Instituto Panamericano de Ingeniería Naval
Instituto Pan-americano de Engenharia Naval
Pan-american Institute of Naval Engineering

XI CONGRESO PANAMERICANO DE INGENIERIA NAVAL,
TRANSPORTE MARITIMO E INGENIERIA PORTUARIA.

GESTION DE CONSERVACION DE LA ENERGIA EN LA FLOTA DE BUQUES TANQUES DE ESSO S.A.P.A

PAPER N° 1

ING. JORGE MARIO CORTI
Argentina

23

GESTION DE CONSERVACION DE LA ENERGIA EN LA FLOTA DE BUQUES TANQUES DE ESSO SAPA

Por Ing. Corti J. M.

Jorge Mario Corti es Ingeniero Naval y Mecánico de la Universidad de Buenos Aires, y post-grado en "Organización Empresaria" en la misma Universidad.

Se desempeña en la Organización ESSO desde 1968; en su función actual como Coordinador de Ingeniería y Servicios Técnicos del Departamento Suministros y Transportes, asesora a la Gerencia sobre temas relacionados con la Ingeniería Naval/Mecánica, Conservación de la Energía y del Medio Ambiente.

INDICE

Objetivo	Hoja 2
Avanzada	Hoja 3
Composición de la flota/función	Hoja 4 a 5
Presupuesto asignado	Hoja 6
Identificación areas sensibles de consumo	Hoja 7
Análisis de area sensibles de consumo	Hoja 8 a 24
Medición general de la gestión	Hoja 25 a 26
Conclusión	Hoja 27
Ejemplo típico cálculo POG	Anexo 1 a 9

24

OBJETIVO

"Mostrar el manejo técnico/administrativo que desde el punto de vista de la conservación de la energía, estamos actualmente realizando en las flotas de buques tanques de ESSO S.A.P.A."

AVANZADA

- Mostraremos el trabajo básico de la flota de ESSO S.A.P.A. y su composición.

- Identificaremos las areas sensibles de consumo de energía en las flotas, dividiéndolas en:
  Responsabilidad de Coordinación y Planeamiento.
  Responsabilidad de Operaciones
  Responsabilidad de Mantenimiento

- Indicaremos las formas de control utilizadas, señalando los impactos del consumo de energía en los costos operativos de la flota.

25

COMPOSICION DE LA FLOTA DE BUQUES TANQUES DE ESSO S.A.P.A., Y SU TRABAJO BASICO

La composición de la flota de buques de ESSO S.A.P.A., se sintetiza en el cuadro siguiente:

FLOTAS DE ESSO S.A.P.A.

FLOTA COSTERA	AÑO	KDWT	FLOTA FLUVIAL/ ALIJADOR	AÑO	KDWT
ESSO RIO NEGRO	1975	37.9	ESSO RIO GRANDE (ALIJADOR)	1982	16.4
ESSO SANTA CRUZ	1975	38.4	ESSO SAN LORENZO	1970	4.6
ESSO SAN SEBASTIAN	1976	38.4	ESSO FORMOSA	1970	4.6
ESSO BAHIA BLANCA	1974	22.1	ESSO PARANA	1960	2.4
		136.8			28.0

ESSO S.A.P.A. posee dos refinerías de petróleo, a saber:

CAMPANA, ubicada a 75 Km. aproximadamente de la ciudad de Buenos Aires, con una capacidad de procesamiento de 14.000 m3 de petróleo crudo diario.

GALVAN, ubicada en las inmediaciones de la ciudad de Bahía Blanca, a 750 Km. aproximadamente de la ciudad de Buenos Aires, con una capacidad de 2.000 m3 de petróleo crudo diario.

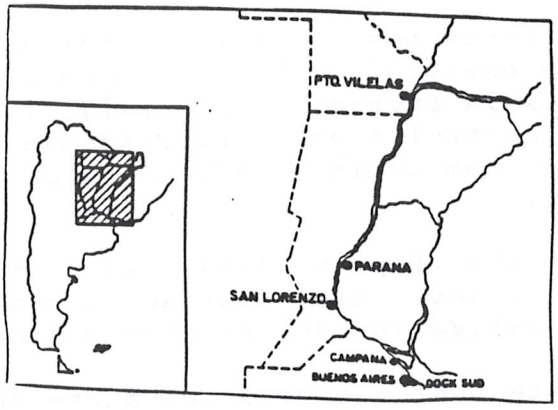
El petróleo crudo proviene de los depósitos que Yacimientos Petrolíferos Fiscales (Y.P.F.), posee en las inmediaciones de la ciudad de Comodoro Rivadavia, a 2.300 Km aproximadamente de la ciudad de Buenos Aires.

La provisión de petróleo crudo a las refinerías de CAMPANA y GALVAN, es realizada por los 3 buques de 38 kdwt, asistidos por el buque alijador que en la boca del Rio de la Plata, los coloca en calados adecuados para continuar la navegación a través de los ríos y canales de acceso a CAMPANA.

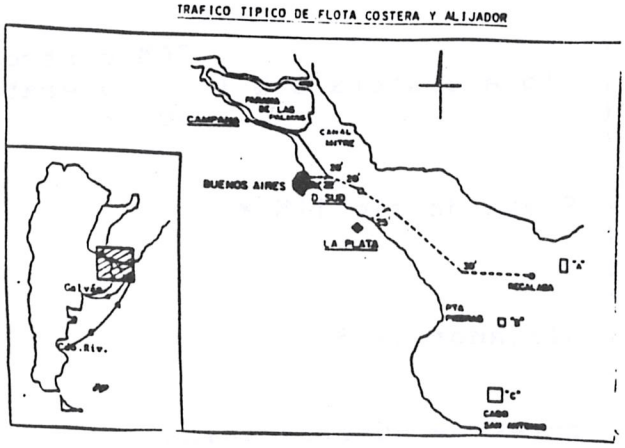
La distribución de productos elaborados y/o semielaborados desde las refinerías de Campana y Galván a los diferentes depósitos ubicados en la costa del río Paraná, es realizada por el buque ESSO Bahía Blanca (22 kdwt) y la flota fluvial.

Para ayudar a la comprensión geográfica del tráfico rutinario de la flota descripta, les indicamos en los esquemas siguientes las posiciones descriptas:

TRAFICO TIPICO DE FLOTA FLUVIAL



TRAFICO TIPICO DE FLOTA COSTERA Y ALIJADOR



86

PRESUPUESTO ASIGNADO

Nuestra flota tiene presupuestado para la realización del trabajo descripto:
25.000 Tn F.Oil/año
6.400 m3 D. Oil/año
6.000 m3 G. Oil/año
lo que en conjunto representa un total equivalente a 415.3 gigawatts-hora; esta cifra corresponde a aproximadamente el 15% del costo total de la operación. La totalidad del Fuel Oil y Diesel Oil son consumidos por la flota costera y representan el 80% del total de costos de combustible.

Del combustible utilizado por la flota costera entendemos operativamente controlable el 70%, ya que el restante 30% corresponde a energía utilizada para la navegación a través de ríos y/o canales, donde la seguridad prima sobre cualquier ahorro potencial de energía.

Por lo expuesto, centramos nuestra atención sobre el 70% del consumo de energía de la flota costera (valor del que controlamos la operación integral), lo que significa un cerrado control sobre aproximadamente el 56% del gasto total de combustible de las flotas costera, fluvial y alijador.

El porcentaje restante (aprox. 44%), es controlado a través de números guías, cuya desviación nos indican necesidades de investigación de caracter puntual.

Lo comentado en este punto podría resumirse en el siguiente cuadro:

Presupuesto 415.3 Gigawatts-hora año	Flota costera 80%	70%	controlable operativamente
		30%	*
	Flota de río 11% *		
	Alijador 9% *		

* Controlable a través de números guías.

IDENTIFICACION DE AREAS SENSIBLES DE CONSUMO

El objetivo de este punto es mostrar las areas con mayor sensibilidad en el consumo de energía de la flota.

Las hemos dividido en **Coordinación y Planeamiento**, **Operativas** y de **Mantenimiento e Ingeniería.**

Las dos primeras exigen un cerrado control diario y/o normas permanentes, mientras que la tercera se reduce a control mensual utilizando números guías. En resumen:

Coordinación y Planeamiento:
(control diario)

Optimización de los intercambios entre depósitos.
Selección del buque adecuado p/cada operación.
Regulación de la velocidad de mar.
Regulación de la descarga.
Regulación de la calefacción de la carga.

Operativas:
(normas permanentes)

Manejo del lastre.
Utilización de calderas.
Utilización de generadores.
Distintos tipos de combustibles.

Mantenimiento e Ingeniería:
(acción a través de números guías)

Control del casco.
Control de la hélice.
Control de la Máquina Principal (parámetros).
Control de generadores (parámetros).
Control de calderas (parámetros).
Modernización de los buques en las Reparaciones Generales para evitar la obsolecencia económica/operativa.

27

ANALISIS DE LAS AREAS SENSIBLES DE CONSUMO

A. Coordinación y Planeamiento

1. Optimización de los intercambios entre Depósitos

Este punto se refiere a las complementaciones operativas que se realizan con otras compañías petroleras que operan en la región, con la finalidad de idealizar los recursos disponibles para el transporte, como asi también operar en un sistema de distribución mucho más confiable.

2. Selección del buque adecuado para cada operación

En este punto queremos recalcar que el buque asignado para realizar determinada operación, deberá ser dentro de lo posible el más apto para el tráfico asignado. Esta selección debe contemplar análisis del problema de:
Lastre/Marpol.
Necesidad de calefaccionar la carga.
Calado óptimo.
Etc.

3. Regulación de la velocidad en el mar

- La disponibilidad de alije, capacidades de recepción agotadas, turnos en cargaderos, etc., permiten ajustar diariamente la velocidad con la finalidad de minimizar el consumo de combustible necesario para la propulsión del buque.

- Definiendo una velocidad mínima económica desde el punto de vista de Conservación de la Energía, como la que corresponde a la mínima potencia que permite la navegabilidad con combustible pesado, sin necesidad de encendido de la caldera auxiliar (es decir, vapor generado solamente por la caldera de gases de escape), nuestros buques operan continuamente en una franja de potencias variables entre la recientemente definida y la potencia máxima continua.

La elección de la potencia a utilizar estará dependiendo de la velocidad a desarrollar para alcanzar el destino en el momento adecuado, sin necesidad de que el buque deba fondear a la espera de la operación siguiente.

En nuestros buques de 38 kdwt cargados, la velocidad mínima desde el punto de vista de conservación de la energía, corresponde aproximadamente al 35% de la potencia máxima continua.

Si recordamos que el consumo de combustible para propulsión está relacionado con la velocidad en una proporción exponencial que varía entre 2.5 y 3, vemos la importancia de lo señalado. Un ejemplo práctico nos ayudará a visualizar el problema.

Navegación Comodoro Rivadavia - area de alije aprox. 900 millas.
Buque: 38 kdwt cargado.

<u>Caso A</u>
Velocidad: 15 nudos --> Tiempo: 60 horas
Fondeo espera alije: 12 horas
Consumo en
navegación: 38 tn FO/día --> 95 tn FO
Consumo caldera
auxiliar: (fondeado) 4 tn/día --> 2 tn FO
Tiempo de utilización: 72 horas
Total F. Oil consumido: 97 tn.

<u>Caso B</u>
Velocidad: 12.5 nudos --> Tiempo: 72 horas
Consumo en
navegación: 22.5 tn/día --> 67.5 tn.
Tiempo de utilización: 72 horas.
Total F. Oil consumido: 67.5 tn.

Como se puede apreciar, una buena coordinación de ajuste de la velocidad hizo que la operación del caso B fuese un 44% más económica en consumo de energía que el caso A.

Nuestro diario control operativo permite impartir instrucciones precisas a los Comandos de los buques para aprovechar todos los potenciales ahorros que nos brinda la coordinación de la velocidad adecuada en el mar.

28

4. Regulación del caudal de descarga

La actual disposición que prohibe la navegación nocturna (para los buques de nuestra flota costera) del río Paraná, conlleva a manejar nuestras descargas, tratando de minimizar el F. Oil para calderas necesario para efectivizar las mismas.

Para racionalizar el consumo tenemos en cuenta:

- Cantidad de bombas necesarias a colocar, en compatibilidad con las curvas de rendimiento de las mismas.

- Velocidad de las turbinas impulsoras en relación al tiempo disponible.

  Recordar que: $\left(\frac{RPM1}{RPM2}\right)^3 = \frac{HP1}{HP2} = \frac{\text{Consumo 1}}{\text{Consumo 2}}$

- Negociación con la terminal, para utilizar las líneas de mayor diámetro y los tanques más cercanos posibles.

- Llegadas al puerto de descarga con la viscosidad del producto adecuada (si es necesario calefaccionar).

Ejemplo típico:

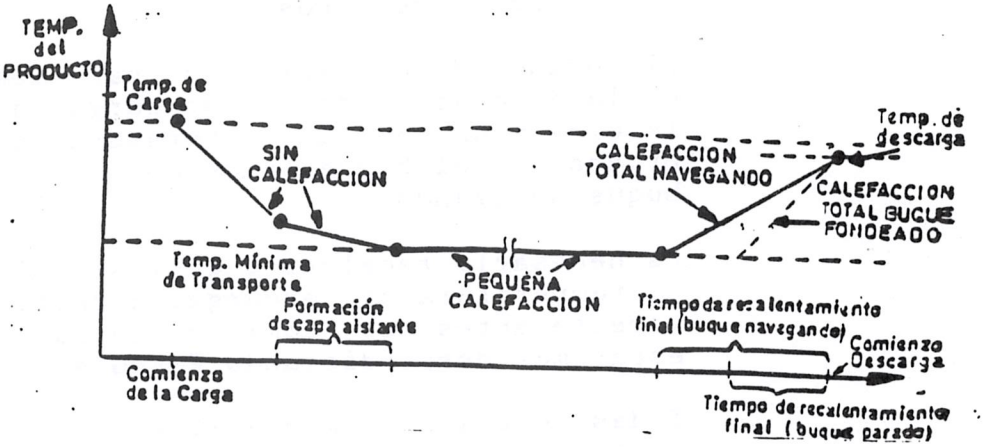
Descarga 38 kdwt
(10 tn FO alije
((17.4 Km3 de carga)
(
(22 tn FO Cpna
((24.5 Km3 de carga)

5. Regulación de la calefacción del producto transportado

Asociado al tema de descarga se encuentra la calefacción de la carga.

Obviamente la razón de calefaccionar la carga, es la reducción de la viscosidad, con el objeto de mejorar su bombeabilidad.

Para ahorrar combustible en este punto, es necesario tener en cuenta los principios básicos de calefacción, referidos al gráfico siguiente:



A) No se debe calefaccionar durante la carga y durante las primeras horas de navegación.

- Al cargar el buque la temperatura comenzará a disminuir bruscamente, hasta que se produzca en el casco interior una capa aislante de aceite grueso. Esta capa aislante reducirá significativamente el promedio de la caída de temperatura.

B) Al llegar la temperatura a un nivel tal, que dificulte el recalentamiento final hasta la temperatura de arribo al puerto de descarga, aplicar una pequeña cantidad de calefacción.

- En esta etapa no se debe SOBRECALENTAR, no se debe ROMPER LA CAPA AISLANTE, tener en cuenta además que se necesita menor calefacción para tanques:
  a) Centrales, que laterales.
  b) Parcialmente llenos, que totalmente llenos, la finalidad básica de esta etapa es el MANTENIMIENTO de la temperatura mínima de transporte.

29

c) En la 3er. etapa, se debe llevar el producto desde la temperatura mínima de transporte hasta la temperatura (viscosidad) de descarga planeada. Lo ideal aqui es dar la calefacción más fuerte posible, en el menor tiempo posible.

El comando debe estimar si hay demoras en la iniciación de la descarga ya que la elevación de la temperatura es más brusca con el buque fondeado, que con el buque navegando.

Es necesario recalcar que si se alcanza la temperatura de descarga, significativamente antes del comienzo de la misma estaremos desperdiciando ENERGIA.

Todas estas recomendaciones básicas, deben sustentarse por la experiencia de cada buque (tipo de calefacción y estado) y en el producto que se transporta.

Ejemplo Típico:
Calefacción de crudo escalante para uno de nuestros 38 kdwt = 10 a 12 tn FO/día.

B. Operativas

1. Manejo del Lastre

- Dentro de las reglas operativas permanentes que nos permiten el control del uso racional de la energía, se encuentra el lastre.

- En concordancia con lo dispuesto por Marpol, un petrolero tiene tres opciones para manejar su lastre:

  * Facilidades de recepción de lastre sucio en terminales.

  * Lastre segregado.

  * Lavado de tanques y cambio de lastre, ayudado por hidrocarburómetro.

La no existencia de las dos primeras formas del manejo del lastre, obliga al buque tanque a realizar todos los viajes, una serie de operaciones que:

* Aumentan el riesgo de la operación marítima (tanto para el buque, como para su tripulación).
* Aumenta, ostensiblemente, el consumo de combustible por viaje. En nuestro caso, para un buque de 38 kdwt, el incremento sería de 100 tn de FO/viaje (aprox. 40% del consumo actual).
* Aumenta sensiblemente el riesgo de polución en el mar.

Por lo expuesto nuestra flota utiliza una combinación de las dos primeras formas de operaciones del lastre, fijando además las siguientes reglas:

* Mayor cantidad posible de lastre p/gravedad.
* Menor potencia posible de bombeo.
* Mínimo lastre posible compatible con la seguridad e inmersión de la hélice.

2. <u>Optimización de la utilización de la caldera auxiliar</u>

La navegación normal en mar es realizada con combustible pesado, el cual es llevado a la temperatura (viscosidad) ideal de quemado mediante calefacción por vapor, producido por una caldera de gases de escape del motor principal.

Habíamos también citado que se había definido a la velocidad mínima ideal del punto de vista de la Conservación de la Energía, como la que correspondía a la menor potencia que permitiese navegar al buque con combustible pesado sin el empleo de la caldera auxiliar. Esa potencia correspondia aprox. al 35% de la máxima continua. Nuestros buques navegaban en una franja de potencia que varía entre ese valor y la máxima continua.

Si observamos que nuestros buques de 38 kdwt gastan cuando navegan cargados:

Velocidad 15 nudos -> 90% MCR -> 38 tn FO/día.
Velocidad 11.5 nudos -> 35% MCR -> 18 tn FO/día,

y señalamos que el solo hecho de encender la caldera auxiliar genera un consumo adicional de 4 tn FO/día, nos damos cuenta que estamos elevando el consumo en:
22% cuando navegamos al 35% MCR
10.5% cuando navegamos al MCR.
El ejemplo presentado nos alerta para minimizar el encendido de la caldera auxiliar.

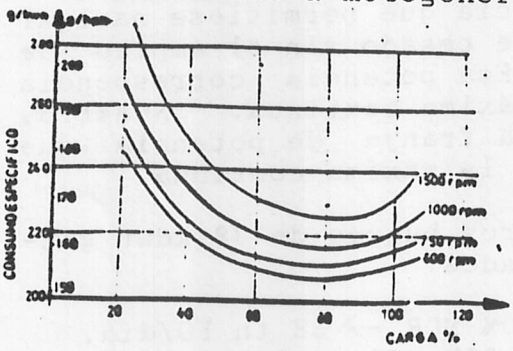
Una vez generado el encendido de la caldera auxiliar, es absolutamente necesario el control del exceso de O2% en la chimenea, ya que este exceso es una fuente de calor que se desperdicia en la atmósfera. El exceso de O2% (que representa una cantidad de aire mayor que la necesaria para la completa combustión) se recomienda mantenerlo entre el 5% y 6%, con la finalidad de lograr una combustión ideal.

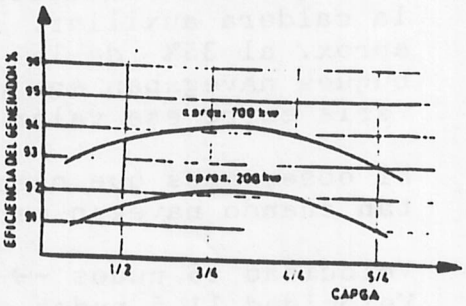
Por lo expuesto, puntualizamos las siguientes reglas básicas de Conservación de la Energía:
* Minimizar el encendido.
* Controlar el exceso de O2% en la chimenea tratando de mantenerlo entre el 5% y 6%.

3. <u>Optimización del uso de motogeneradores</u>
La regla básica operativa en este campo es la de utilizar un solo motogenerador con alta carga, prioritizando esto en lugar de 2 o más motogeneradores a baja carga.

Lógicamente todo el concepto descripto en el párrafo precedente debe estar asociado al factor seguridad de la navegación, por ese motivo en canales y/o zonas riesgosas aceptamos la utilización indebida de dos motogeneradores.

Los dos gráficos siguientes muestran inequivocamente el porqué de nuestro requerimiento operativo en cuanto a motogeneradores:





4. Utilización de distintos tipos de combustible

Sucesivos trabajos de investigación y análisis nos permitieron adoptar el siguiente esquema de uso de combustibles, con la finalidad de aprovechar al máximo las bondades técnicas de las máquinas de nuestra flota.

En la decisión adoptada se ha tenido en cuenta:

- Menor valor económico posible del combustible a utilizar.
- Factibilidad de preparación abordo para el quemado.
- Influencia en el mantenimiento de los equipos.

Combustibles

Flota Costera

Máquina principal F.O. viscosidad 600 cst a 50°C
densidad 0.950 Kg/dm3

Motogeneradores - D.O. densidad 0.885 Kg/dm3
N° cetano 35

Flota Fluvial/Alijador

Máquina principal

Motogeneradores G.O. densidad 0.850 Kg/dm3
N° cetano 45

C. MANTENIMIENTO

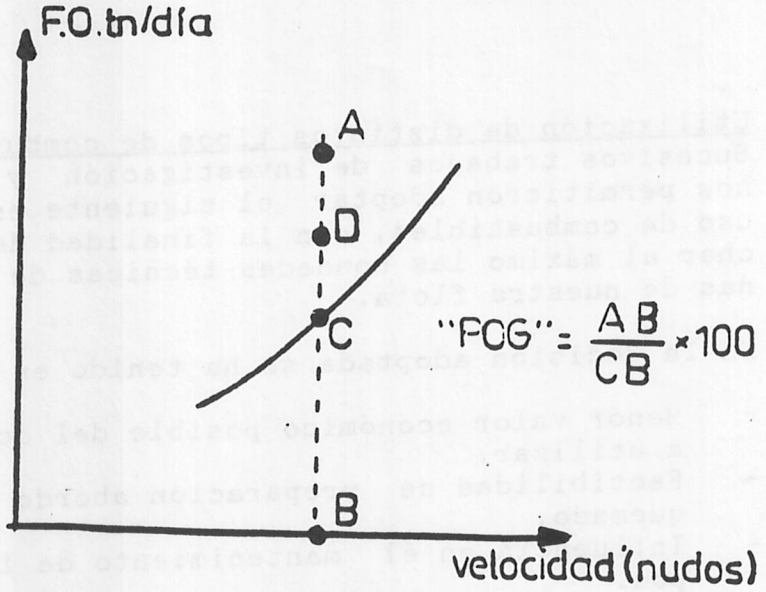
1. Control del casco/hélice

Exxon, para el manejo de su flota, ha impuesto lo que dio en llamar "POG". El POG se traduce como "porcentaje sobre líneas guías".

El POG es un cociente de "relaciones" x 100. Ambas "relaciones" ligan la energía entregada al buque para su propulsión (FO en tn/día), con la energía cinética desarrollada por el buque (velocidad en un estado de cargas fijado).

- El denominador del cociente citado en el párrafo anterior se obtiene de la curva que fija Exxon, para la clase de buque a que pertenece el analizado. El numerador surge de la medición efectuada en la actualidad con las correcciones que se apuntaran más adelante (por lo que el POG ideal será = 100).

31



- En la figura precedente el segmento AC representa la pérdida de energía, suplementaría a la cinética fijada por Exxon, que se gasta por:
  a) Mal estado de la máquina.
  b) Mal estado del casco.
  c) Mal estado de la hélice.

  Lo cual quiere decir que si medimos la pérdida de energía debida al estado de la máquina, y la representamos como DC, el segmento AD representaría la pérdida de energía por mal estado del casco y de la hélice (sumados).

  Es importante señalar que todo este cálculo se apoya en bases de las que no hay que apartarse para que los resultados sean comparables, las mismas son las siguientes:

  a) Las curvas de Exxon han sido diseñadas para un F.O. de un poder calorífico inferior de 9.570 Kcal/Kgr., por lo que el consumo medido debe afectárselo por un factor que tenga en cuenta el poder calorífico inferior del combustible utilizado en la prueba.

  $$PCI = (46.423 - 8.792\vartheta^2 + 3.17\vartheta)[1-(x + y + s)] + 9.42\,s - 2.449\,x$$

PCI en MJ/Kgr.

	Valores Típicos en ESSO SAPA
s = % de azufre/100	0.0025
δ = densidad	0.95 gr/ml.
x = % de agua/100	despreciable
y = % de cenizas/100	despreciable

1 MJ = 239 Kcal.

Para nuestro caso resulta PCI= 9.899 Kcal/Kgr.

b) El tiempo de prueba debe ser igual o mayor que 6 horas.

c) La velocidad de buque debe controlarse con correderas tipo Doppler o eventualmente, por satélite.

d) El estado meteorológico debe ser menor que 4 en la escala beauford.

e) Debe encontrarse el buque en aguas profundas durante la totalidad de la prueba.

f) El mar debe estar calmo.

g) Si se cumple d), e) y f), debe corregirse la velocidad medida por la viscosidad del agua de mar (temperatura) y viento relativo. Este es un valor muy pequeño.

Es importante recalcar las siguientes conclusiones de este punto:

a) Nuestra particular operación (cíclica entrada al Rio de la Plata/Paraná), nos permite mantener nuestros cascos prácticamente libres de "fouling" durante los períodos entre diques secos.

b) Para nuestra particular operación, el consumo de F. Oil de propulsión en aguas profundas representa no más del 40% del total del combustible consumido en el viaje.

c) Nuestra particular operación nos permite mucho más ahorro de combustible controlando las areas sensibles de consumo derivadas de la Coordinación y Planeamiento y reglas operativas, que controlando el POG.

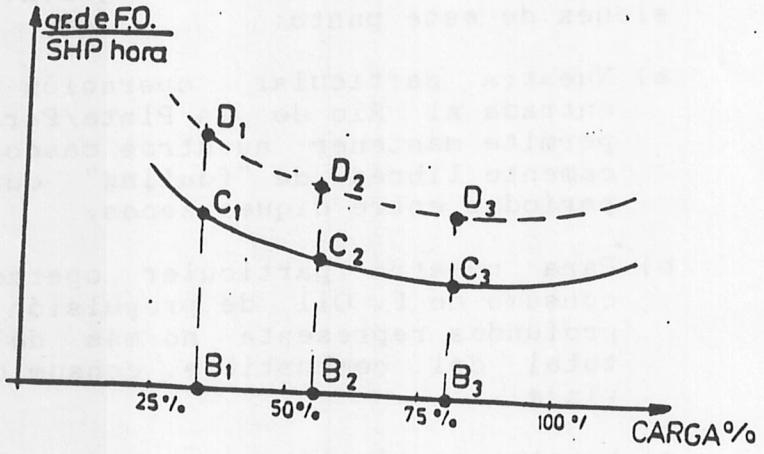
d) No obstante lo dicho anteriormente, consideramos al POG importante como medio de control de mantenimiento y como medio comparativo internacional.
Nota: Nuestra flota en 1988 obtuvo un POG de 113%.

2. Máquinas

El mejor número guía que muestra la eficiencia de la máquina principal, es la curva de consumo específico de combustible en función de la potencia, que el fabricante entrega normalmente con el motor.

Para compararse exactamente con esta curva, todos los buques pertenecientes a nuestra flota costera, están equipados con torquímetros.

Los valores actuales de consumo específico son corregidos por el poder calorífico del combustible utilizado durante la prueba, ya que los fabricantes refieren la curva standard a combustible D. Oil de poder calorífico inferior a 10.200 Kcal/Kgr.



En la figura precedente, la curva punteada muestra el consumo específico actual (ya corregida por PCI), deducida para valores de 4 o más potencias constantes, medidas en períodos mayores de 6 o más horas.

Los valores Dn Cn, son los porcentajes de pérdidas por máquinas en las curvas de POG, explicadas anteriormente.

Para nuestra flota costera el valor DB/CB x 100, varía entre 104 y 107, dependiendo de la potencia analizada y el estado de la máquina en sí.

Con el concepto descripto precedentemente, podemos determinar si la máquina esta mal, óptima o en excelentes condiciones, pero es importante para nosotros determinar

Que es lo que no está bien?

Para saber esto aprovechando las determinaciones a potencia constante (medidas con torquímetro) de los consumos específicos citados anteriormente, procedemos a medir y comparar los parámetros básicos actuales del motor, en función de la potencia.

Los siguientes diez gráficos representan los parámetros básicos de un motor principal de uno de nuestros 38 kdwt en función de la potencia; mientras que los tres que le siguen representan parámetros que nos muestran la operatividad del turbosoplante, en función de la presión de aire de barrido.

a) En función de % de potencia máxima continua.
   Curva 1 Presión de combustión (Kgr/cm2)
   Curva 2 Presión de compresión (Kgr/cm2)
   Curva 3 Temperatura de gases de escape, antes del turbosoplante (°C)
   Curva 4 Idem anterior después del turbosoplante (°C)
   Curva 5 Temperatura de gases de escape de cilindros (°C)
   Curva 6 Contrapresión de gases de escape (mm.- de agua)
   Curva 7 RPM de turbosoplante
   Curva 8 Presión de aire de barrido (Kgr/cm2)
   Curva 9 Indicador de carga (posición)
   Curva 10 Consumo específico de combustible (gr/SHP/hora) PCI 10200 Kcal/Kgr.

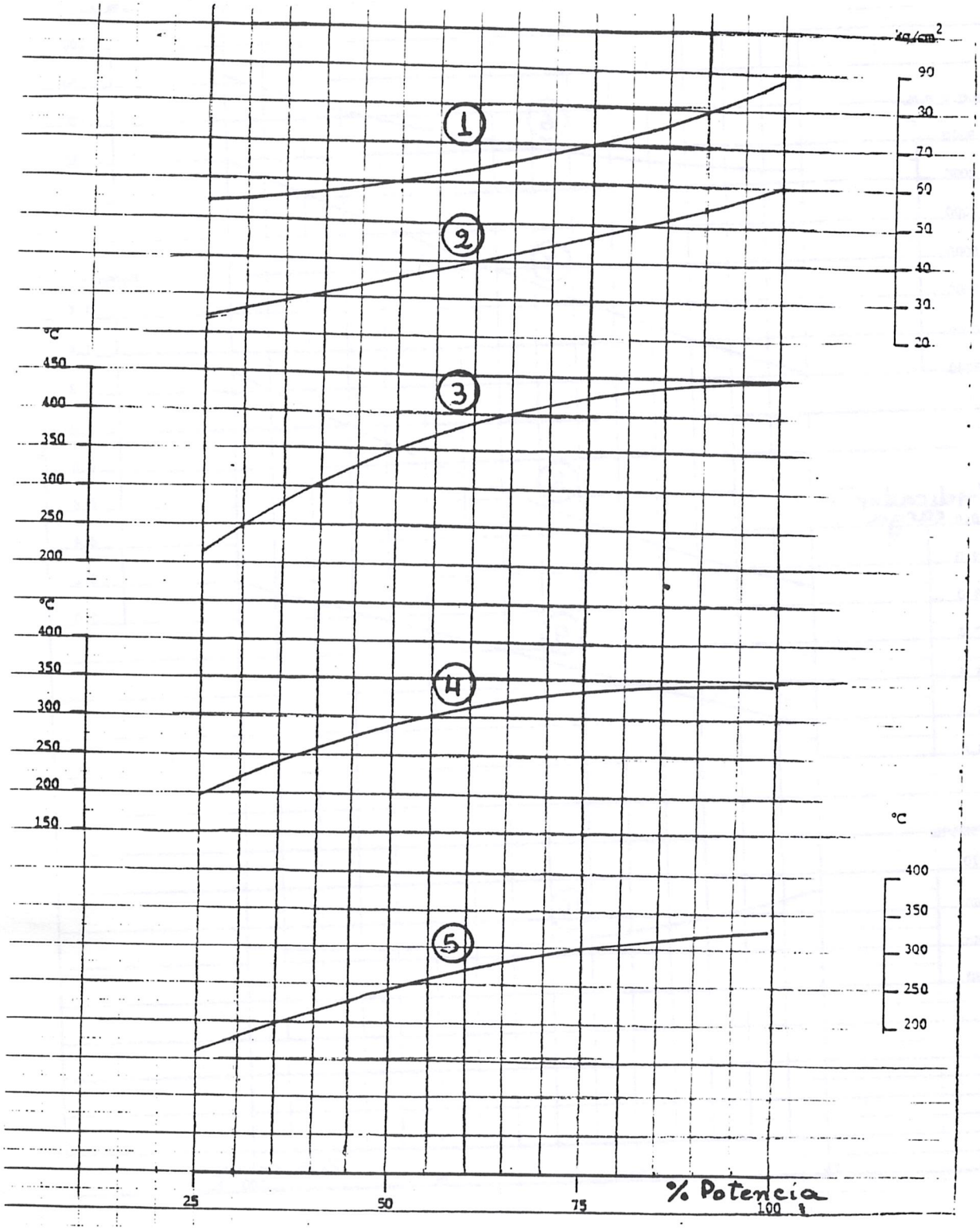
33

b) En función de presión de aire de barrido en (mm. de Hg)

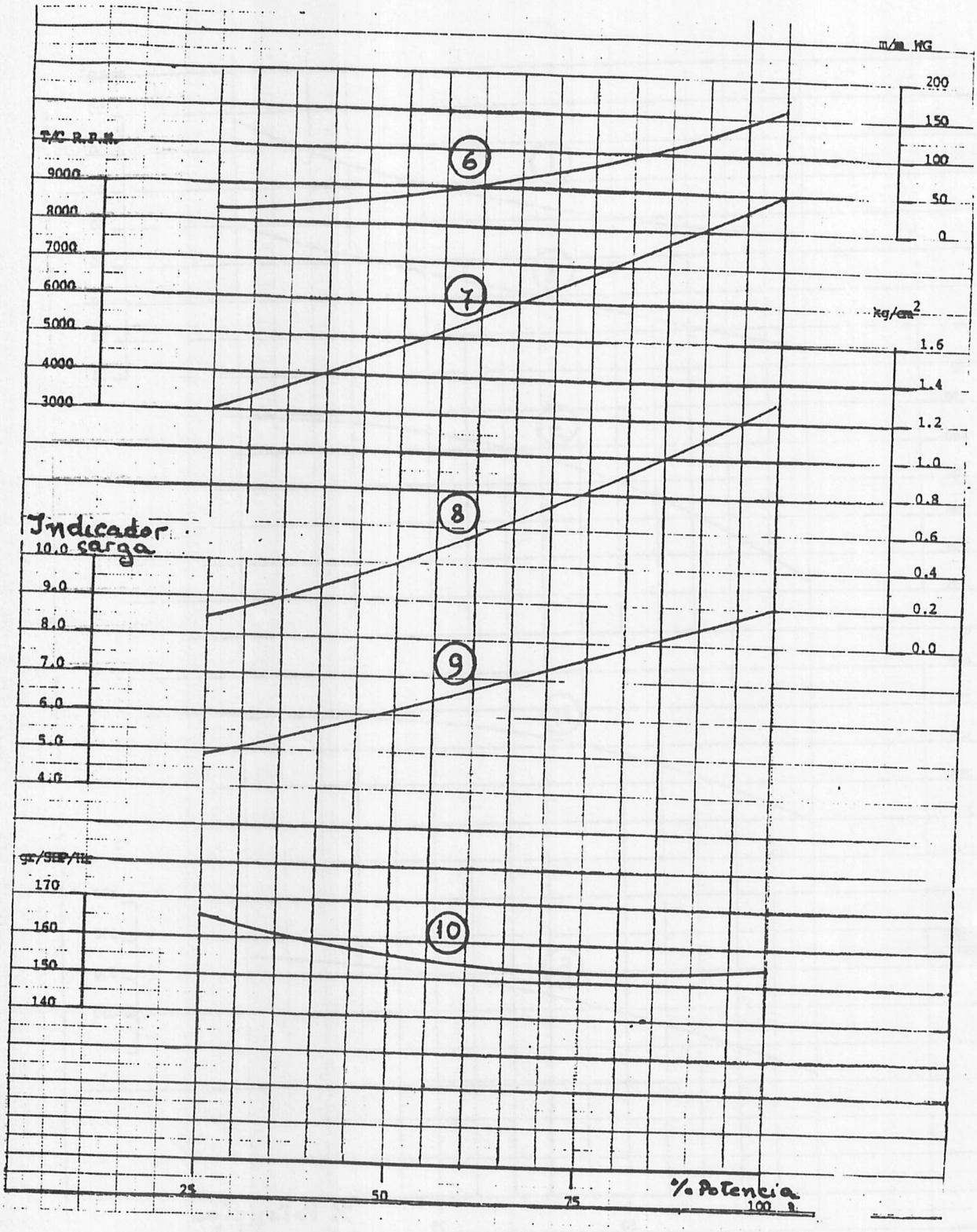
Curva 11 RPM del turbosoplante

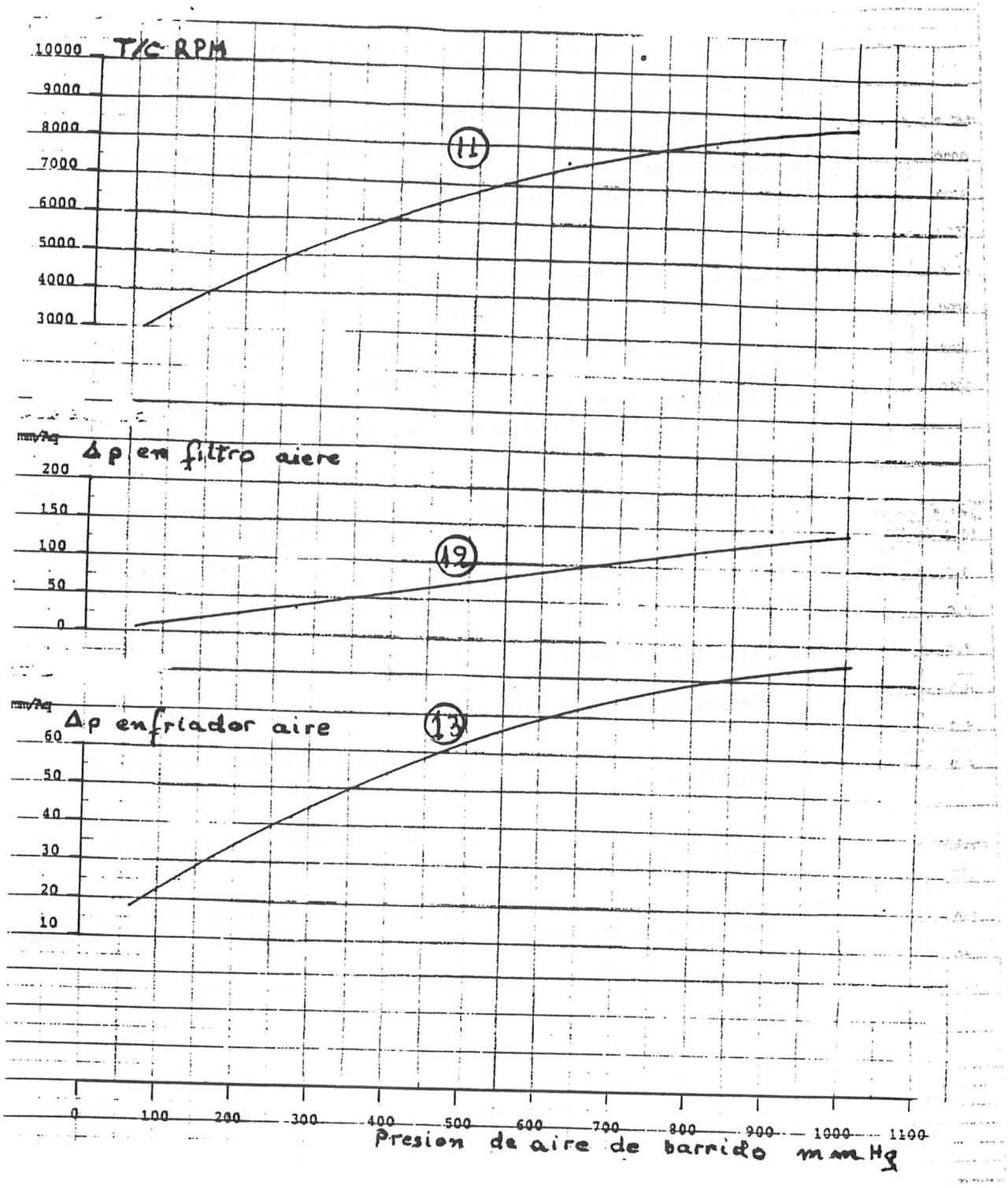
Curva 12 Caida de presión en el filtro de entrada de aire (mm de agua)

Curva 13 Caida de presión en el enfriador de aire (mm de agua).


kg/cm2
90
80
70
60
50
40
30
20
1
2
3
4
5
°C
450
400
350
300
250
200
°C
400
350
300
250
200
150
°C
400
350
300
250
200
25
50
75
100 %
% Potencia

34


m/m HG
200
150
100
50
0
T/C R.P.M.
9000
8000
7000
6000
5000
4000
3000
6
7
kg/cm2
1.6
1.4
1.2
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
8
Indicador carga
10.0
9.0
8.0
7.0
6.0
5.0
4.0
9
gr/SHP/HR
170
160
150
140
10
25
50
75
100
% Potencia


T/C RPM
10000
9000
8000
7000
6000
5000
4000
3000
11
mm/Aq
Δp en filtro aire
200
150
100
50
0
12
mm/Aq
Δp enfriador aire
60
50
40
30
20
10
13
0
100
200
300
400
500
600
700
800
900
1000
1100
Presion de aire de barrido mmHg

39

- La graficación de los parámetros indicados en sus valores actuales, en función de la potencia (medida por torquímetro)/ presión de aire de barrido, y su comparación con los básicos representados precedentemente, nos permiten sacar diagnósticos importantes en especial para la preparación de las reparaciones generales.

3. <u>Acciones para evitar la obsolecencia económica de las unidades de la flota</u>

Previo a cada reparación general, se realiza un análisis de inversiones a realizar en el buque afectado a la misma, con la finalidad de modernizar su operación futura, alejándolo de la obsolecencia económica.

Se trata de modernizar los equipos realizando modificaciones de ingeniería que hagan más eficiente la operación integral. Es evidente que dentro de la eficiencia mencionada debemos considerar el Area de Conservación de la Energía.

En este punto podemos citar:

- Reemplazo de turbinas por motores eléctricos.
- Reemplazo de energía hidráulica por energía eléctrica.
- Incorporación de calderas pequeñas de alto rendimiento.
- Provisión de torquímetros e instrumentación adicional de medición.
- Utilización de sistemas de computación abordo.
- Etc.

MEDICION GENERAL DE LA GESTION

Como hemos explicado, el número guía descripto como POG, solo nos representa la influencia del mantenimiento de:
Casco,
máquinas,
hélice,
en la gestión general de la conservación de la energía.

Hemos probado en los párrafos precedentes, que las influencias de la Coordinación y Planeamiento, y las Operaciones tienen una sensibilidad mucho mayor en el consumo integral de energía de una flota petrolera con esta particular operación, que la derivada del mantenimiento.

Por lo expuesto, hemos diseñado un número que tiende a computabilizar toda la energía consumida por las flotas de ESSO S.A.P.A., tanto en el transporte de crudo, como en la posterior distribución de productos elaborados y/o semielaborados.

Ese número que denominamos NE es la expresión resumida en gigawatts-hora de la totalidad de F. Oil, D. Oil y G. Oil, consumida por todas las flotas de ESSO S.A.P.A., dividido por el número de viajes de crudo Campana-Comodoro Rivadavia-Campana (o su equivalente) de los tres 38 kdwt.

Basado en el concepto de NE hemos definido el POG integral, como el cociente entre el NE real del período analizado, y el NE standard multiplicado por 100.

$$\text{POG integral} = \frac{\text{NE real}}{\text{NE standard}} \times 100$$

El NE standard para la flota lo hemos fijado en 4.35, y fue calculado en base a parámetros teóricos de los tres 38 kdwt.

Ejemplo típico:

F.O(total)tn x PCI=

$$\frac{4842 \text{ tn} \times 9889 \times 1.166}{1000} = 55831 \text{ MW-h}$$

D.O(total)m3 x PCI=

$$\frac{1064 \text{ m3} \times 0.885 \times 10073 \times 1.166}{1000} = 11060 \text{ MW-h}$$

G.O (total)m3 x PCI=

$$\frac{1031 \text{ m3} \times 0.850 \times 10173 \times 1.166}{1000} = 10395 \text{ MW-h}$$

Total energía gastada =
77286 MWatts-h.= 77.3 gigawatts-h

N° de viajes Cpna-CR-Cpna = 16.5

$$\text{NE real} = \frac{77.3}{16.5} = 4.68$$

NE standard = 4.35

$$\text{POG integral} = \frac{4.68}{4.35} \times 100 = 107.5$$

CONCLUSION

Creemos haber dado un panorama general de como controlamos y administramos el presupuesto de combustibles para la flota de ESSO S.A.P.A., buscando maximizar la eficiencia en el consumo de energía.

Resumiendo el concepto general, entendemos necesario recalcar la necesidad del control diario de la Coordinación y Planeamiento, y el establecimiento de normas básicas Operativas como factor base de ahorro de combustible.

Obviamente, el Mantenimiento en sí y la calidad de combustible a utilizar, que puede llegar a ser la clave del uso racional de la energía en un buque de tráfico convencional (extensa navegación y poco puerto), no debe descuidarse, pero en nuestro caso tiene un peso relativamente poco importante en la obtención del resultado final.

ANEXO 1

TIPICO EJEMPLO DE CALCULO DE POG

Buque: ESSO San Sebastián
Condición: Totalmente cargado

CUBIERTA

DOPPLER	Hora	12.30	13.30	14.30	15.30	16.30	17.30	18.30	Promedio
	Contador	1.411,0	1.422,6	1.434,1	1.445,5	1.456,9	1.468,4	1.479,9	
	Velocidad	--	11.6	11.5	11.4	11.4	11.5	11.5	11.48

VIENTO RELATIVO									
	Velocidad (nudos)	3	2	0	5	8	6	4	4
	Dirección	125 bbr	140 bbr	100 bbr	115 bbr	100 bbr	80 bbr	110 bbr	110 bbr
	Temperat. del Aire °C	11	12	13.5	12	12.5	13.5	12.5	12.4

ANEXO 2

MAQUINA PRINCIPAL

Hora		12.30	13.30	14.30	15.30	16.30	17.30	18.30	
Contador de Revoluciones		65851864	65857369	65862858	65868325	65873780	65879249	65884724	
RPM			91.7	91.5	91.1	90.9	91.1	91.3	91.3
Contador de F.O. (GPM)		2469231	2469417	2469597	2469776	2469953	2470135	2470316	
Consumo de Fuel Oil	GPH		186	180	179	177	182	181	180.8
	L/H		845.6	818.3	813.7	804.6	827.4	822.8	821.9
Acumulador de energía del torquí-metro MW-HR		503.32	506.49	509.65	512.77	515.88	519.01	522.15	
M W			3.19	3.16	3.12	3.11	3.13	3.14	3.138
SHP			4338	1298	4243	4230	4257	4270	4267

Caudal F. Oil medido Litros/hora 821.9
Densidad de F. Oil Kg/dm3 ..... 0.950
Temperatura de F.Oil en caudalímetro ... 85°C
Factor de corrección por temperatura ... 0.957
Peso de F. Oil medido Kg/hora 747.2
Consumo de F. Oil en tn/día 17.93

ANEXO 3

CORRECCION DE VELOCIDAD

A) Corrección por Viento

Temperatura de aire= 12.4°C ⟶ Ft= 1.015 (curva 14')
Angulo de viento relativo= 110 ⟶ Fw= -6 (curva 14)

$$\Delta Vw = \left[Fw\ Ft \left(\frac{Vr}{V}\right)^2 - k\right] \cdot \frac{V^4}{1000\ SHP}$$

Fw= -6
Ft= 1.015
Vr= 4
V= 11.48
k= 14.6
SHP= 4.267 HP

$$Vw = \left[(-6)(1.015)\left(\frac{4}{11.48}\right)^2 - 14.6\right] \cdot \frac{11.48^4}{4267000}\ Kns = -0.06\ Kns$$

B) Corrección por viscosidad del agua de mar

Temperatura del agua de mar °C ⟶ 12.4

De curva 11 ⟶ Fv= 6.25
Velocidad medida (doppler) ⟶ 11.48 nudos

$$\Delta Vvis = 6.25 \cdot \frac{11.48^4}{1000\ \ 4267} = 0.03\ nudos$$

Vf= V + ΔVw + ΔVvis= (11.48 + 0.03 - 0.06) nudos= 11.45 nudos

ANEXO 4

C) Corrección por poder calorífico inferior

$$PCI = (46.423 - 8.792\,\rho^2 + 3.17\,\varphi)[1 - (\chi + \varphi + \sigma)] + 9.420\,\sigma - 2.449\,\chi$$

Donde: PCI: poder calorífico inferior, MJ/Kg. (239 Kcal: MJ)
ρ: densidad a 15°C, gr/ml
χ: % agua (masa), % m/m. dividido 100
φ: % cenizas (masa), % m/m. dividido 100
σ: % azufre (masa), % m/m. dividido 100

ρ: 0.950 gr/ml
χ: Valor despreciable
φ: Valor despreciable
σ: 0.25 % $\longrightarrow$ σ: 0.0025

$8.792\,\rho^2 = 7.935$
$3.170\,\varphi = 3.012$
$1 - \sigma = 0.998$
$9.42\,\sigma = 0.024$

$$PCI = [(46.423 - 7.935 + 3.012)(0.998) + 0.024]\ MJ/Kg.$$

PCI = 41.417 MJ/Kg
PCI = 9899 Kcal/Kg

ANEXO 5

Factor PCI

Corrección: $\frac{9899}{10200}$ = 0.9705 * para consumo específico;

Corrección: $\frac{9899}{9570}$ = 1.0344** para POG

Corrección F.O.C. Kg/hora ..... 772.9 **
Corrección F.O.C. ton/día ..... 18.55 ton/día **
Consumo específico de F. Oil
Grams/SHP/hora ..... 174.0 gr/SHP/hora *

De la curva consumo específico de F. Oil vs potencia (Hoja 22, curva 10)

$\frac{4267 \text{ HP}}{11940 \text{ HP}}$: 35.7 % MCR

Para 35.7 % ---> 162.0 gr/SHP-hora de la curva 10 del parámetro del fabricante del motor principal

$\frac{174.0}{162.0}$: 1.074 ---> 7.4% para máquinas

De la curva del POG (standard)

Para 11.45 Kns ---> 16.40 ton/día

$\frac{18.55}{16.40}$ = 1.131

Máquinas ---> 7,4%
Casco)
Hélice) ---> 5,7%

POG: 113%

ANEXO 6

JUEGO DE CURVAS BASICAS

DE CALCULO

ANEXO 7

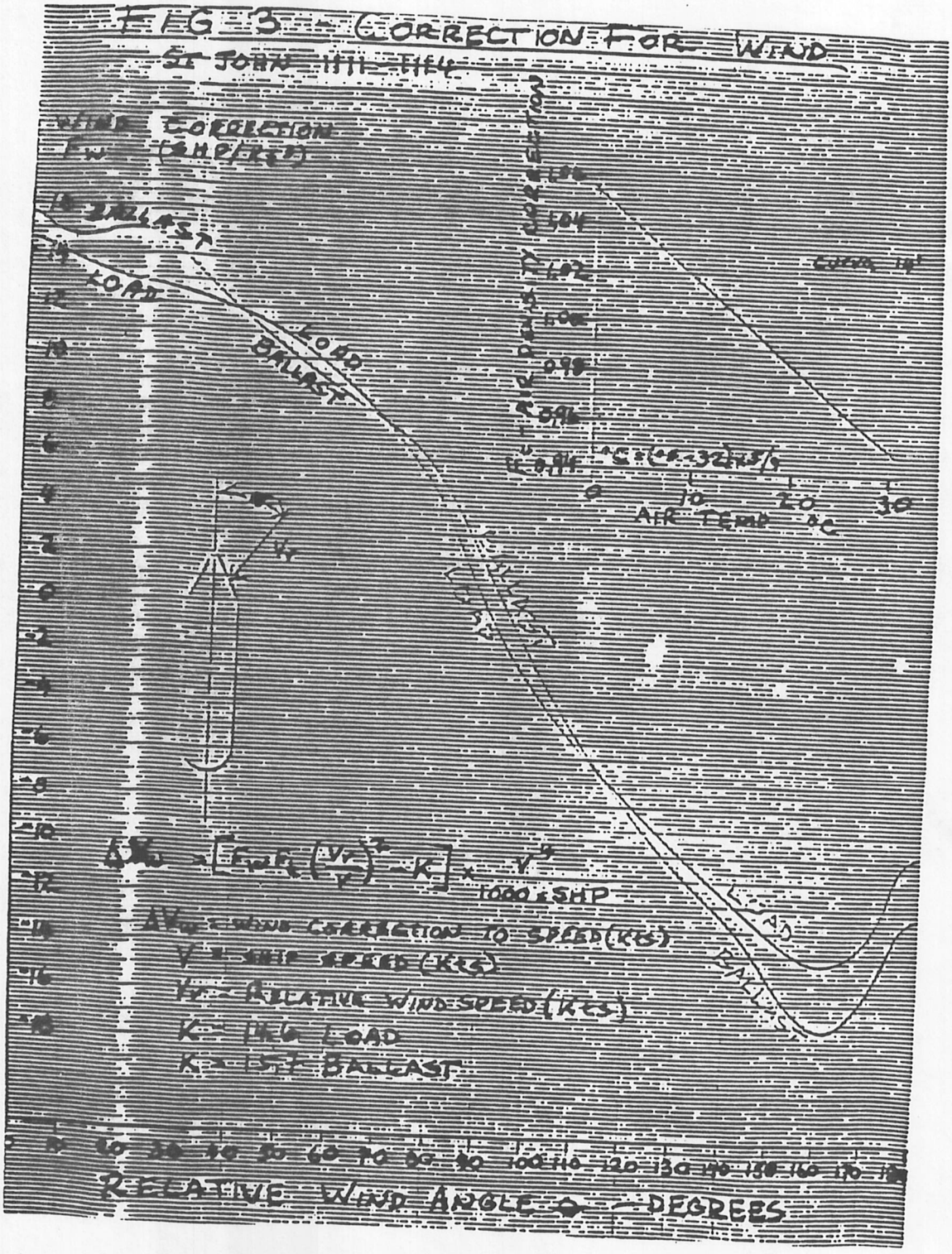


FIG 3 - CORRECTION FOR WIND
ST JOHN 1111-1114
WIND CORRECTION
Fw (SHP/KES)
BALLAST
LOAD
LOAD
BALLAST
COVER 14'
AIR TEMP °C
LOAD
BALLAST
$\Delta V_w = \left[F_w F_R \left(\frac{V_r}{V}\right)^2 - K\right] \times \frac{V^3}{1000 \times SHP}$
ΔV_w = WIND CORRECTION TO SPEED (KES)
V = SHIP SPEED (KES)
V_r = RELATIVE WIND SPEED (KES)
K = 1.6 LOAD
K = 1.57 BALLAST
RELATIVE WIND ANGLE θ - DEGREES

ANEXO 8

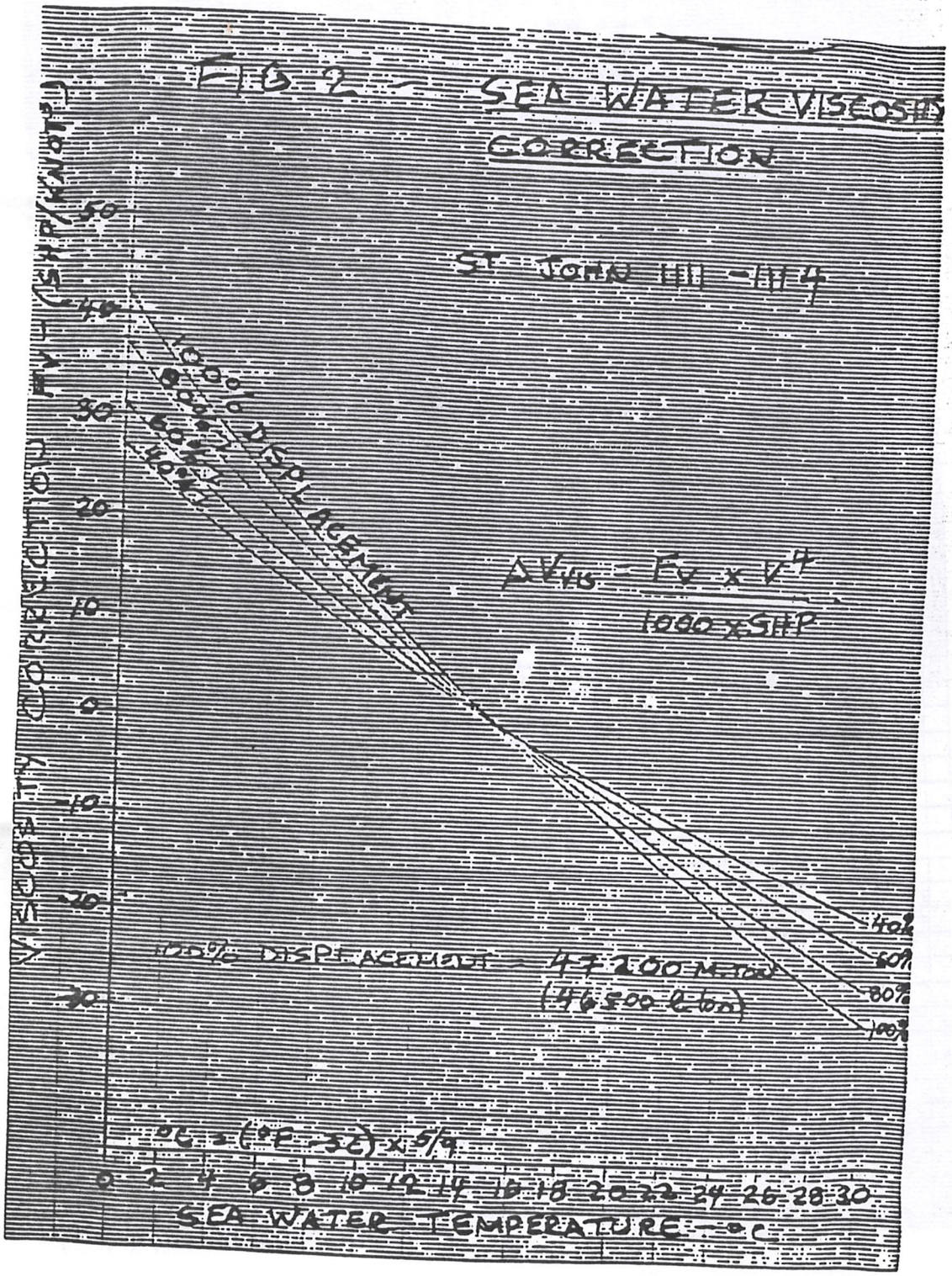
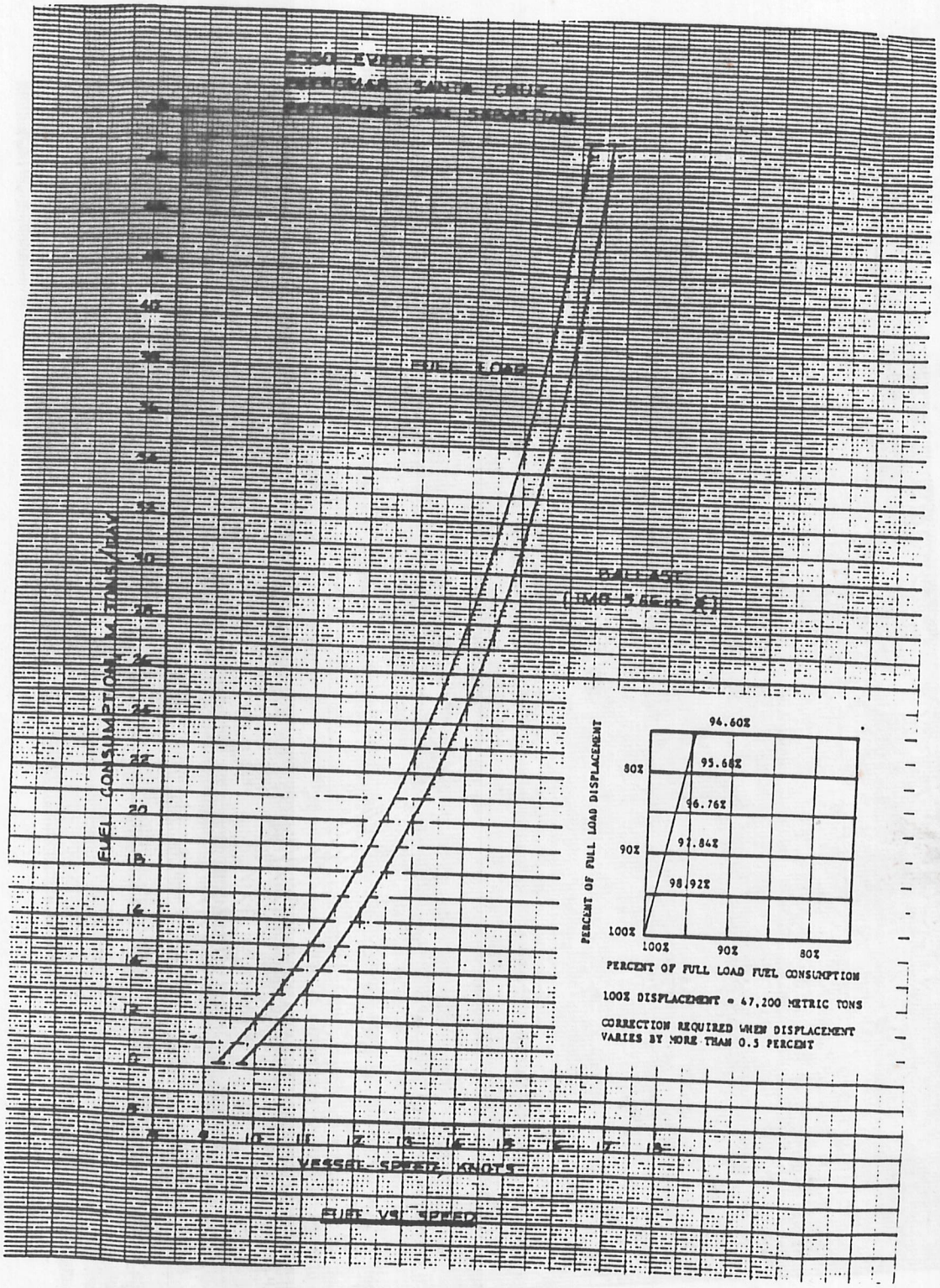


FIG 2 - SEA WATER VISCOSITY CORRECTION
ST JOHN III - III 4
$\Delta V_{VIS} = \frac{F_V \times V^4}{1000 \times SHP}$
100% DISPLACEMENT
80%
60%
40%
100% DISPLACEMENT = 47 200 METRIC (46 500 L.ton)
°C = (°F - 32) x 5/9
SEA WATER TEMPERATURE - °C
VISCOSITY CORRECTION (SHP/KNOT³)
50
40
30
20
10
0
-10
-20
-30
0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24 26 28 30

ANEXO 9


ESSO EVERETT
PETROMAR SANTA CRUZ
PETROMAR SAN SEBASTIAN
FUEL LOAD
BALLAST
FUEL CONSUMPTION METRIC/DAY
VESSEL SPEED KNOTS
FUEL VS SPEED
94.60%
95.68%
96.76%
97.84%
98.92%
80%
90%
100%
PERCENT OF FULL LOAD DISPLACEMENT
PERCENT OF FULL LOAD FUEL CONSUMPTION
100% DISPLACEMENT = 47,200 METRIC TONS
CORRECTION REQUIRED WHEN DISPLACEMENT VARIES BY MORE THAN 0.5 PERCENT