, Schlichting), pudiéndolos utilizar de manera integrada a las líneas y formas creadas o de forma puntual para proyectos en los cuales no tenemos las líneas. Otra capacidad es la de complementar el diseño del casco con elementos de construcción naval, utilizando reglas de las sociedades de clasificación y mecanismos gráficos que simplifican y agilizan los cálculos que pertenecen a la estructura del casco. Estas son algunas de las características que hacen de este un

software único e indispensable para cualquier usuario que requiera de estas tecnologías.

INTRODUCCION:

La escasa oferta de programas dedicados exclusivamente al diseño naval, sus altos costos y sus complejas formas de operarlos hacen que estos softwares sean inaccesibles para gran parte de la industria y para el total de los estudiantes. Además, los programas que se podrían considerarse más accesibles económicamente no tienen versiones en español. Estas desventajas separan al pequeño emprendedor de las nuevas tecnologías, dejándolo desprovisto de una herramienta fundamental. Por estos motivos inicié este emprendimiento que intenta emular ciertas características de dichos programas integrando novedosas aplicaciones que proporcionan un amplio espectro de trabajo, de simple ejecución y con carácter innovador.

COMO SE HIZO:

El lenguaje de programación utilizado es Visual Basic 2010 Express. Este permite a los desarrolladores crear aplicaciones, sitios y aplicaciones web, así como servicios web en cualquier entorno que soporte la plataforma .NET. Así se pueden crear aplicaciones que se intercomuniquen entre estaciones de trabajo, páginas web y dispositivos móviles. Cabe destacar que estas ediciones son iguales al entorno de desarrollo comercial de Visual Studio Professional pero sin características avanzadas. Pero la ventaja principal es que su licencia es gratuita.

ESTIMACION DE LAS DIMENSIONES PRINCIPALES:

Hay distintas maneras de iniciar un proyecto, y el programa proporciona un soporte para encarar por distintos caminos el desarrollo de la primera etapa.

Conociendo en primera instancia la eslora, la manga, el calado y otros datos (según los datos que tengamos va a ser el camino que elijamos) podremos hallar una gama de características principales de nuestro buque (cb, cp, cm, cf, francobordo, LCB, Xb, Kb, Bm, Superficie de área mojada, B/L, D/B, etc), las cuales nos van a servir para continuar en el proceso de diseño.

Esta herramienta de trabajo puede utilizarse tanto individualmente, como con todo el conjunto de aplicaciones de forma integrada. Esto nos permite desestimarla si ya partimos con los datos.

El programa tiene tres formas de hallar las dimensiones principales**:**

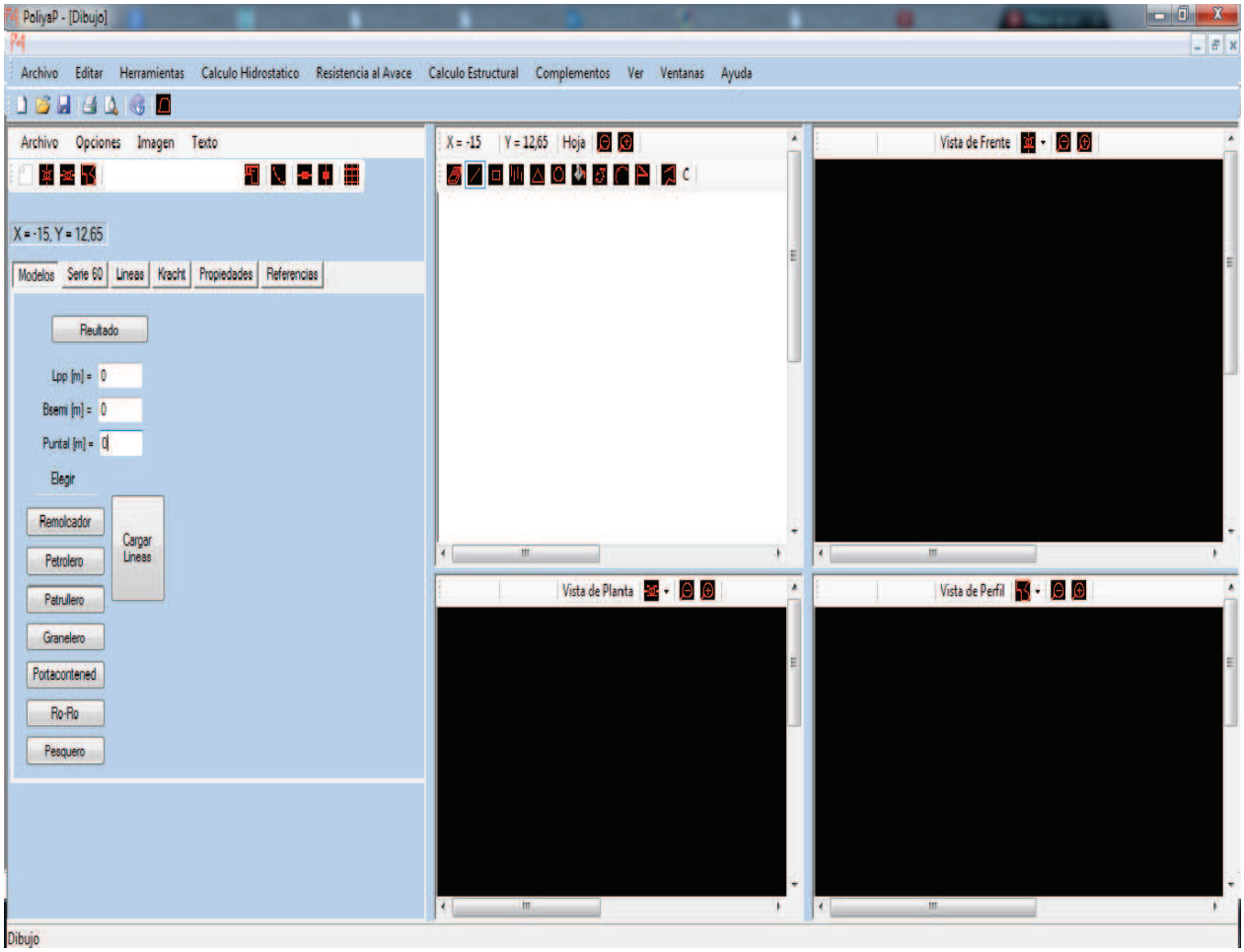
1- Por medio de los coeficientes de formas
2- Mediante el volumen de carena y las áreas principales
3- Estima las dimensiones principales utilizando como datos la velocidad y el tipo de buque

CREACION DE PROYECTO:

Esta es la herramienta más potente del programa ya que puede crear desde cero las líneas de un buque implementando distintos métodos. Estos generan una tabla de puntos, que puede ser modificada numéricamente punto por punto, como también interactivamente mediante los modelos gráficos.

La creación de proyecto puede dividirse en:

1- Derivación de formas: herramienta que por transformaciones paramétricas es capaz de generar las líneas de un buque.
   Eligiendo el tipo de buque sumado a ciertas dimensiones principales como la eslora, la manga y el puntal, podemos hallar las líneas de nuestro buque



Serie 60: es una continuacion de la Serie 57 desarrollada a comienzos de la decada del 50 y presentada ante el SNAME en 1951. Dos años después se presentó este trabajo con mejoras en la forma de la carena dado que los resultados de la resistencia al avance de la primitiva no fueron del todo satisfactorios. Esto condujo a una cuidadosa revisión de las carenas estudiadas comparándola con buques que tuvieron comportamiento satisfactorio y algunos diseños posteriores arrojaron como resultado un cambio en las lineas, se agregó además un estimulador de turbulencia. En la actualidad sigue dando buenos resultados, solo hay que tener en cuenta que las popas responden al tipo “crucero” y en la actualidad se utiliza el “espejo”.

Podemos dibujar las líneas según Serie 60 en cuestión de segundos; solo es necesario ingresar la eslora, la semi manga, el calado, el coeficiente de block y la posición longitudinal del centro de carena, y el programa no solo calcula el Cpe y el Cpr, sino también la totalidad de las líneas. Estos cálculos se ven

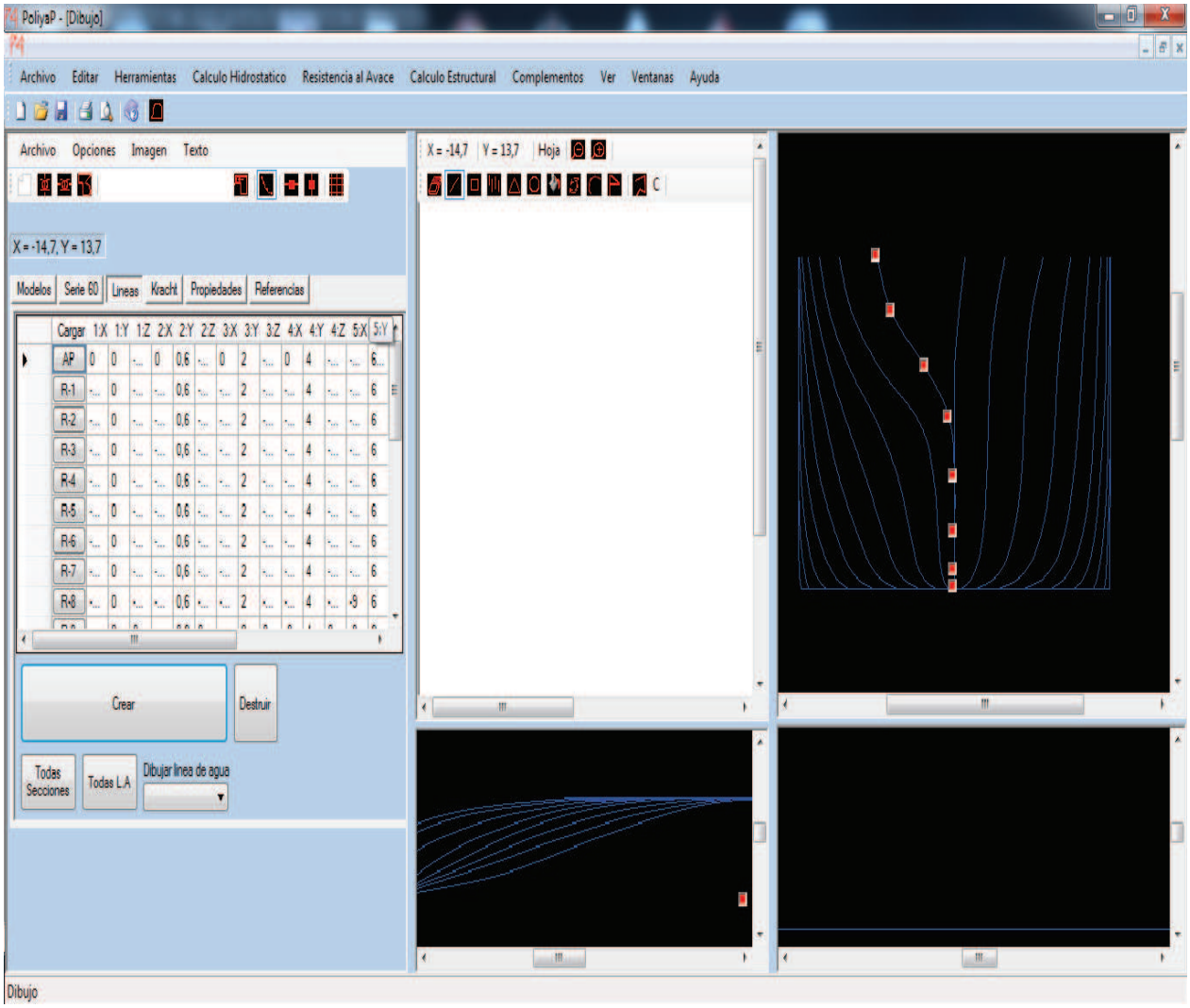
plasmados en una tabla de puntos, y presionando un botón podremos dibujarlas bidimensionalmente en tres vistas.

2- Kracht: él explica en su trabajo cómo es la hidrodinamica del bulbo y su influencia en la resistencia. Divide a la resistencia total en friccional, formacion de olas y por ruptura de olas. Está claro que el comportamiento de un bulbo es totalmente diferente según los Cb y velocidades, y que su funcionamiento se basa en la creación de un sistema de olas que interfiera la ola de proa provocando su reducción; y de esa manera se minimiza la cantidad de energía que se entrega al agua, maximizándo su uso en la propulsión. Dependiendo de la diferencia de fases y amplitudes se consigue lo deseado. Los estudios demuestran que la posicion del bulbo trabaja sobre las fases y su volumen sobre las amplitudes.

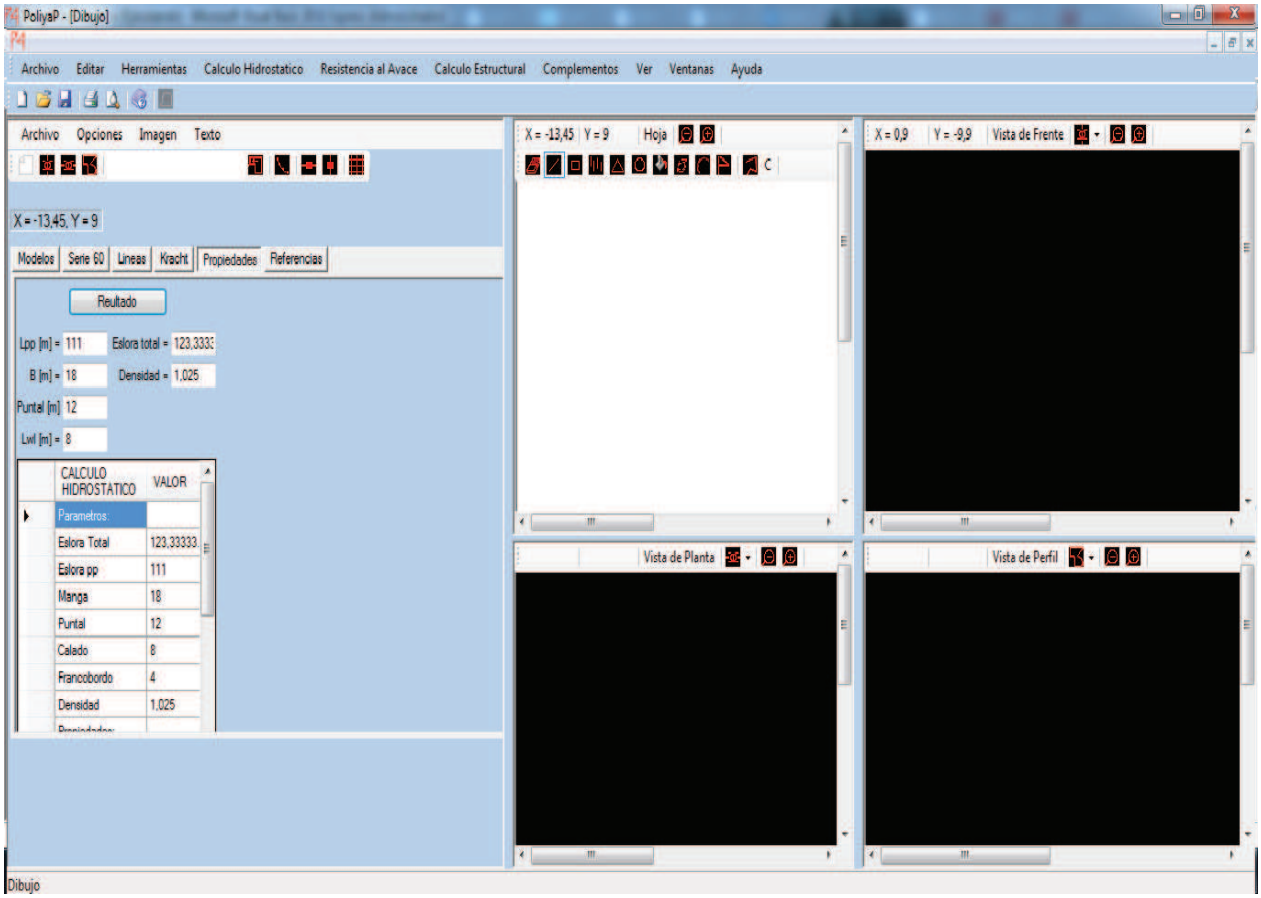
   Mediante este método podemos conocer con tan solo algunas características de nuestro buque las dimensiones del bulbo que queremos hallar. Esto es de gran utilidad puesto que serie 60 no calcula a la proa con el bulbo

3- Tabla de puntos: Podemos ver lo calculado mediante derivación de formas o serie 60 en la ventana “Líneas”, que es una tabla de puntos. En esta se pueden modificar los puntos, y es posible verificarlos visualmente en las vistas de proyecto.

   La manera de trabajar con la tabla es variada. Podemos crear la superficie del casco, teniendo las vistas de frente, planta y perfil; o podemos dibujarlas todas juntas o de a una en la ventana “Hoja” que es un editor donde se pueden modificar las líneas hechas cambiándolas de color, dándole una escala, poniéndole un rotulo, etc.



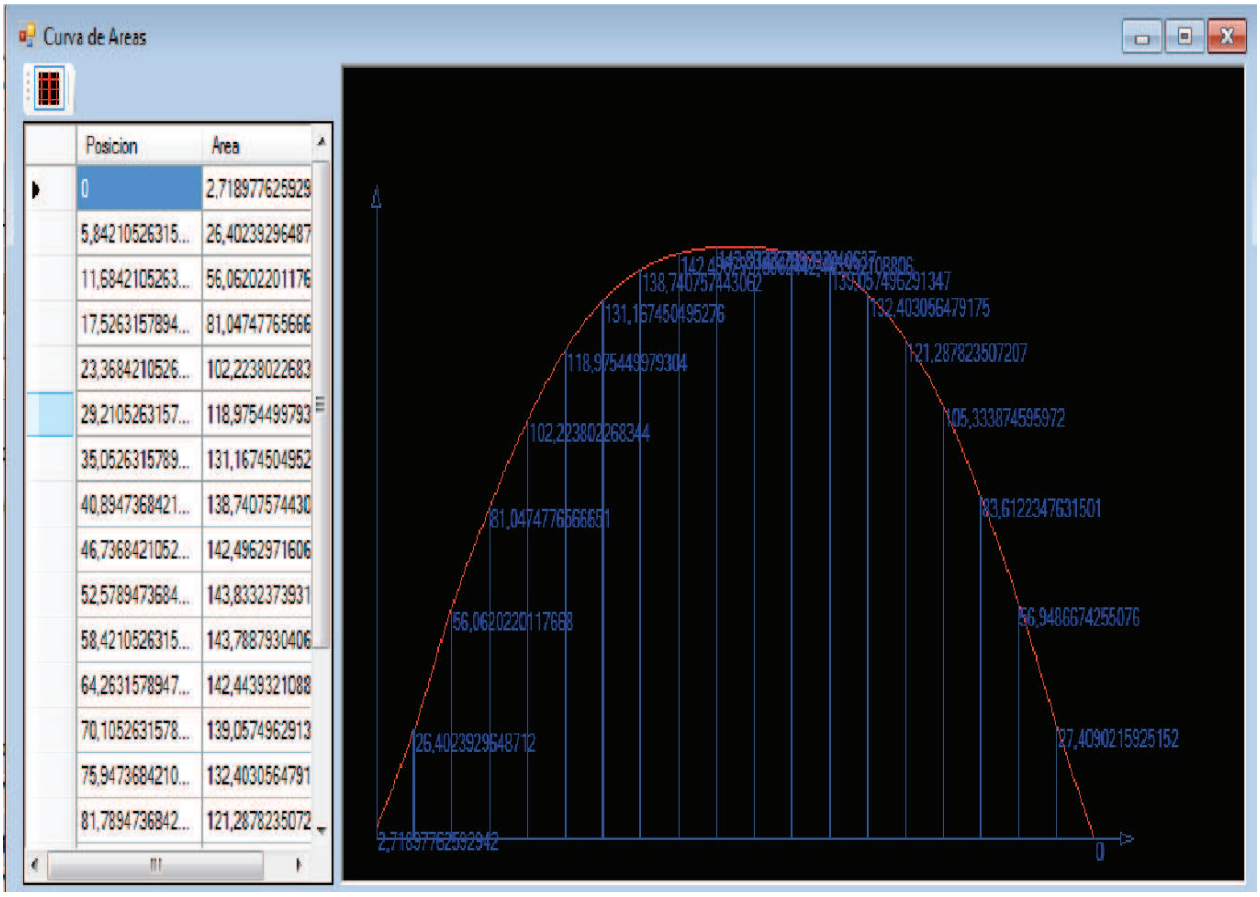
4- Propiedades: Con esta opción podemos hallar las propiedades hidrostáticas del diseño, obteniendo al instante los resultados numéricos de nuestras modificaciones.



5- Curva de áreas: esta es una herramienta importante y muy fácil de utilizar, puesto que con un solo clic podemos conocer la curva de áreas de nuestro proyecto.

La parte visual es muy simple, teniendo dos opciones: una solo con los ejes y la curva, y otra con estas dos sumado a barras verticales que representan las áreas (líneas azules) con sus respectivos valores en los extremos.

El icono que abre esta ventana se habilita cuando damos comienzo a la creación del proyecto, de otro modo el acceso permanecerá desactivado.



6- Interface: es muy dinámica y con muchas opciones para personalizar nuestra manera de trabajar.

Se divide en tres partes que cumplen actividades complementarias:

a- Panel de control: aquí es donde pueden crearse las líneas de un buque, modificarlas, agregarle un bulbo y conocer sus propiedades.

Pero también desde este panel se controla el resto de las ventanas.

Principales herramientas:

-  "barra de comandos": en este espacio es posible escribir el comando que queramos activar. Podemos utilizarla para dibujar en la "Hoja" de dibujo. Para esto escribimos en la barra el nombre del comando sumado a sus coordenadas.

Ejemplo: para dibujar una línea escribimos con la siguiente estructura.

Linea, X_{inicio}, Y_{inicio}, X_{final}, Y_{final}

Luego al presionar enter, o al hacer clic en la figura que representa la tecla enter y se encuentra al costado derecho de la barra, veremos cómo se genera la figura que introdujimos.

- "Hoja": al presionar sobre este icono ampliamos la hoja de dibujo al máximo, ubicándola por sobre las ventanas del proyecto (hojas negras). Si presionamos nuevamente la hoja regresa a sus dimensiones normales y reaparecen las ventanas de proyecto.

-  "Vista de Frente": al activarlo deja como única ventana a la vista de frente (donde se encuentran las secciones del buque). Al desactivarlo regresa a sus dimensiones normales.

-  "Vista de Planta": al activarlo deja como única ventana a la vista de planta (donde se encuentran las líneas de agua del buque). Al desactivarlo regresa a sus dimensiones normales.

-  "Vista de Perfil": al activarlo deja como única ventana a la vista de perfil. Al desactivarlo regresa a sus dimensiones normales.

-  "Red": al activarlo se puede ver las redes de puntos que describen las líneas en las distintas ventanas del proyecto. En la vista de frente la red de puntos es sobre cada sección, mientras que en la vista de planta los puntos son los que generan las líneas de agua. Cuando lo desactivamos la red de puntos desaparece, dejando solo las líneas.

-  "Orto X": al activarlo, los puntos de la "Red" solo se pueden desplazar horizontalmente. Cuando lo desactivamos los puntos vuelven a poder moverse libremente.

-  "Orto Y": al activarlo, los puntos de la "Red" solo se pueden desplazar Verticalmente. Cuando lo desactivamos los puntos vuelven a poder moverse libremente.

-  "Guías": al activarlo, el programa genera unas líneas horizontales en la vista de frente y la vista de perfil, y unas líneas verticales en la vista

de planta, las cuales representan en las primeras vistas las líneas de agua, mientras que en la vista de planta representan las secciones.

b- Hoja de Dibujo: en esta ventana es posible editar las líneas creadas para realizar una presentación. Una de sus particularidades es la de poder hacer un rotulo con tal solo un clic, ya que el programa viene cargado con formas predeterminadas.

Principales herramientas:

-  y  "Lupa": estos iconos nos permite acercar o alejar la vista al dibujo que estemos haciendo.

-  "Goma": una vez activado este icono podemos borrar cualquier dibujo desplazando el clic mantenido.

-  "Lápiz": podemos dibujar libremente al hacer clic y mantenerlo apretado.

-  "rectángulo": al hacer clic indicamos el inicio del rectángulo, al soltar marcamos el final.

_  "Pintura": haciendo clic pintamos cualquier superficie cerrada.

_  "Polilínea": con el botón izquierdo del mouse marcamos inicio y los vértices de la polilínea, y con el botón derecho el final.



c- Vistas del Proyecto: son tres ventanas (las ventanas negras) que sirven para ver y/o modificar el proyecto. En estas es posible cambiar las dimensiones del buque, viéndose afectada la tabla de puntos, la cual cambia conforme van cambiando las coordenadas de los puntos.

RESISTENCIA AL AVANCE:

Cuando se está comenzando un proyecto y se está estudiando las características generales del buque, uno de los factores importantes es la planta propulsora. Para determinar cuál es el motor a utilizar hace falta conocer la potencia requerida. Como la realización de ensayos de modelos es muy cara y en esta etapa no hay contrato firmado, es información fundamental a incorporar a las especificaciones técnicas que forman parte del mismo. Hay que fundarse en alguna base de datos, la mejor sin dudas, es tener un buque similar al cual se le introducen cambios en las dimensiones principales. Como obviamente es muy difícil, sobre todo para diseñadores con pocos recursos, hay que buscar en las publicaciones de los distintos canales de experiencias.

Esta sección del programa nos ofrece un abanico de métodos que nos sirven para obtener la resistencia al avance para distintos tipos de buques en distintas condiciones.

1- **Método del Almirantazgo.**

Con el advenimiento de la planta a vapor se comenzaron a usar algunas formulas empíricas para estimar la potencia necesaria para la propulsión. Una de estas formulas es la del almirantazgo, que dice que la potencia necesaria está dada por:

$$P = \frac{\Delta^{2/3} \cdot V^3}{C}$$

La constante C depende del tipo de buque.

2- **Método de Holtrop Y Mennen.**

Es un método empírico/estadístico/matemático. Se basa en encontrar las ecuaciones matemáticas basadas en RT medida en prueba de modelo. Los límites se establecen por medio de:

_El numero de Froude: $0 < Fn < 0,85$

_El coeficiente prismático: $0,55 < Cp < 0,85$

_La relación eslora-manga: $3,9 < L/B < 9,5$

Como el método es matemático se utiliza la resistencia viscosa (Rv), es decir que la resistencia de forma se incluye en Rf (cuando son métodos basados en ensayos de modelos la resistencia de forma se incluyen en Rr). La resistencia viscosa es función de Rn (numero de Reynold) y de las formas del buque y se toma en coeficiente friccional como: $Cf = \frac{0,075}{(\log Rn - 2)^2}$

La resistencia por apéndices se incorpora a la resistencia como una superficie más que afecta la Rf.

Holtrop ensayo distintos apéndices en carenas, traduciendo su resistencia en “longitudes verticales de cada tipo de apéndices”, es decir, cuando la longitud

vertical del apéndice iguala la eslora del buque la contribución del apéndice a la resistencia es solo como si formara parte de la superficie mojada.

Mayor es la incidencia del apéndice en la resistencia de forma cuando este es más corto.

Este método también permite calcular los DHP (Potencia entregada a la hélice, lo que requiere tener conocimiento de algunos factores que hacen a la relación entre la hélice y el casco.

3- **Método de Guldhammer y Harvald**

Es un método empírico-estadístico realizado por estudiantes dinamarqueses.

Tiene las siguientes limitaciones:

_El número de Froude: $0,15 < Fn < 0,55$

_El coeficiente prismático: $0,4 < Cp < 0,8$

$0 < L/V^{1/3} < 0,85$

$-3 < Lcb < 3$

Aplicaron el criterio de los coeficientes: $Ct = Cf + Cr + Ca$

El Cf está basado en la ITTC, el Cr esta en forma de grafico donde se entra con

$Fn = V/(g.L)^{1/2}$; con Cr 10^3 ; y con $L/\Delta^{1/2} = 4$; obteniendo Cpp

Se deben hacer las siguientes correcciones:

_por relación $B/H \neq 2,5$

_corrección por posición longitudinal del centro de carena distinto al estándar (a proa o popa según Fn)

_por forma de popa y proa

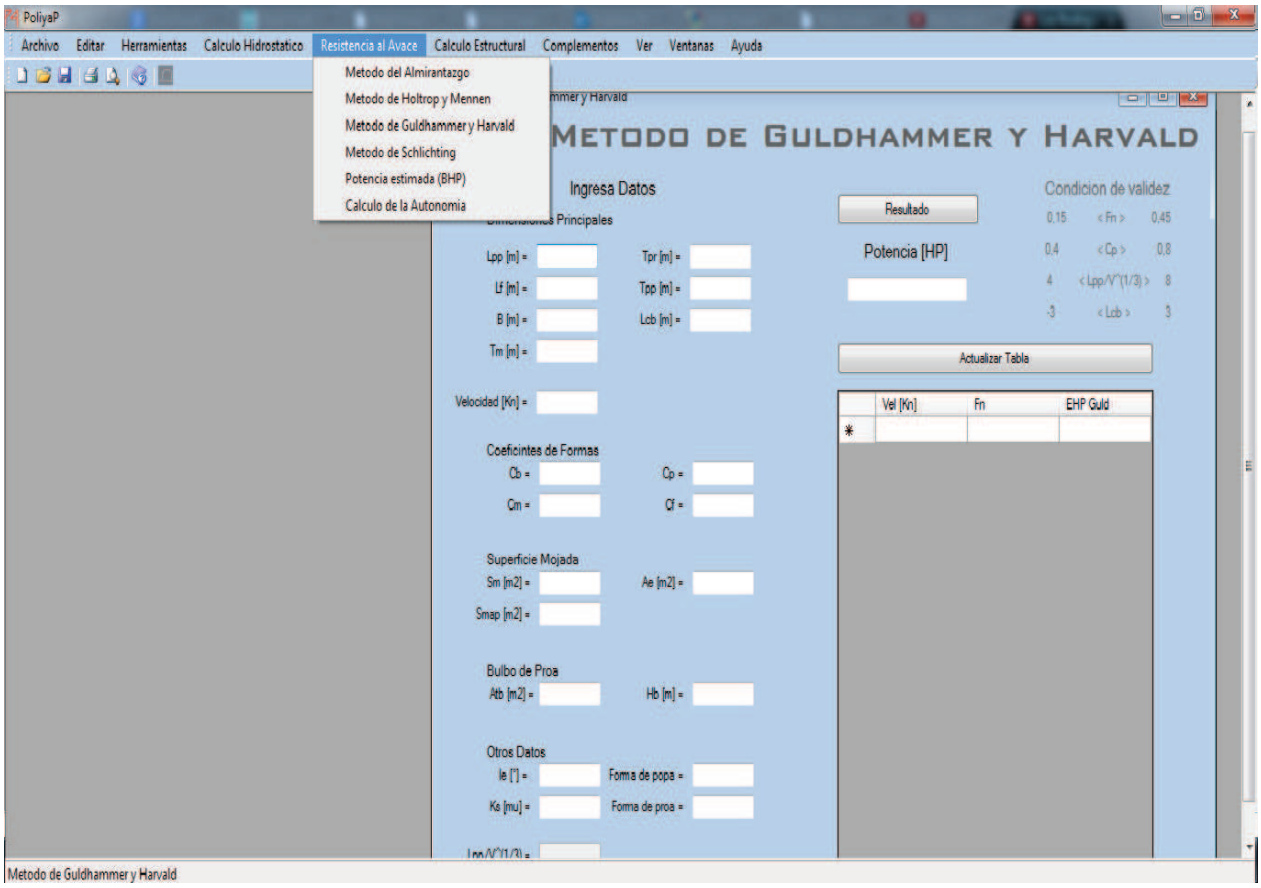
_por bulbo (grafico con Fn)

_por apéndice (timones, quillas de rolido, bocinas)

_por rugosidad del casco: en lugar de aplicar Ca = 0,004 aplica una corrección a Ca por L que puede llegar a ser hasta favorable para buques de L > 200 m

_de la RF por apéndices, se le hace al Cf (ITTC)

El programa selecciona automáticamente los gráficos y los analiza extrayendo los resultados.



4- **Método de Schlichting**

Este método nace en 1935 y se emplea para el cálculo de la resistencia al avance de un buque fluvial en aguas restringidas.

El método parte de la resistencia al avance en aguas profundas, que se puede usar una vez utilizado Holtrop. Este método consiste en buscar a qué velocidad en aguas restringidas, el buque encuentra una resistencia igual que en aguas profundas. Schlichting confecciono un grafico de doble entrada donde obtenemos como resultado ΔV como porcentaje de V que se debe restar a la V correspondiente para obtener la velocidad a la cual el buque

encuentra en aguas profundas restringidas igual a la que encontraría en aguas profundas a la velocidad V. Después se entra por el mismo valor y se corta Rf, restando al Rf de aguas profundas se obtiene el de aguas restringidas. Obteniendo la corrección de los valores.

Al igual que con el método de Guldhammer y Harvald el programa extrae los resultados automáticamente de su tabla. Esto reduce los tiempos considerablemente, permitiéndolo hacer reiteradamente para verificar o al realizar modificaciones en el proyecto.

5- **Potencia estimada**

Con tan solo seleccionar el método con el que hayamos calculado la resistencia al avance podemos estimar los EHP (efective horse power) y BHP (brake horse power).

6- **Calculo de la Autonomía**

Para el calculo de la cantidad de combustible se parte de la autonomia solicitada y la velocidad, con ello se obtiene la cantidad de horas navegadas, en funcion de la potencia del motor principal se tiene el consumo por hora, en caso de no contar con un catalogo del motor el programa lo estima según el tipo de motor (2 o 4 tiempos).

CALCULO ESTRUCTURAL:

1- **Estimación de Peso y KG.**

Para la estimacion de pesos hay tantos metodos como proyectistas, muy poco publicado, y de lo publicado de buques actuales no se registran datos.

Para esto dividimos el peso del buque es tres.

Para la estimacion del peso de acero el de aplicación más universal es el de Watson y Gilfillan, y esta basado en el viejo calculo del numeral de equipo para anclas, cadenas y equipo de amarre del Lloyd’s. Posteriormente ese metodo fue reemplazado por otro que es el mismo para todas las sociedades de clasificacion que son miembros del IACS, aunque no resulto de utilidad

para la estimacion del peso de acero con lo cual quedo el viejo sin modificacion.

El peso de acero asi determinado es para un coeficiente de block estandar de 0,7 al 80% del puntal, si es distinto se ajustarse mediante una formula.

El paso siguiente es la estimacion del peso de maquinas; esto puede hacerse por dos caminos, conociendo la potencia de los motores, se busca en algun catalogo cual es el más proximo, y si no se dispone de catalogo hay una expresion que lo hace automaticamente según el tipo de buque.

Para la estimacion del peso del alistamiento Watson creó una tabla con valores de distintos tipos de buques, la cual puede usarse en una primera etapa.

2- **Calculo de Escantillonado.**

Este cálculo se hace mediante las reglas del registro de clasificación NKK, pero solo están cargadas en el programa las reglas de construcción para barcazas de acero.

BIBLIOGRAFIA:

[1] - J. Holtrop and G.G.J Mennen – “An approximate power prediction method”

[2] – Tutorial de programación en Visual Basic .Net

[3] – Apuntes de la cátedra Teoría del buque II

[4] – Apuntes de la cátedra Proyecto de buque I

Remolcador oceánico. Prediccion de maniobrabilidad

Mención especial Premio Mejor Trabajo de Estudiante. Argentina 2011

*ANCAP, República Oriental del Uruguay
**Astillero Comodoro, filial República Oriental del Uruguay
***Facultad de Ingeniería, Buenos Aires, Argentina

ANCAP, empresa petrolera nacional uruguaya encargó el diseño hidrodinámico, estructural y de máquinas de un remolcador oceánico para modernizar y ampliar los recursos utilizados en la operación y mantenimiento de su boya petrolera SBM de José Ignacio, en la costa atlántica del país.

El diseño de este remolcador, ya concluido, tuvo en cuenta que el buque debía poseer una muy buena maniobrabilidad. Además un calado restringido para poder operar en su puerto base con la posibilidad de incrementar dicho calado en operación.

En el artículo se presentan las características principales de diseño de este remolcador incluyendo aspectos hidrodinámicos, distribución de masas, aspectos básicos del diseño estructural, casillaje y cubierta.

Para comprobar las características de maniobrabilidad del buque se ensayó un modelo en escala. Para la detección de la posición del modelo durante las pruebas se utilizó el sistema GPS en modalidad cinemática por observación de fase de la portadora L1. En el artículo se muestran las características principales del ensayo y el sistema utilizado para registrar las trayectorias. Se realizaron ensayos de determinación de diámetro táctico, y otras pruebas. Los resultados permiten prever que el buque tendrá características aceptables de maniobrabilidad, cuantificadas en

este caso por estándares de maniobrabilidad aceptados actualmente por la industria naval en otros tipos de embarcaciones.

ANCAP, ente petrolero estatal uruguayo, posee una boya petrolera SBM ubicada en su costa atlántica, frente a la localidad de José Ignacio. La boya se conecta por medio de manguerotes a los buques petroleros y se conecta a su vez a una terminal terrestre por medio de un oleoducto submarino.

La boya petrolera, instalada en 1977 constituye el punto de ingreso a Uruguay de todo el petróleo crudo que se refina en el país. Además de la evidente importancia estratégica que tiene entonces esta instalación, debe agregarse la consideración de que la misma se ubica precisamente en la zona turística más importante del Uruguay.

Esto implica que deben extremarse los cuidados en la operación y mantenimiento de la instalación no sólo por consideraciones ambientales, sino porque el prestigio de las playas del este uruguayo constituye buena parte de su atractivo turístico, generador a su vez de una fuerte actividad económica.



Figura 13: Ubicación de la boya petrolera de José Ignacio

En los últimos años se ha registrado un importante aumento de las exigencias de trabajo en la mencionada boya petrolera.

El aumento de las importaciones de petróleo, normativas más exigentes (producto del aprendizaje) respecto a la inspección fuera del agua de los manguerotes y elementos de amarre, así como un aumento estadísticamente probado de los días con fuerte oleaje en la zona, han generado la necesidad de modernizar y ampliar las los buques que sirven de apoyo a la operación y mantenimiento de la instalación.

Los buques de apoyo son en la actualidad los remolcadores ANCAP VII, de 23 m de eslora y 780 HP de potencia y el ANCAP VIII, de 17 m de eslora y 780 HP de potencia propulsora.

ANCAP ha decidido sustituir uno de ellos por un remolcador de las siguientes características:

Eslora [m]	30.00
Manga [m]	9.00
Calado de diseño [m]	3.50
Potencia propulsora [CV]	2x1600
Bollard pull [t]	38

Luego de un proceso competitivo en el que participaron diversas firmas de Argentina, Uruguay, Holanda, España y Rusia, se adjudicó el diseño del buque a ACSA- ICP. El proyecto se realizó en consulta con técnicos y tripulantes de ANCAP, de modo de poder conjugar los aspectos clásicos de diseño estructural, hidrodinámico, propulsivo, etc., con las necesidades específicas del trabajo en la boya petrolera y en el puerto base del buque.

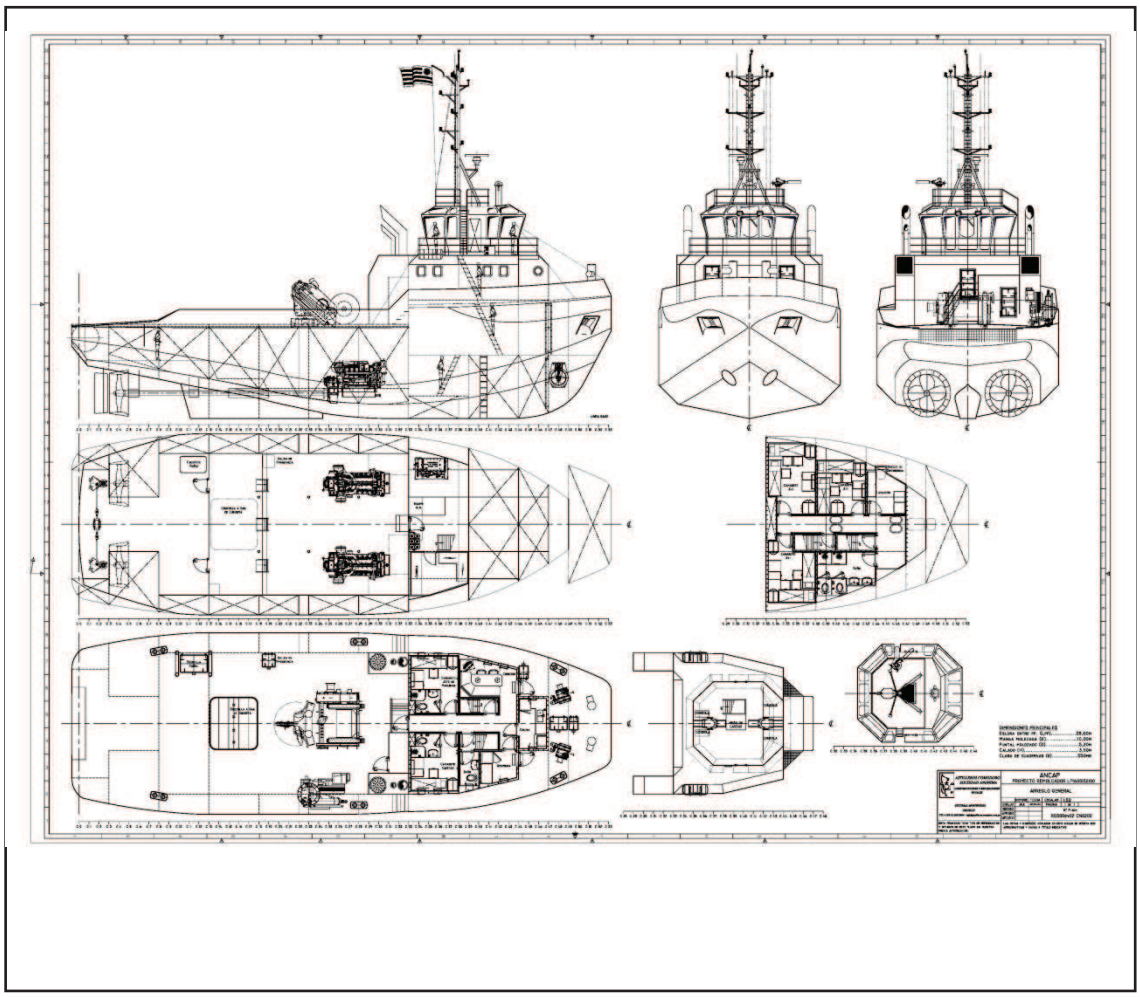


Figura 14: Arreglo general del remolcador proyectado

En la figura 2 se muestra un arreglo general del buque. Las cualidades principales requeridas, y recogidas en el diseño son las siguientes:

-Buque de doble propulsión con hélice transversal en proa (esto último incorporado a sugerencia de los diseñadores durante la etapa de proyecto).

- Buenas características de maniobrabilidad por el hecho de que este buque realizará el transporte del personal de amarre a los buques petroleros, y además por tener como puerto base el de Punta del Este, el cual en la temporada estival se encuentra con todas sus amarras a muelle y borneos ocupados por yates de alto valor

- Superficie de cubierta libre en popa de al menos 16 m de largo por toda la manga en el ancho
- Posibilidad de regular calados, con un mínimo de 3,50 m en puerto y máximo de 4,50 m en operación para dotar al buque de mayor resistencia a la aceleración impuesta por oleaje.

Por indicaciones del Pliego de Condiciones que dio lugar a la elección del diseñador del buque, se realizaron ensayos de modelo físico para asegurar la maniobrabilidad del buque. La realización de estos ensayos y el análisis de sus resultados constituyen el objeto de este artículo.

REMOLCADOR RO30

Se determinó la capacidad de virada mediante la medición del diámetro táctico en un modelo en escala 1:15.

La
Tabla **2** muestra las características del modelo y el buque ensayado.

Eslora entre perpendiculares LPP_b [m]	30.000	**Calado en sección media H_b** [m]	3.500
Eslora en flotación LWL_b [m]	28.600	**Volumen de carena** [m^3]	470.371
Manga máxima en flotación B_b [m]	9.989	**Desplazamiento** [t]	491.900

Tabla 2: Características del buque en la condición ensayada

Los ensayos se realizaron para un radio de giro longitudinal (pitch & yaw) de 25% de la eslora entre perpendiculares (7.50 m) y un radio de giro transversal (roll) del 40% de la manga en flotación (3.99 m). La posición vertical del centro de gravedad está en 3.60 m sobre la línea de base.

Para determinar las posiciones del modelo durante las pruebas se utilizó el sistema GPS en modalidad cinemática por observación de fase de la portadora L1. Dos

equipos Trimble serie 4000 del Instituto de Geodesia y Geofísica Aplicadas, de la Facultad de Ingeniería, fueron utilizados como estaciones fijas de referencia, y dos receptores Ashtech ProMark3 del Departamento de Agrimensura fueron instalados a bordo (



Figura 15), ubicando una antena en proa y otra en popa.

Se registraron las observaciones a razón de una por segundo, expresándose los resultados en coordenadas planimétricas en el sistema cartográfico Gauss Kruger.

La
Tabla **2** muestra una sección de los resultados medidos.

No se registró la escora del modelo por efecto de las viradas.



Figura 15: Modelo durante el ensayo

Como verificación de la precisión de la medición mediante los GPS se controló la distancia entre las posiciones de las antenas en cada punto medido.

La desviación media standard de la separación de las antenas, según fuera registrada por el sistema de medición a lo largo de la experiencia, fue de 3 mm (0.25% de la distancia real).

Por cálculo se obtuvieron los ángulos de yaw, las velocidades y las aceleraciones.

En la
Tabla **3** se muestran los resultados obtenidos.

COORDENADAS REFERIDAS AL PUNTO INICIAL DEL ENSAYO				
t	**X_{PR}**	**Y_{PR}**	**X_{PP}**	**Y_{PP}**
[s]	[m]	(m)	[m]	[m]
7	-4.721	-10.550	-4.422	-11.696
8	-4.571	-12.090	-3.892	-13.066

9	-3.926	-13.435	-2.979	-14.144
10	-2.921	-14.483	-1.806	-14.885
11	-1.649	-15.178	-0.468	-15.251
12	-0.235	-15.485	0.925	-15.235
13	1.218	-15.388	2.264	-14.829
14	2.595	-14.896	3.447	-14.068
15	3.794	-14.035	4.388	-13.010
16	4.721	-12.883	5.014	-11.734
17	5.306	-11.528	5.264	-10.339
18	5.496	-10.061	5.130	-8.935
19	5.284	-8.614	4.620	-7.631
20	4.683	-7.275	3.774	-6.518
21	3.741	-6.161	2.656	-5.680
22	2.533	-5.346	1.357	-5.188
23	1.152	-4.907	-0.022	-5.081
24	-0.284	-4.877	-1.363	-5.371
25	-1.668	-5.245	-2.564	-6.022
26	-2.884	-5.995	-3.527	-6.989
27	-3.836	-7.056	-4.181	-8.192
28	-4.468	-8.345	-4.489	-9.528
29	-4.718	-9.756	-4.404	-10.897
30	-4.553	-11.179	-3.932	-12.185

Tabla 3: Posición del modelo durante el ensayo

ESCALA	15.00	
Tiempo para el cambio de curso en 90°	7.25	28.1
Tiempo para el cambio de curso en 180°	12.50	48.4

Diámetro táctico [m]	9.48	142.185
Diametro táctico (N° de esloras)	4.74	
Avance [m]	8.70	130.52
Avance (N° de esloras)	4.35	
Desplazamiento [t]		491.9
Eslora [m]		30.00
Rating of turning ability (Rtd)		**1**

Tabla 4: Parámetros resultantes del ensayo

En consecuencia se cumple al criterio requerido por el armador (ABS Vessel Manouvering) Diámetro táctico menor que 5 esloras y avance menor de 4.5 esloras. Sin embargo, dado el servicio a que se destinará el buque, se propone modificar el sistema de gobierno mediante las siguientes medidas:

- Reemplazar los timones planos por timones perfilados
- Aumentar el área de los timones.
- Reemplazar un timón simple por tres timones solidarios detrás de la misma tobera.

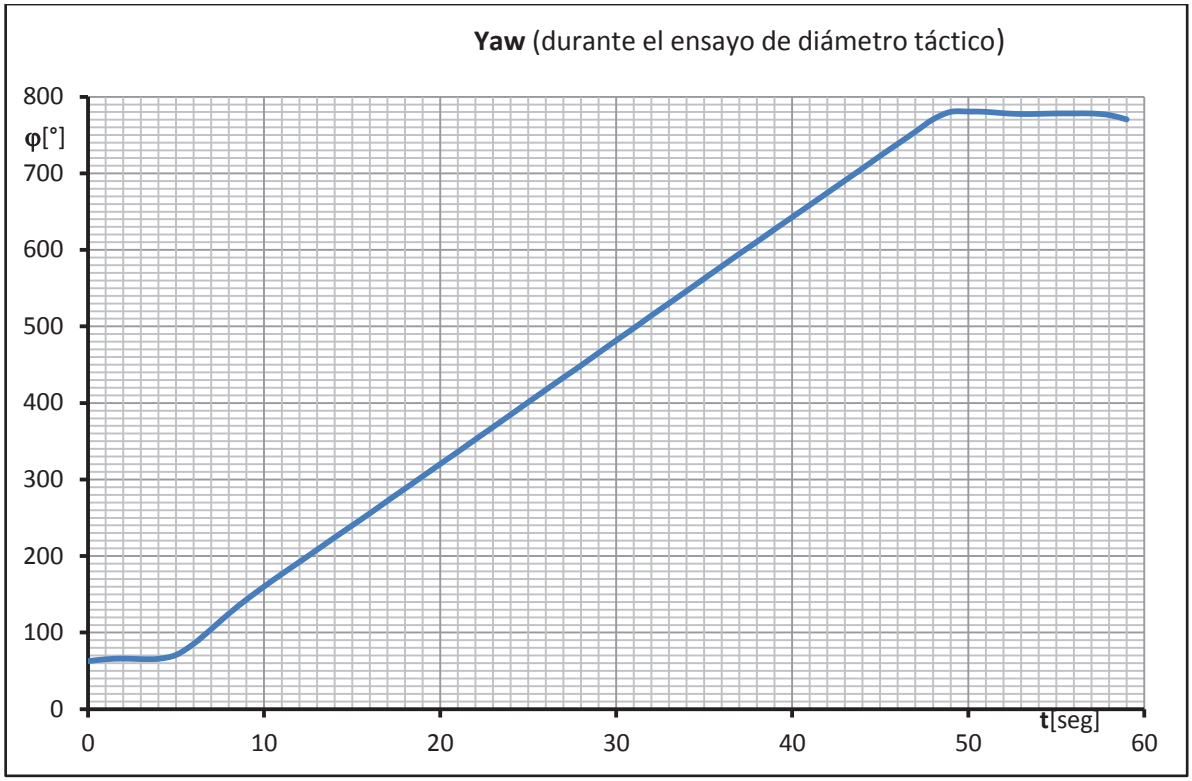


Figura 16: Registro del yaw durante la prueba

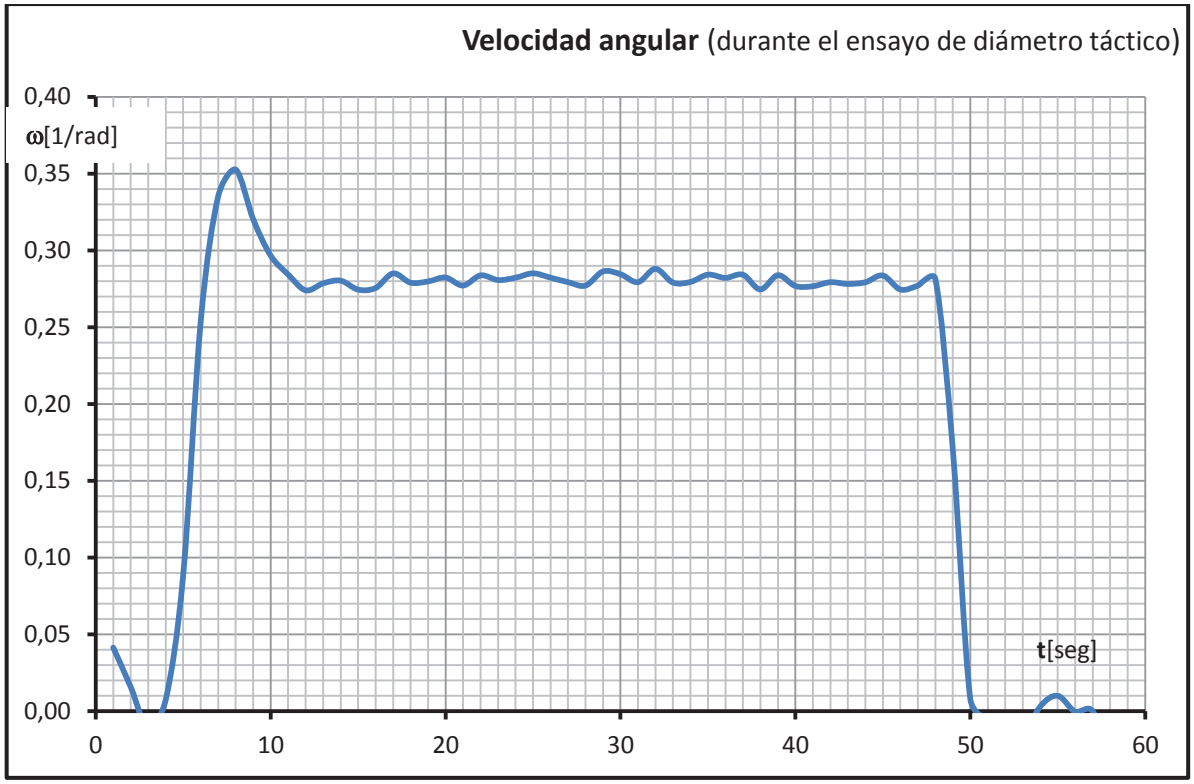


Figura 17: Velocidad angular durante el ensayo [1/rad]

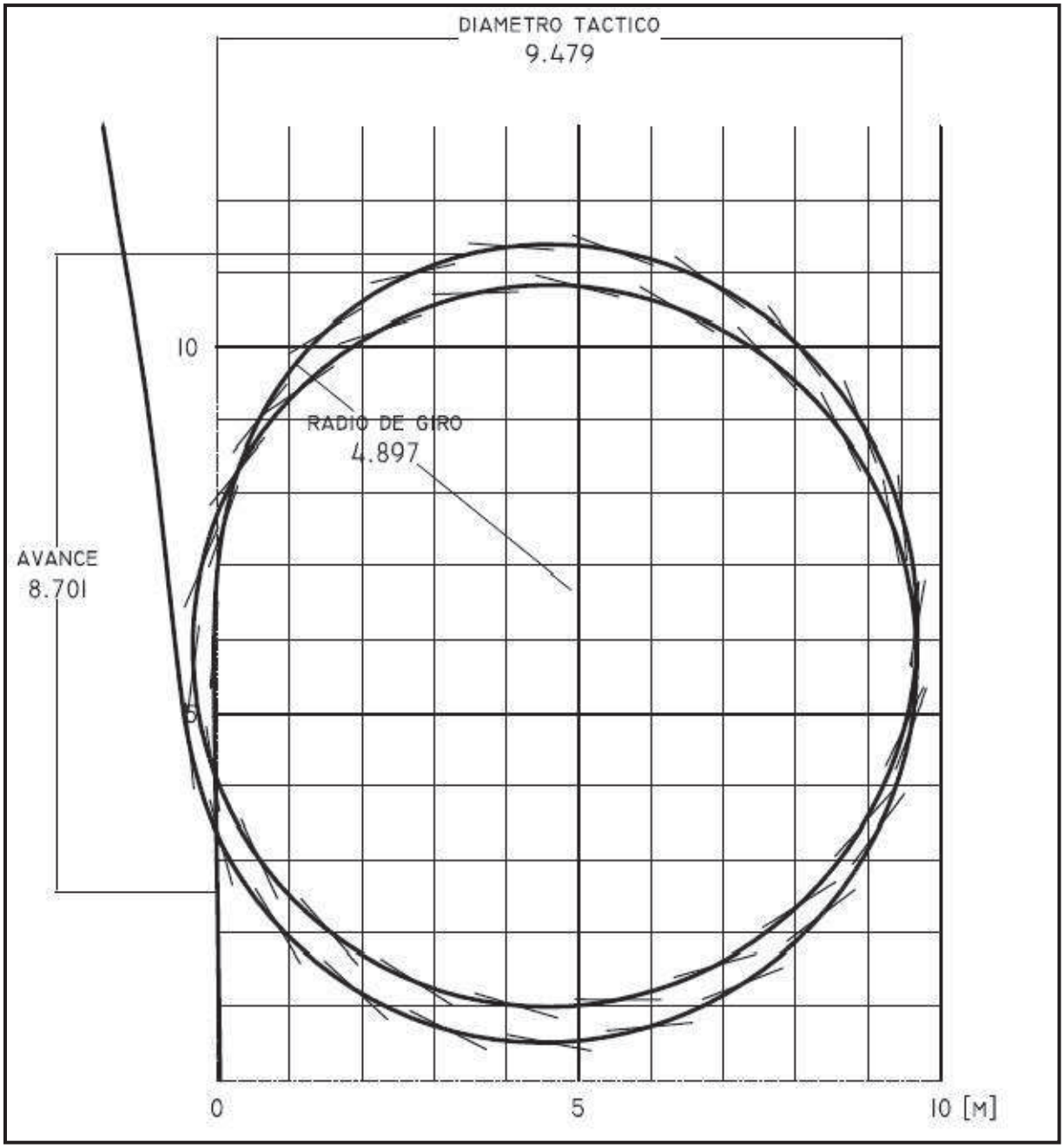


Figura 18: Trayectoria durante la medición del diámetro táctico

STOPPING ABILITY

El ensayo para determinar la capacidad de dar marcha atrás en mínimo tiempo se analizó haciendo avanzar el modelo a una velocidad elevada (10.9 kt) e invirtiendo la marcha rápidamente.

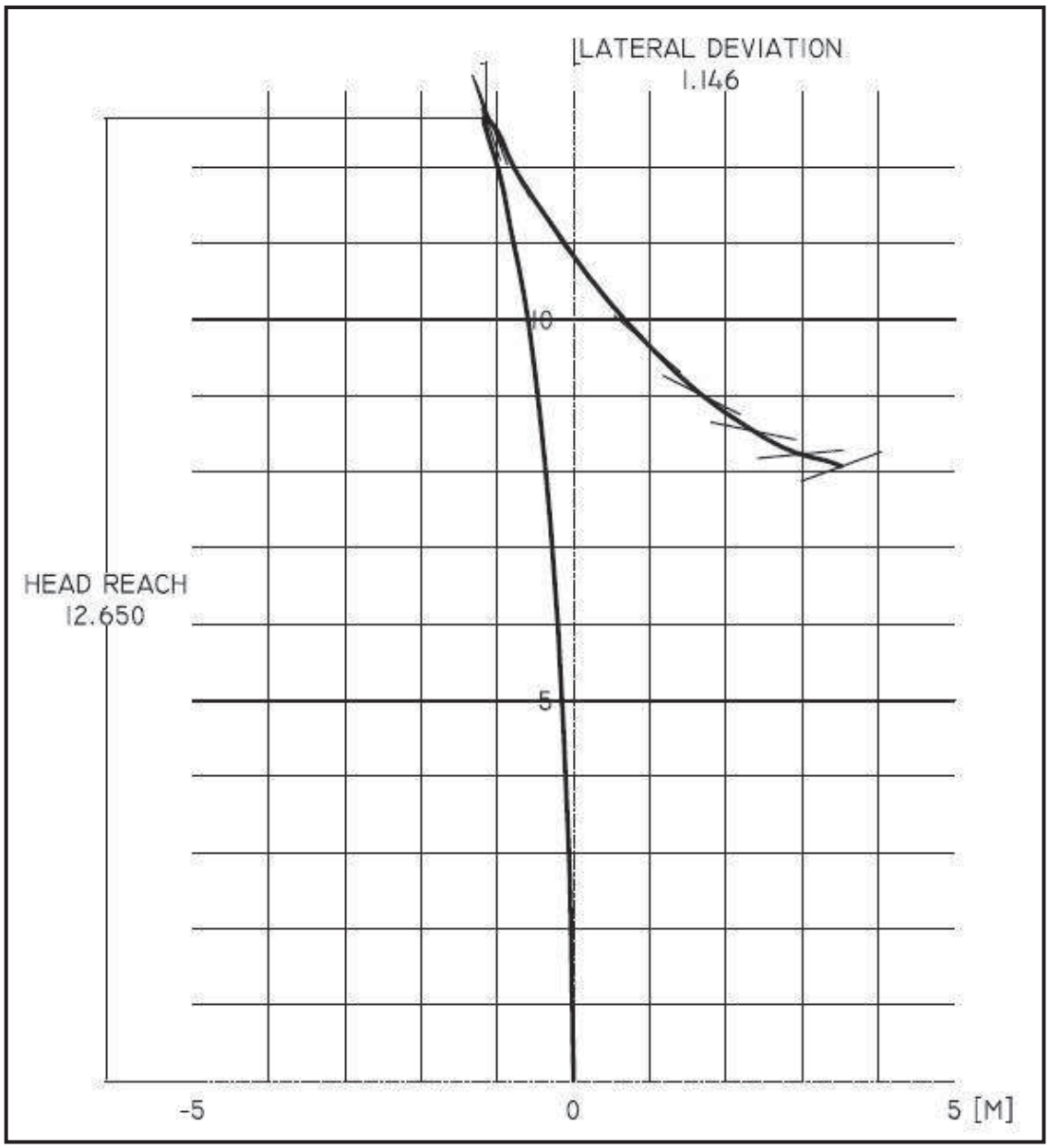


Figura 19: Tayectoria durante la prueba de stopping ability

Como se observa en la

Tabla **5** los requerimientos de ABS se cumplen y el rating es de 4.

La trayectoria registrada durante la medición se observa en la Figura **19**.

ESCALA	**15.00**	
Head reach (HR) [m]	12.65	189.8
Non dimensional Head reach (in lenghts)	6.33	
Track reach (TR) [m]	12.75	191.3
Non dimensional Track (reach in lenghts)		
Lateral deviation	1.15	17.2
Velocidad [m/s]	1.45	10.92
Desplazamiento		491.90
Eslora	2.00	30.00
Froude F_N	0.33	
15*Eslora	40.00	600.00
Head reach criteria (Barr 1981)	CUMPLE: TR<15L	
Rating of stoping ability (Rts)		4

Tabla 5: Parámetros del ensayo de stopping ability