

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA



**EVALUACIÓN ECONÓMICA DE TÉCNICAS DE
AHORRO DE COMBUSTIBLE EN EL BUQUE TANQUE
B/T CAPRICORNIO GAS**

INFORME DE SUFICIENCIA

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO NAVAL**

YONATHAN ANDRE PUJAY FAUSTINO

PROMOCION 2010-I

LIMA-PERU

2 013

AGRADECIMIENTO

A mi madre por el apoyo incondicional que me brindo durante mi vida universitaria, a mi familia por siempre darme el impulso para seguir adelante y a mi asesor por el tiempo dedicado para la elaboración del presente informe.

DEDICATORIA

A mi padre Andrés y mis madres Aida y Yolanda por ser mi inspiración día a día para seguir adelante e inculcarme los principios que marcaron mi vida.

INDICE

	PAG.
PROLOGO	1
CAPITULO I: INTRODUCCION	
1.1 Antecedentes.....	3
1.2 Objetivos.....	4
1.3 Alcance y restricciones	4
1.4 Justificación	5
1.5 Descripción del Informe	5
CAPITULO II: FUNDAMENTOS TEÓRICOS	
2.1 COMBUSTIBLES	07
2.1.1 Clasificación de Combustibles.....	08
2.1.2 Composición General	09
2.1.3 Combustibles para Motores Marinos.....	09
2.1.4 Estándares para Combustibles Marinos	10
2.2 PROCESOS DE COMBUSTIÓN EN MOTORES DIÉSEL.....	10
2.2.1 Combustión en los Motores de 4 Tiempos.....	12
2.2.2 Diferencia entre Ciclo Real Diésel y ciclo Teórico Diésel	16
2.2.3 Diagrama de Sankey	17
2.3 PROPULSIÓN DE BUQUES	18
2.3.1 Propulsión a vapor.....	19
2.3.2 Propulsión Diésel	20
2.3.3 Propulsión Diésel Eléctrica	22
2.3.4 Propulsión con Turbinas a Gas	23
2.3.5 Propulsión con Celdas de Combustible	24
2.3.6 Propulsión Nuclear.....	25
2.3.7 Propulsión por Velas.....	26

2.4	RESISTENCIA AL AVANCE.....	27
2.4.1	Resistencia total y sus componentes.....	28
2.4.1.1	Resistencia de Fricción.....	29
2.4.1.2	Resistencia de Olas.....	30
2.4.1.2.1	Primario.....	31
2.4.1.2.2	Secundario.....	32
2.4.1.2.2.1	Olas Transversales.....	32
2.4.1.2.2.2	Olas Divergentes.....	33
2.4.1.3	Resistencia de Presión Viscosa.....	33
2.4.2	Resistencia debida a la acción del Viento.....	33
2.4.3	La Resistencia de los Apéndices.....	34
2.5	HÉLICES.....	35
2.5.1	Materiales de las Hélices.....	35
2.5.2	Cavitación.....	36

CAPITULO III: REDUCCIÓN DE RESISTENCIA AL AVANCE

3.1	RESISTENCIA DE FRICCIÓN.....	38
3.1.1	Reducir la Superficie del Casco.....	38
3.1.2	Minimizar la Superficie Rugosa de los Cascos.....	39
3.1.2.1	Pinturas LSE (Low Surface Energy).....	40
3.1.3	Sistemas de Burbujas de Aire.....	41
3.2	RESISTENCIA DE OLAS.....	42
3.2.1	Optimización de Bulbos de Proa.....	42
3.3	RESISTENCIA RESIDUAL.....	44
3.3.1	Utilizar Radio de pantoque aumentado en el cuerpo de proa.....	44
3.4	RESISTENCIA DE APÉNDICES.....	45
3.4.1	Reducir el Arrastre pro fricción del timón.....	45
3.4.2	Timón Asimétrico.....	46
3.4.3	Bulbo Costa.....	47
3.5	RESISTENCIA ADICIONAL EN EL MAR.....	48
3.5.1	Optimizar el dimensionamiento de las embarcaciones.....	48
3.5.2	Minimizar la resistencia adicional con manejo de ruta.....	51

CAPITULO IV: MEJORA DE PROPULSIÓN

4.1	REDUCIR PERDIDAS ROTACIONALES.....	52
4.1.1	Uso de Palas estáticas Pre-Giro	52
4.1.2	Uso de Perfiles Pre-Giro	53
4.1.3	Uso de Palas estáticas Post-Giro.....	54
4.1.4	Uso de Perfiles Post-Giro	55
4.1.5	Hélice de Grim Modificada.....	56
4.1.6	Hélice Contrarotante CRP	57
4.2	REDUCIR PERDIDAS POR VÓRTICES.....	58
4.2.1	Hélices CLT.....	58
4.2.2	Hélices Kappel.....	59
4.2.3	Hélice – Tapa para el cono PBCF(Propeller Boss Cap Fins)	60

CAPITULO V: EVALUACIÓN ECONÓMICA

5.1	PRECIOS	62
5.1.1	Precio de Combustible.....	62
5.1.2	Precio de Suministros	64
5.1.3	Precio de Consumibles.....	66
5.1.4	Precio de Servicios	67
5.2	COSTEO DEL AHORRO DE COMBUSTIBLE.....	68
5.3	COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN	71
5.4	COSTOS DE MANTENIMIENTO	94
5.5	EVALUACIÓN ECONOMICA.....	114

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

MATERIAL DE REFERENCIA

ANEXOS

PROLOGO

El presente informe da a conocer diferentes técnicas de ahorro de combustible que pueden ser aplicadas a buques tanques con estudios realizados por la clasificadora Germanischer Lloyd. Para elaborar el presente informe de suficiencia de manera general, se desarrollan V capítulos que se detallan a continuación.

En el **Capítulo I** se hace una introducción al tema tratado, abarcando los antecedentes, alcance y restricciones, justificación, objetivos y descripción del informe.

En el **Capítulo II** se hace hincapié en el fundamento teórico que abarca todo el informe como combustibles, proceso de combustión de motores diésel, propulsión de buques, resistencia al avance y hélices.

En el **Capítulo III** se presentan técnicas de ahorro de combustible de la reducción de la resistencia al avance, abarcando temas como: Resistencia de fricción, Resistencia a las olas, Resistencia residual, resistencia de apéndices y resistencia adicional en el mar.

En el **Capítulo IV** se presenta las técnicas de ahorro de combustible en la mejora de la propulsión y estas son: Reducir pérdidas rotacionales y reducir perdidas por vórtices.

En el **Capítulo V** se presenta la evaluación económica de cada técnica planteada para el ahorro de combustible, esto es cuantificar monetariamente la implementación en US\$ para cada técnica; de la misma manera hacer un balance de cuanto ahorra cada técnica descrita en el presente informe, cuantificar en US\$ el costo del mantenimiento para cada técnica por periodos determinados y con estos datos calcular los indicadores económicos y seleccionar cuáles serán las técnicas a implementar desde el punto de vista económico.

CAPITULO I

INTRODUCCION

El informe de suficiencia se tuvo como guía la recomendación de la clasificadora Germanischer Lloyd (GL) a través del curso de capacitación "Ahorro de Combustible", de la misma manera se tiene en cuenta la experiencia profesional adquirida en cuanto a técnicas de ahorro de combustible y elaboración de presupuestos para diversos proyectos como:

- **PROYECTO PIZARRO 10.**

Proyecto de modificación de eslora de la embarcación PIZARRO 10 realizado en el SIMA CHIMBOTE.

- **PROYECTO NAPO 3.**

Proyecto de modificación de eslora de la embarcación NAPO 3 realizado en el SIMA CHIMBOTE.

- **PROYECTO TARATA 3.**

Proyecto de modificación de eslora de la embarcación TARATA 3 realizado en el SIMA CHIMBOTE.

- **PROYECTO COPEINCA.**

Construcción de 03 embarcaciones pesqueras de 800 m³ de capacidad de bodega realizado en el SIMA CHIMBOTE.

- **PROYECTO TASA 54.**

Modificación de dimensiones de la embarcación pesquera "TASA 54" realizado en el SIMA CHIMBOTE.

- **PROYECTO LINEA DE PINTURA.**

Desmontaje y montaje de máquinas de la línea de pintura PRECOR.

- PROYECTO CONSTRUCCION DE TANQUES BUENAVENTURA.
Construcción de 03 tanques de capacidad de 10,000 Litros.
- PROYECTO ALINEAMIENTO Y MONTAJE DE BOMBAS.
Montaje y alineamiento de bombas de succión de 125 HP para VOLCAN.
- PROYECTO REAL PLAZA SALAVERRY
Elaboración de presupuesto para la fabricación de estructuras metálicas.
- PROYECTO FABRICACIÓN DE ESTRUCTURAS PARA ELEVAR TUBOS.
Fabricación de estructuras para levantar horizontalmente tubos de 6 m de longitud para PRECOR.

Actualmente los grandes buques han reducido considerablemente su potencia por la optimización de diseño y las mejoras en el software que nos permiten tener herramientas para poder predecir la potencia de las embarcaciones mediante simulaciones y pruebas de canal. Son diversos los mecanismos que podemos optar para reducir la potencia como por ejemplo:

- Reducir la resistencia al avance.
- Mejorar la propulsión

Los casos mencionados serán descritos líneas abajo como propósito de este informe de suficiencia.

1.1 ANTECEDENTES

En el escenario mundial actual, el masivo consumo del combustible en embarcaciones, el combustible diésel (fósil) adquirió un rol muy importante en el contexto de fuente de energía para propulsar grandes buques. Actualmente

también se toma en cuenta el calentamiento global y este es generado por el CO₂ como gas responsable del efecto invernadero, en el Protocolo de Kioto¹ y generando grandes costos operativos.

1.2 OBJETIVOS

El objetivo de este informe es la evaluación económica de técnicas de ahorro de combustible en el B/T CAPRICORNIO GAS. Con los siguientes objetivos específicos:

- Plantear y describir técnicas de ahorro de combustible mediante la reducción de la resistencia al avance y la mejora de la propulsión.
- Evaluar económicamente las técnicas de ahorro de combustible descritas para el buque tanque B/T "CAPRICORNIO GAS".
- Seleccionar y recomendar la mejor opción de acuerdo a los resultados de la evaluación económica para una futura implementación en el buque.

1.3 ALCANCE Y RESTRICCIONES

El alcance del presente informe de suficiencia es plantear, describir y hacer la evaluación económica de las técnicas de ahorro de combustible, que se puede definir como la disminución del consumo de combustible y esto beneficia económicamente aumentando las utilidades, para esto se empleará la optimización de los apéndices, buenas prácticas y nuevas tecnologías.

En la parte económica se describirá en cantidades monetarias cuanto se va ahorrar si optamos por implementar cada una de las técnicas planteadas en el siguiente informe, también saber ¿cuál será el costo de implementar cada alternativa planteada? Cabe recalcar que estas técnicas planteadas no son

¹ Protocolo de Kioto: Naciones Unidas (1998). «Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático»

acumulativas necesariamente, esto quiere decir, que implementando 02 técnicas a la vez este no será una sumatoria de ahorros.

La restricción de presente informe de suficiencia es, que no se demostrará matemáticamente el porcentaje de ahorro ya que son estudios realizados por la clasificadora Germanischer Lloyd.

Este trabajo solo está abocado, a lo que es el consumo de combustible del motor principal para la propulsión, mas no abarca a los sistemas auxiliares que son grandes consumidores de energía dentro de la embarcación.

En el presente informe se presentará la evaluación económica para cada técnica, esto es, que la embarcación varará solo y exclusivamente para implementar cualquiera de las técnicas mencionadas en el informe a la vez.

1.4 JUSTIFICACIÓN

El informe de suficiencia presentado tiene como implicancia en reducir costos en las operaciones del buque, debido a la constante alza de precio del combustible en el transcurso de los años, a través de técnicas que permitan ahorrar el consumo de combustible, esto se logrará reduciendo la resistencia al avance y mejorando la propulsión, beneficiando a la organización TRANSGAS, para generar mayores utilidades. Para esto se presentará la evaluación económica de la implementación de cada técnica a la Gerencia de Operaciones de TRANSGAS, y serán ellos quienes decidan si implementar o no.

1.5 DESCRIPCIÓN DEL INFORME

El presente informe de suficiencia tiene como sustento estudios realizados por la clasificadora Germanischer Lloyd. Los resultados alcanzados han sido obtenido a través de pruebas y simulaciones, de cada técnica planteada en el

presente informe, estos datos de ahorro serán empleados para calcular el valor del ahorro de combustible de cada técnica en 01 año. Para la elaboración de los presupuestos de cada técnica mencionada emplee mi experiencia profesional en el SIMA CHIMBOTE, AYASTA INGENIEROS, FARMINSAC, MULTIOBRECH EIRL y COPEMETAL SAC, empleando ratios del astillero SIMA y FARMINSAC.

La evaluación económica serán analizados por los indicadores del VAN (Valor Presente Neto), TIR (Tasa Interna de Retorno) y B/C (Beneficio-Costo) para las técnicas analizadas.

CAPITULO II

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1 COMBUSTIBLES

Llamamos combustible a cualquier sustancia que tiene la capacidad de arder en presencia de un comburente (oxígeno en la mayoría de los casos) mediante la aplicación de una energía de activación, que puede ser una chispa. El combustible libera parte de su energía en forma de calor cuando arde, al mismo tiempo que cambia su estructura química, debido al proceso de combustión. Los combustibles se clasifican dependiendo de su estado en sólidos, líquidos y gaseosos.

Como combustibles sólidos más utilizados podemos distinguir el carbón o la madera. El carbón es uno de los materiales más utilizados en centrales térmicas para calentar el agua de las calderas y con esta generar electricidad. La madera se utiliza igualmente para calentar el agua aunque en su caso se dedica más al consumo doméstico. Anteriormente estos materiales se utilizaban de forma generalizada para máquinas a vapor y generación de electricidad y calor aunque actualmente su uso se ha visto reducido gracias a la aparición de nuevos combustibles con mayor poder calorífico.



Fig. 2.1 Imagen de una flama ardiente.

2.1.1 Clasificación de combustibles

Con la diversidad de combustibles, existe la necesidad de clasificarlos y entre los combustibles normalmente utilizados en la industria pueden clasificarse de la siguiente manera:

- Según su estado natural:
 - Combustibles naturales: se les encuentra en la naturaleza y antes de su utilización solo se efectúan tratamientos mecánicos o físicos:
Carbón (molienda, lavado, secado) Petróleo (destilación).
Gas natural (depuración) Madera.
 - Combustibles manufacturados. Obtenidos por tratamiento químico de los anteriores.
Gas de gasógeno, coke, carbón vegetal.
- Según su estado de agregación:
 - Combustibles sólidos: los carbones (antracita, hullas lignito, turba) el coke, la madera.
 - Combustibles líquidos: gas-oil, fuel-oil, petróleo, gasolinas.

- Combustibles gaseosos: gas natural, gases licuados del petróleo gases manufacturados.

2.1.2 Composición general

- Esencialmente por carbono (C) e hidrógeno (H₂) sea en forma libre o combinada en forma de hidrocarburos.
- Azufre, si bien esta especie no se tolera más que en pequeños porcentajes debido a los efectos perjudiciales de sus compuestos con oxígeno.
- Oxígeno, que puede encontrarse bien inicialmente fijado al carbono e hidrogeno, bien presente en estado libre en el combustible (caso de las mezclas aire-propano por ejemplo).
- Inertes como son la humedad, las cenizas el CO₂ y el nitrógeno.

2.1.3 Combustibles para motores marinos

El término 'bunkers' es el nombre genérico inglés que significa los combustibles marinos usados por los buques para su consumo y propulsión. El uso original de este término comenzó con el empleo del carbón como combustible para las calderas en los primeros buques propulsados por vapor. El carbón estaba entonces almacenado a bordo por alguno de los laterales de la sala de calderas, y estos compartimientos eran llamados en inglés 'Coal Bunkers' [carboneras]. Este era el mismo término usado para el almacenaje de carbón en tierra. Los combustibles para motores marinos son los siguientes:

- Furnace Oil / Heavy Fuel Oil.
- Light Diésel Oil / Marine Gasoil /Marine Diésel Oil.
- LSHS(Low Sulphur Heavy Stock) (usado en calderas marinas)

Actualmente se viene usando en el sector naval los combustibles que se encuentran en el ANEXO N°1.

Los combustibles comunes se encuentran en el ANEXO N°2.

2.1.4 Estándares para combustibles marinos

Es la normativa establecido establecida por un órgano público con el fin de reducir la intensidad de carbono en los combustible utilizados por el sector transporte con respecto a la intensidad asociada a los combustibles convencionales derivados del petróleo en ámbito naval la ISO 8217:2005 es el estándar de calidad para los combustibles residuales marítimos. Por ejemplo el MGO es de color claro transparente y a menudo se le aplica un tinte púrpura para los casos de entrega por auto-tanque, para distinguirse entre los tipos diferentes de diésel. En caso de la entrega por la barcaza, tiene su color original amarillento claro. Ver ANEXO N°3, ANEXO N°4, ANEXO N°5 y ANEXO N°6.

2.2 PROCESO DE COMBUSTIÓN EN MOTORES DIÉSEL

El motor Diésel funciona por el principio del autoencendido o autoignición, en el que la mezcla aire-combustible arde por la gran temperatura alcanzada en la cámara de compresión, por lo que no es necesaria la chispa como en los motores de explosión. En cuanto el combustible frío contacta con el aire que se encuentra a gran temperatura, comienza a elevarse su temperatura, formándose vapor alrededor de cada una de las gotas. El aire circundante se enfría y toma calor de la masa de aire comprimido, transmitiéndolo nuevamente a la gota de combustible que vuelve a calentarse hasta alcanzar su temperatura de inflamación. Cuando esto ocurre, comienza la combustión y el calor producido se pasa a toda la masa

de aire y combustible restante, produciéndose su inflamación. El tiempo que transcurre entre la entrada de las primeras gotas y el inicio de la combustión se llama retardo a la inflamación, el cual representa el tiempo de giro del cigüeñal que transcurre entre el comienzo de la inyección y la inflamación del combustible.

Durante este periodo se está inyectando combustible de forma continua. Este fenómeno produce un picado particular, parecido a la detonación en los motores de gasolina, que aumenta a medida que lo hace el retardo a la inflamación. Para reducir este fenómeno es necesario que la combustión se inicie con el menor intervalo de tiempo respecto a la inyección, por lo que se usa un combustible con un alto grado de cetano, así como una buena pulverización del mismo, con relaciones de compresión elevadas y cámaras de alta turbulencia. Existen dos tipos de cámaras: de inyección directa e inyección indirecta.

a). Cámaras de inyección directa. La inyección se realiza directamente en el cilindro, con alojamientos especiales en la cabeza del pistón que varían en su forma, para actuar como cámara de turbulencia y ayudar a la vaporización del combustible.

La más usual es la de forma toroidal, que es una cavidad circular normalmente simétrica en el centro de la cabeza del pistón, con un pequeño cono en centro y apuntando hacia arriba. Cualquiera que sea el tipo de cavidad, debe estar adaptada al inyector presente, que se monta en posición vertical o ligeramente inclinada sobre la culata, formando un ángulo preciso. Dicho inyector contará con varios orificios de vertido del combustible, estando adaptado también al diseño de la cámara de combustión. Dado que el grado de turbulencia es bajo, las relaciones de compresión son muy elevadas, del orden de 15:1 a 20:1, con lo que se consiguen grandes presiones y temperaturas y que hacen necesaria

también una gran presión de la inyección. Es un motor con poca pérdida de calor a través de las paredes, con lo que los arranques en frío se ven mejorados.

b). Cámaras de inyección indirecta. En esta disposición la combustión se desarrolla en dos cámaras, una de ellas la de turbulencia que normalmente es esférica, y que desemboca en la principal, que está constituida por el espacio comprendido entre el pistón y la culata. La cámara de turbulencia representa los dos tercios del volumen total de la cámara de combustión. En estas cámaras la presión de inyección es menos elevada, ya que la turbulencia creada en la pre-cámara ayuda a la pulverización del combustible. Esto se traduce en un funcionamiento del motor más suave y con menos sufrimiento para los distintos órganos que lo forman, ya que el paso de la combustión de una cámara a otra hace que la fuerza sobre el pistón se aplique de una forma más progresiva. Dadas las elevadas compresiones que se alcanzan en estos motores y el gran calor que desarrollan, los componentes que los forman están más reforzados y son más pesados que sus equivalentes de un motor de gasolina, por lo que estos motores son menos revolucionados, pero con una mayor disponibilidad de par motor a pocas revoluciones. Sus sistemas de refrigeración están más estudiados y cuidados que otros motores.

2.2.1 Combustión en los motores de 4 tiempos

Un motor de explosión con ciclo de 4 tiempos se compone por un cilindro, una biela, un cigüeñal, al menos dos válvulas, una bujía y muchos otros componentes que hacen que todo trabaje de forma coordinada. Para entender cómo es posible que una mezcla de gasolina y aire se convierta en movimiento te explicamos uno a uno cada uno de los 4 tiempos de este tipo de motor de combustión, o también llamado motor Otto.

- **Primer Tiempo: Admisión**

Los motores de encendido provocado o el aire en motores de encendido por compresión. La válvula de escape permanece cerrada, mientras que la de admisión está abierta. En el primer tiempo el cigüeñal da 180° y el árbol de levas da 90° y la válvula de admisión se encuentra abierta y su carrera es descendente.

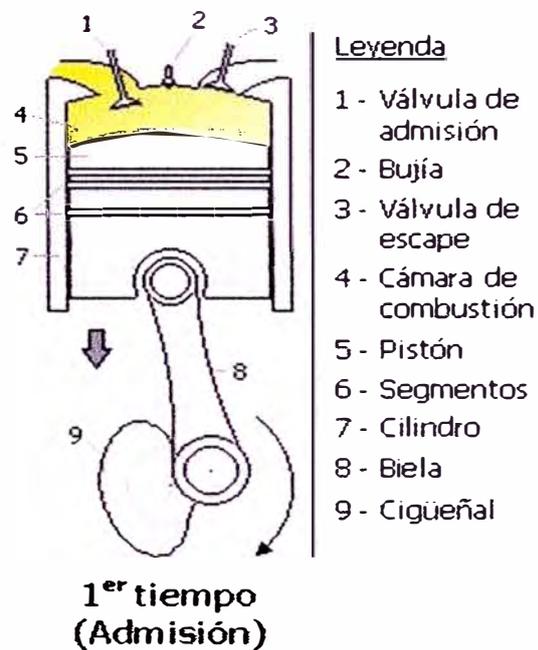


Fig. 2.2 Primer tiempo Admisión.

- **Segundo Tiempo: Compresión**

Al llegar al final de carrera inferior, la válvula de admisión se cierra, comprimiéndose el gas contenido en la cámara por el ascenso del pistón. En el 2º tiempo el cigüeñal da 360° y el árbol de levas da 180° , y además ambas válvulas se encuentran cerradas y su carrera es ascendente.

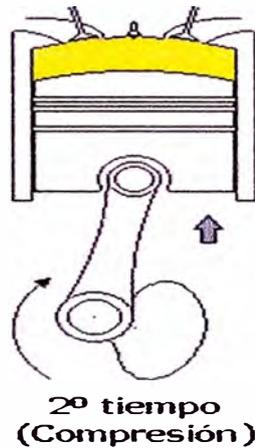


Fig. 2.3 Segundo tiempo Compresión.

- **Tercer Tiempo: Expansión o Explosión**

Al no poder llegar al final de carrera superior el gas ha alcanzado la presión máxima. En los motores de encendido provocado, salta la chispa en la bujía, provocando la inflamación de la mezcla, mientras que en los motores diésel, se inyecta con jeringa el combustible que se autoinflama por la presión y temperatura existentes en el interior del cilindro. En ambos casos, una vez iniciada la combustión, esta progresa rápidamente incrementando la temperatura en el interior del cilindro y expandiendo los gases que empujan el pistón. Esta es la única fase en la que se obtiene trabajo. En este tiempo el cigüeñal da 180° mientras que el árbol de levas da 240°, ambas válvulas se encuentran cerradas y su carrera es descendente.

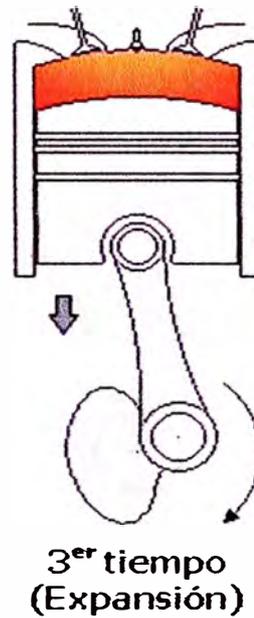


Fig. 2.4 Tercer tiempo Expansión.

- **Cuarto Tiempo: Escape**

En esta fase el pistón empuja cuidadosamente, en su movimiento ascendente, los gases de la combustión que salen a través de la válvula de escape que permanece abierta. Al llegar al punto máximo de carrera superior, se cierra la válvula de escape y se abre la de admisión, reiniciándose el ciclo. En este tiempo el cigüeñal da 360° y el árbol de levas da 180° y su carrera es ascendente.

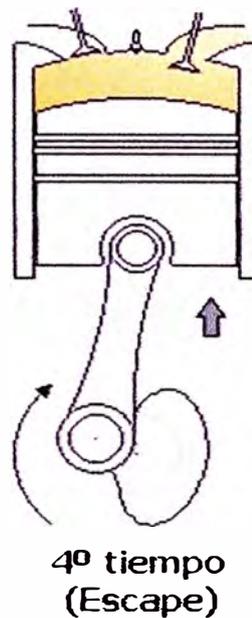


Fig. 2.5 Cuarto tiempo Escape

2.2.2 Diferencia entre Ciclo Real Diésel y ciclo Teórico Diésel

La diferencia entre el ciclo real y teórico se traducen en pérdidas de energía, esto es la presión varia durante la combustión mientras que en el ciclo teórico se mantiene constante; En la realidad una parte de la combustión se lleva a cabo a volumen constante y otra parte a presión constante. Solo los motores muy lentos desarrollan aproximadamente el proceso teórico.

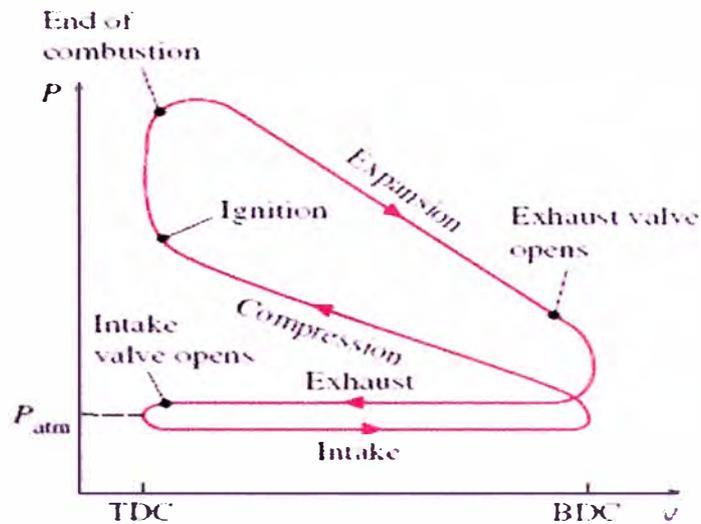


Fig.2.6 Ciclos Diésel Real

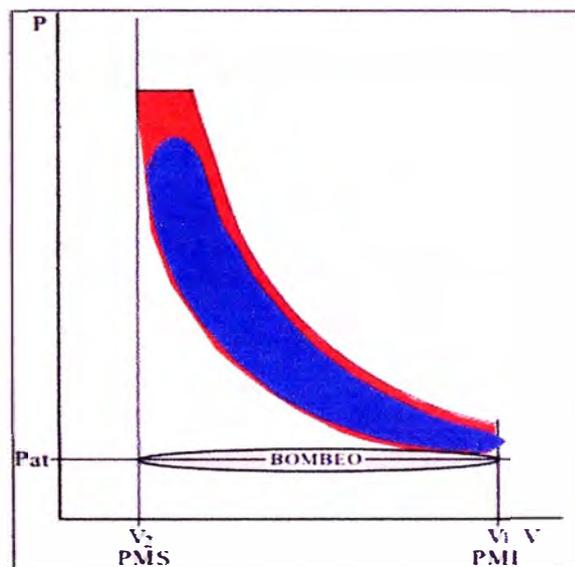


Fig. 2.7 Comparación entre los ciclos Diésel Teórico y real

2.2.3 Diagrama de Sankey

Un diagrama-Sankey es la representación gráfica de los caudales (cantidad por tiempo) de energía, material o dinero a través de un sistema. Normalmente los caudales son representados por flechas, en los cuales el ancho es proporcional al tamaño del caudal mostrado. Mejor que números o descripciones el diagrama le explica cuales caudales benefician y cuales

constituyen residuos o emisiones. La idea básica es contabilizar como se usa la energía.

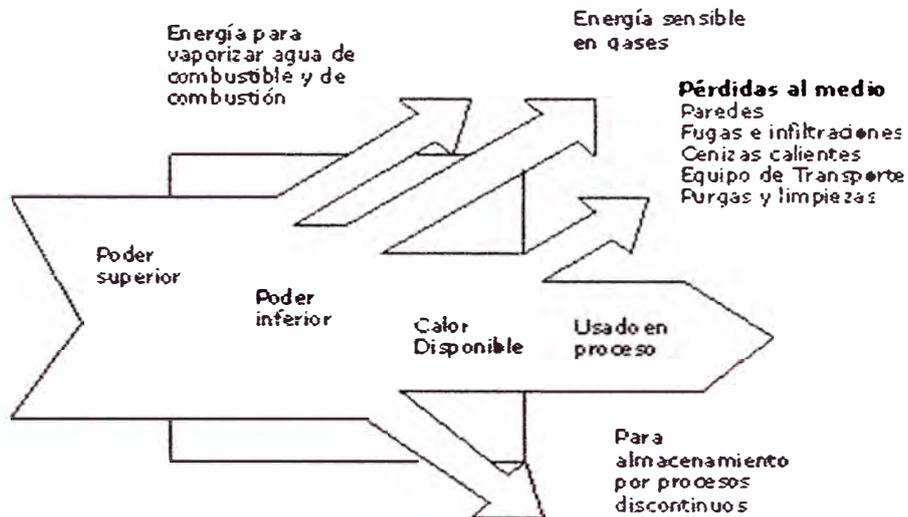


Fig. 2.8 Ejemplo de un Diagrama de Sankey

2.3 PROPULSIÓN DE BUQUES

Propulsar es hacer avanzar un barco para que pueda cumplir sus cometidos, el sistema de propulsión es pues el conjunto de los elementos que permite que el barco se desplace de un punto a otro a través de las aguas en que opera. La utilización de las máquinas primarias en los distintos tipos de instalación que acabamos de describir nos lleva a la necesidad de conocer los sistemas básicos que utilizan combustibles fósiles y son:

- Propulsión a vapor
- Propulsión diésel
 - o Propulsión directa.
 - o Propulsión indirecta
- Propulsión diésel eléctrica.
- Propulsión por turbinas a gas

Propulsión a celda de combustible

Propulsión nuclear

Propulsión con velas

2.3.1 Propulsión a vapor

La propulsión a vapor fue, cronológicamente, la primera en aparecer y ha sido el sistema por antonomasia durante muchos años y aún perdura para determinadas aplicaciones aunque está siendo ampliamente superada por los motores diésel y las turbinas de gas, especialmente desde que la crisis del petróleo del inicio de los años 70 hizo que el consumo de combustible pasase a ser un elemento capital de los costes de explotación

La caldera contiene agua que, por medio del calor aportado por la combustión del fuel en los mecheros, se vaporiza, el vapor asciende por los tubos y se recoge en la parte superior o colector de vapor de donde vuelve a entrar en los haces sobre calentadores para sufrir un aporte de calor a presión constante, aumentando así su entalpía, es decir, su capacidad de producir trabajo.

El vapor sobrecalentado sale a trabajar en las turbinas, primero en la de alta y luego en la de baja donde se expansiona sucesivamente aumentando su volumen y produciendo trabajo que se traduce en el giro del eje propulsor a través del engranaje reductor. El vapor, fuertemente expansionado, se recoge en un recipiente donde reina el vacío, el condensador principal, en el cual en virtud de los condicionantes reinantes y de la refrigeración que sufre por el agua de mar que circula a su través, este vapor se condensa y transforma en agua. En el condensador se hace

la adición del agua de alimentación necesaria para reponer las pérdidas que siempre hay en el circuito y el condensado (agua condensada) es recogida por la bomba de condensado y pasa al “tanque desaireador” que, como su nombre indica, tiene por misión librar lo que va a ser agua de alimentación de la caldera del aire (oxígeno) que pueda llevar disuelto y calentarla. El agua de alimentación la recogen las bombas booster y las bombas de alimentación principal, que le dan la presión necesaria para su introducción a la caldera donde entra a una presión ligeramente superior a lo que reina en ella y a una temperatura inferior, pero próxima a la del agua del interior para que el ciclo real se aproxima lo más posible al ciclo teórico. El agua, una vez en la caldera, inicia de nuevo el ciclo ya descrito.

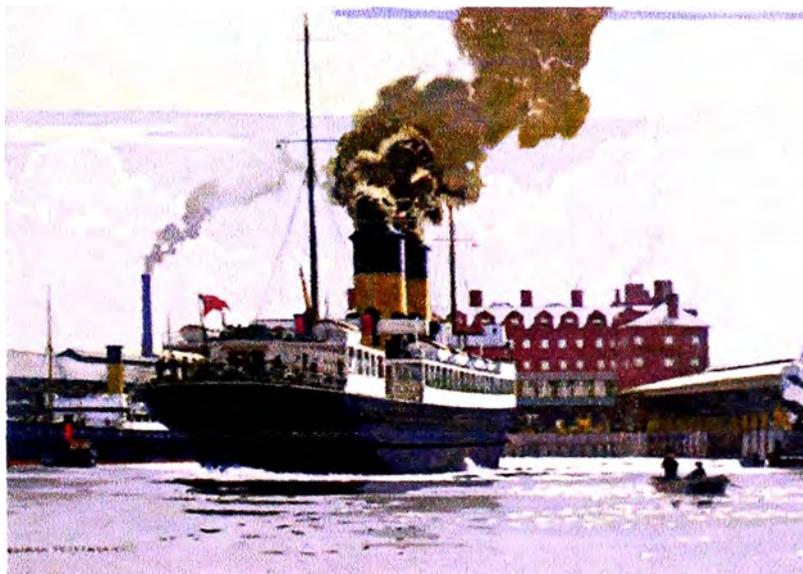


Fig. 2.9 Imagen de buque a vapor

2.3.2 Propulsión Diésel

El motor Diésel va directamente acoplado al eje y en casos donde sea aconsejable se pueda instalar uno o varios motores acoplados al eje propulsor mediante el correspondiente engranaje (Caja reductora). En el Perú es el sistema más usado por las embarcaciones pesqueras,

tanqueros, remolcadores. Es reversible, ocupa poco espacio, puede ser construido desde muy bajas hasta muy altas potencias y tiene un consumo específico inferior a la turbina de vapor. Pueden encontrarse en la forma de motores rápidos ($RPM > 500$, pequeño tamaño), semi-rápidos ($150 < RPM < 500$, tamaño mediano) y lentos ($80 < RPM < 150$, grandes).

Los motores rápidos necesitan acoplarse a un reductor de engranajes (Caja reductora) y en la mayoría de los casos también los semi-rápidos con objeto de actuar sobre la hélice a RPM no muy altas. Los motores lentos van directamente acoplados y de esta forma el rendimiento total de la instalación propulsora son elevados.

Relativo bajo precio potencia entregada con respecto al precio de compra

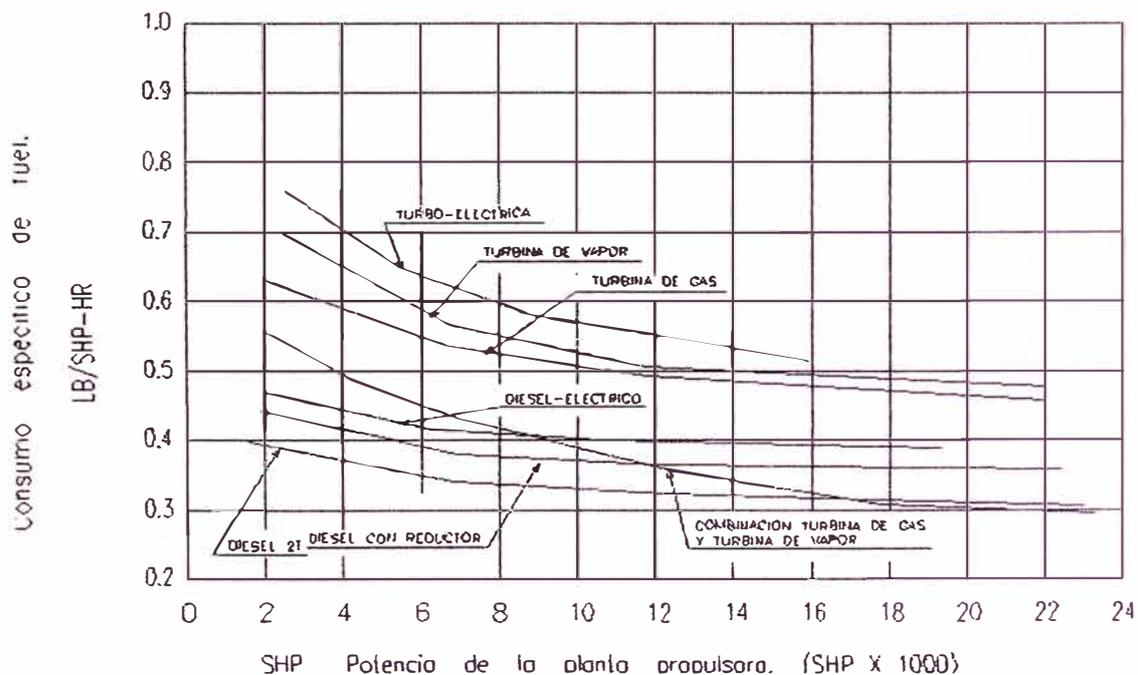


Fig. 2.10 Consumo específico de combustible en función de la potencia

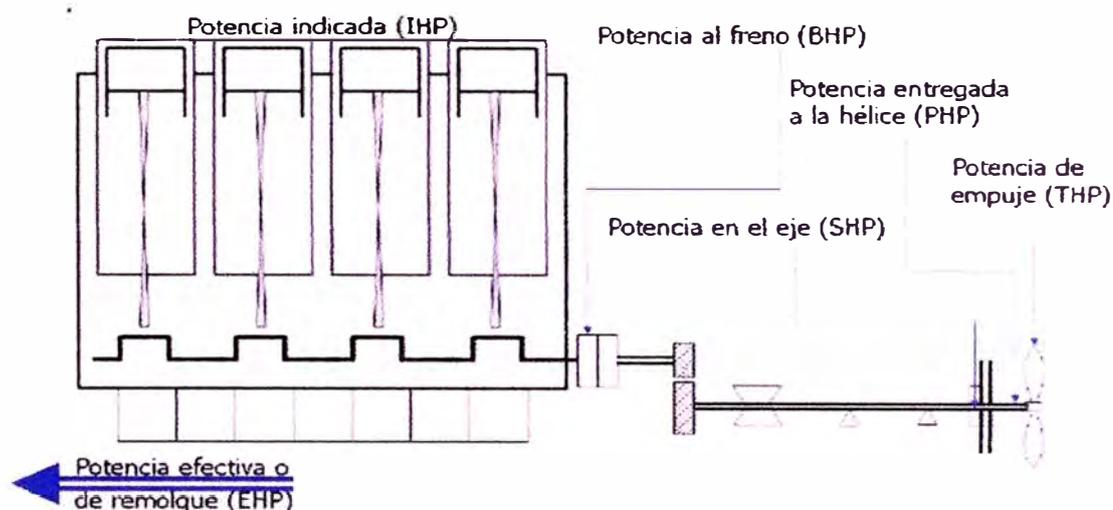


Fig. 2.11 Potencias en el sistema propulsor diésel marino

2.3.3 Propulsión Diésel Eléctrica

En éste tipo de propulsión la energía es suministrada por generadores eléctricos movidos por motores diésel que alimentan a los motores eléctricos acoplados a los ejes propulsores.

Una instalación Diésel-eléctrica consta de uno o más motores acoplados a igual número de generadores eléctricos que suministran la corriente al motor o motores eléctricos encargados de la propulsión.

Los motores Diésel son irreversibles, esto es giran siempre en el mismo sentido y por tanto de construcción sencilla. El régimen de giro se encuentra entre las 250 y 600 r.p.m. y la corriente empleada puede ser continua o alterna, en un principio y durante bastante tiempo fue usada de un modo casi exclusivo la corriente continua porque presentaba las ventajas, de fácil acoplamiento a las dínamos y una mayor facilidad en los cambios de régimen y maniobra. En la actualidad se utilizan indistintamente corriente alterna o continua con mayor preferencia por la

alterna para los casos de elevadas potencias debido a las dificultades de empleo de elevados voltajes con corriente continua.

Esquema práctico de una propulsión Diésel eléctrica con turbina para el generador auxiliar, ver componentes de Propulsión Diésel - Eléctrica en el ANEXO N°7

2.3.4 Propulsión con Turbinas a Gas

Las turbinas a gas han permanecido como la principal forma de propulsión en buques de guerra y a las ventajas que en su momento fueron percibidas por la industria naval y que luego fueron reafirmadas por la mayoría de las marinas del mundo. Es menester señalar, que en la actualidad, las turbinas a gas se presentan como la fuente motriz más utilizada en buques pertenecientes a la flota principal de las diversas marinas de guerra denominadas como "Azules", es decir con la capacidad de efectuar operaciones interoceánicas. Las turbinas a gas, es importante decirlo, no sólo representan el presente de la propulsión naval, sino que sus actuales programas de desarrollo, que dicen relación con mejorar la eficiencia térmica de ellas y otros parámetros técnicos, avalan su primacía a lo menos durante las primeras décadas del tercer milenio que se avecina.

Cuando hablamos de la turbina de gas en su aplicación naval nos referimos siempre (salvo que se diga otra cosa) a las turbinas marinas derivadas de las aeronáuticas que propulsan a los aviones a reacción, no sólo porque la aplicación naval se ha beneficiado del alto grado de desarrollo y perfeccionamiento de las turbinas de avión, sino porque se trata de una máquina muy simple que permite obtener grandes potencias

con tamaños y pesos muy pequeños. En esto reside su gran atractivo para ser adoptada en los buques de guerra.

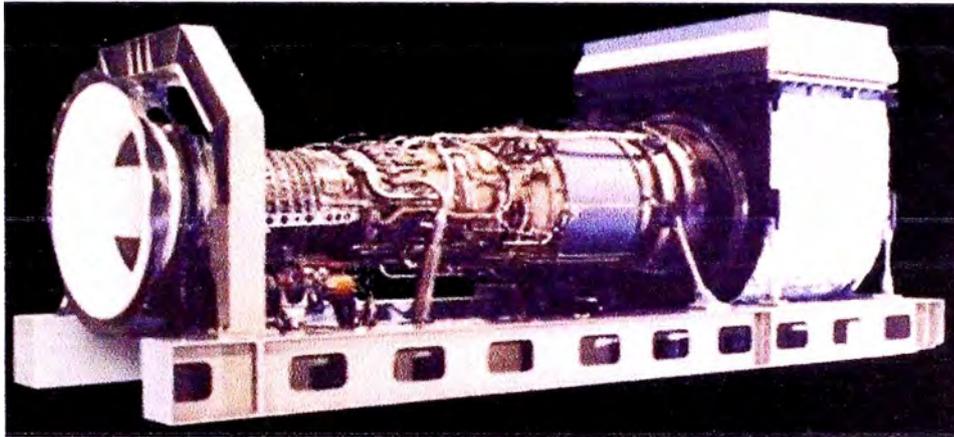


Fig. 2.12 Turbina a gas GE LM-2500

2.3.5 Propulsión con Celdas de Combustible

Una pila de combustible, también llamada célula o celda de combustible es un dispositivo electroquímico de conversión de energía similar a una batería, pero se diferencia de esta última en que está diseñada para permitir el reabastecimiento continuo de los reactivos consumidos; es decir, produce electricidad de una fuente externa de combustible y de oxígeno en contraposición a la capacidad limitada de almacenamiento de energía que posee una batería. Además, los electrodos en una batería reaccionan y cambian según cómo esté cargada o descargada; en cambio, en una celda de combustible los electrodos son catalíticos y relativamente estables, estos poseen mayor eficiencia que otros motores, actualmente está limitado a una potencia de 400 KW.

Los reactivos típicos utilizados en una celda de combustible son hidrógeno en el lado del ánodo y oxígeno en el lado del cátodo (si se trata

de una celda de hidrógeno). Por otra parte las baterías convencionales consumen reactivos sólidos y, una vez que se han agotado, deben ser eliminadas o recargadas con electricidad. Generalmente, los reactivos "fluyen hacia dentro" y los productos de la reacción "fluyen hacia fuera". La operación a largo plazo virtualmente continua es factible mientras se mantengan estos flujos.

2.3.6 Propulsión nuclear

Cualquier reactor nuclear aplicado a un sistema de propulsión se basa en el accionamiento producido por una turbina de vapor. Recordemos que debíamos considerar en reactor como una fuente térmica cuyo calor, asociado a un fluido de trabajo, producía en última instancia vapor que es empleado para accionar una turbina de vapor. Dicha turbina puede, bien accionar el eje del propulsor de forma directa mediante reductora, bien accionar un alternador pasando así a propulsión eléctrica.

Por otro lado, un excedente de vapor se emplea para consumidores de a bordo, como podrían ser un ejemplo las catapultas de asistencia de despegue, entre muchos otros elementos.

A día de hoy, la propulsión nuclear está relegada a ciertos buques militares o gubernamentales que, bien por su rango de actividad, bien por su contexto estratégico, requieren de esta fuente de energía. Y, aún con ello, dichas aplicaciones quedan reservadas únicamente a las economías más potentes del mundo, no así por ejemplo en el caso de España, cuyos submarinos y su portaaviones son de propulsión diésel.

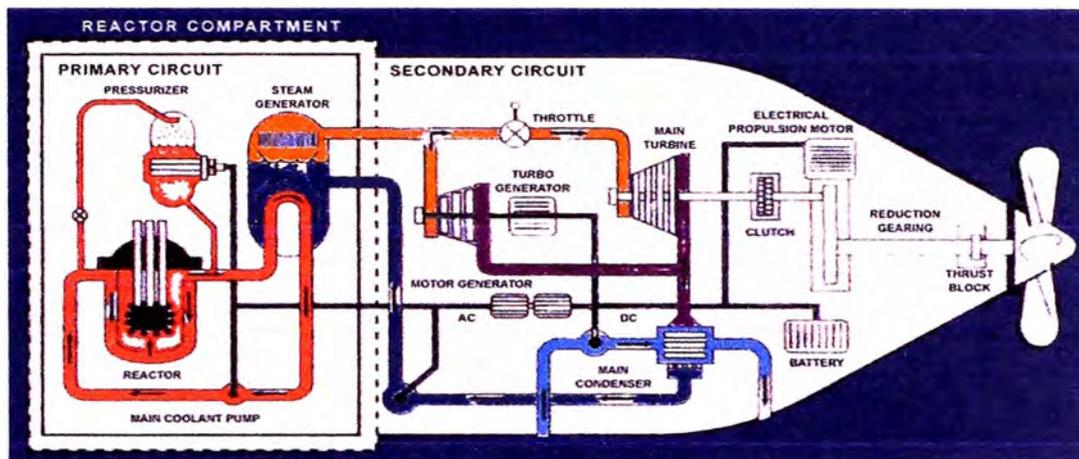


Fig. 2.13 Layout de un submarino nuclear

2.3.7 Propulsión por Velas

Todos los veleros avanzan por el impulso del viento, pero contrariamente a lo que parece, eso no es debido a que el viento empuje la superficie de la vela. Si así fuera, un velero siempre navegaría a favor de la dirección del viento y nunca podría hacerlo perpendicularmente, y todavía menos, con el viento en contra. En este caso, los barcos participantes en la Barcelona World Race tendrían muy poco margen de maniobra en la dirección a tomar y la regata podría prolongarse meses e incluso años, en caso que los vientos fueran contrarios.

Hace siglos, los veleros dependían de la dirección del viento para establecer sus rutas ya que, sólo podían navegar con viento a favor. Pero hoy día, el velero es una máquina ecológica que aprovecha energía que procede de una fuente natural —el viento— para realizar un desplazamiento en el espacio.

Los factores clave para aprovechar el viento de ese modo, han sido los tipos de velas y la forma de los buques de los veleros. Durante siglos,

las velas han sido simples pantallas de forma rectangular, como las de las carabelas, que formaban lo que se conocía como aparejo redondo. En esas velas, el viento presiona y empuja.

Por el contrario, existen otras velas que suelen ser de forma triangular o de trapecio, colocadas a lo largo del barco de modo que cortan el viento. Este tipo de velas forma el aparejo de cuchillo y son las más usadas en la actualidad, ya que permiten navegar en mejores condiciones que las demás.



Fig. 2.14 Propulsión a vela

2.4 RESISTENCIA AL AVANCE

Cuando el buque navega en la superficie actúan 02 resistencias que se oponen al avance de la embarcación y estas son:

- La resistencia de fricción.
- Resistencia de Olas
 - Resistencia Por olas Primarios.
 - Resistencia por olas Secundario.

- Olas Transversales.
- Olas divergentes
- Resistencia de Presión Viscosa

Para calcular la resistencia de fricción de un buque, Froude arrastró una placa plana sumergida totalmente en un canal de experiencias. Observando que la resistencia total de un buque era distinta a la resistencia de fricción de dicha placa plana le añadió una partida más, la resistencia residual. Dicha resistencia se debe a que el buque no es una placa plana, pues tiene unas formas no planas y produce olas a su paso por el agua.

2.4.1 Resistencia total y sus componentes

La resistencia total de un buque se divide en diferentes partidas que se integran de manera aditiva. Froude llegó a la conclusión que la resistencia total estaba formada por la resistencia viscosa o de fricción de la placa plana¹ de igual superficie que la del buque, más la componente de resistencia residual. Dicha resistencia residual se debía a la resistencia por formación de olas más la resistencia de formas del buque. Esta última subcomponente de la resistencia se debe a que el buque no es una placa plana y por lo tanto tiene una curvatura y debido al desprendimiento la capa límite.

De acuerdo con la ITTC (International Towing Tank Conference) la resistencia total al avance de un buque se puede dividir en dos componentes, una de ellas debida a la fricción y otra, denominada residual, debida principalmente a la formación de olas. Siguiendo la nomenclatura de la ITTC a partir de la resistencia al avance total del buque, R_T se puede obtener el coeficiente adimensional de resistencia al avance total, C_T ,

conociendo la densidad del fluido, la superficie mojada del buque, S , y su velocidad, mediante la siguiente ecuación:

$$C_T = \frac{RT}{\frac{1}{2}\rho SV^2}$$

$$C_T = C_R + (1 + K)C_F$$

2.4.1.1 Resistencia de Fricción

Esta resistencia depende de la superficie mojada, la velocidad del buque y la rugosidad de la superficie, para resistencia en aguas calmas se considera que la superficie es suave. Esta resistencia se incrementa con la degradación de la calidad de la superficie esto es, pintura defectuosa, corrosión, adherencias, etc.

Para reducir esta resistencia se puede optar por:

Para buques Lentos.

- Un óptimo dimensionamiento de la embarcación para obtener una menor superficie mojada para determinada carga.

Para buques rápidos.

- El empuje dinámico se usa para reducir la superficie mojada.

El coeficiente adimensional de resistencia de fricción se suele calcular a partir de la línea de fricción ITTC'57 cuya expresión es:

$$C_F = \frac{0.075}{(\text{Log}_{RE} - 2)^2}$$

Es la resistencia más importante al movimiento (80 % de la resistencia total). Proporcional a la superficie de la carena y a la velocidad del buque. La fricción aumenta proporcionalmente al cuadrado de la velocidad. El consumo aumenta en proporción al cubo de la velocidad.

2.4.1.2 Resistencia de Olas

Los buques, al moverse en el agua con cierta velocidad relativa, generan un patrón de olas característico ocasionado por el desplazamiento de agua por la obra viva del casco. Este patrón de olas resulta en una absorción de energía de desplazamiento del buque, siendo un fenómeno indefectible en cualesquiera de sus tipos o naturalezas, y todavía más en buques de superficie.

El patrón de olas generado, también llamado patrón de Kelvin ya que fue Lord Kelvin Thompson quien lo describió por primera vez en 1887, puede dividirse, también analíticamente, en dos sistemas independientes con ciertas salvedades.

Este fenómeno genera una curva resistencia muy pronunciada, de crecimiento exponencial, que es crítica para cascos de desplazamiento puesto que impone un límite a su velocidad máxima en tanto las longitudes de onda de ambos patrones de olas se superponen, equiparándose a la eslora del casco, tal como podremos comprender a continuación.

2.4.1.2.1 Primario

En un fluido ideal que no tiene viscosidad, un cuerpo sumergido profundamente tendría resistencia cero (Paradoja de D'Alembert). Éste sistema de olas está directamente relacionado con la presión de origen viscoso, por la cual, el paso de un sólido a través de un fluido establece un patrón de velocidades ocasionadas por los cambios de trayectoria del fluido a través de su geometría cambiante, deviniendo estos aumentos y disminuciones de velocidades en disminuciones y aumentos de presiones, respectivamente.

Así pues, en un casco esquemático como el de la imagen, el flujo reduce su velocidad con respecto a la media en los extremos de proa y popa, aumentando en el cuerpo central. Ello conduce a cambios en las presiones, que serán mayores en proa y popa, y menores a lo largo del cuerpo central.

Por esta distribución de presiones podríamos aplicar la ecuación de Bernoulli a lo largo de la eslora del casco, teniendo por dicha igualdad que los puntos de mayores presiones deberán aumentar su velocidad, por el contrario de los de bajas presiones que deberán reducirla, ocasionando así un empuje diferencial en las secciones de proa y popa.

2.4.1.2.2 Secundario

La absorción de energía en forma de pérdida de empuje merced a este efecto se produce en cualquier sólido que atraviese un fluido con diferente velocidad relativa, siempre que su paso se produzca en la interfaz de dos estratos de fluido con diferentes características físicas.

Es por ello que los submarinos pueden, en cierta medida, experimentar este efecto aun navegando sumergidos si lo hacen en la interfaz de dos campos de temperaturas claramente estratificados.

Aun con ello, este sistema se considera característico de la superficie libre de la interfaz agua-aire y resulta en un patrón de olas radiado aguas abajo, consistentes en olas transversales y divergentes que, por el contrario del primario, causaría una resistencia aun si se diera en un fluido ideal no viscoso.

2.4.1.2.2.1 Olas Transversales

Los trenes de olas transversales producidas por estas variaciones, dominantes en altos F_n y aguas poco profundas, tienen una longitud de onda que también se relaciona con la velocidad en forma cuadrática. Estos trenes de olas múltiples causan patrones de interferencia, ocasionando el problema de máximos y mínimos, pudiendo ser estas

interferencias constructivas o destructivas a medida se va aumentando la velocidad, lo que viene relacionado en una forma adimensional con el Número de Froude.

2.4.1.2.2.2 Olas Divergentes

Se forman en proa al alcanzar cierta velocidad. Tienen un ángulo de unos 40° con el plano diametral. A popa, por la depresión al avanzar la carena, se forman olas divergentes menores.

2.4.1.3 Resistencia de Presión Viscosa

Esta resistencia es debida a que el espesor de la capa límite va aumentando de proa a popa, lo que implica que cambia "virtualmente" la forma del buque. Así, la manga aumenta hacia proa con lo cual la velocidad a partir del punto de máxima manga no disminuye tan drásticamente como antes y el punto de sobrepresión de proa es favorable al movimiento. La sobrepresión de proa que se opone al movimiento permanece invariable.

2.4.2 Resistencia debida a la acción del Viento

La resistencia debida a la acción del viento, es una resistencia que puede falsear los resultados en las pruebas de mar. No confundir la resistencia de la obra muerta del buque en aire en calma que la resistencia debida a la acción del viento.

La velocidad relativa del viento es la suma entre la velocidad absoluta del buque y viento:

$$V_R = V_V \mp V_B$$

2.4.3 La Resistencia de los Apéndices

Podemos notar como apéndices en el buque el timón, los arbotantes, henchimientos, eje de cola, quillas de balance, dispositivos de sonar situados fuera de la superficie del casco, etc...

Como cada apéndice va sumergido y no crea ola perceptible su resistencia será de tipo viscoso, en donde predomina el valor de la resistencia de fricción frente al de formas:

1. Siempre que la dimensión mayor del apéndice permanezca en la dirección del flujo.
2. Su espesor sea pequeño respecto a su longitud.

La perturbación entre dos apéndices consecutivos se evita disponiendo que su separación sea mayor que cinco veces la eslora del mismo. No es fácil calcular la resistencia de los apéndices incorporándolos al modelo del buque a la hora de realizar los ensayos. En 1953 SNAME publicó una tabla en que se daba el incremento en % sobre la resistencia del casco desnudo originado por la presencia de los apéndices, pero dicha tabla no es muy útil. En la práctica se efectúa este primer método:

- a. Buques con pocos apéndices se extrapola sin preocuparnos de los apéndices incluyendo su efecto en el coeficiente C_A o ΔC_F
- b. A partir de dos hélices se considera que el buque tiene muchos apéndices. Si lleva henchimientos se extrapola como en el caso a, pero si lleva arbotantes se efectúa un ensayo de remolque sin apéndices y otro con apéndices.

$$\Delta C_T = C_{Tm}(\text{Con apéndices}) - C_{Tm}(\text{Sin apéndices})$$

Y para el buque aplicamos:

$$C_{TB}(\text{con apéndices}) = C_{TB}(\text{sin apéndices}) + \frac{1}{2} \Delta C_T$$

Un procedimiento recomendado por la 20ª ITTC es:

$$C_{TB} = C'_{TB} + \Delta C_{TB}$$

En donde:

$$\Delta C_{TB} = (K_{CA} - K_{SA}) C_{FB}$$

K_{CA} (con apéndices), K_{SA} (sin apéndices).

Si le añadimos una protuberancia al buque, tal como un domo, sónares, sonadores, la resistencia se estudia de forma individualizada:

$$R = \frac{1}{2} \rho A_P V_B^2 C_D$$

C_D es un factor que se encuentra en una tabla en donde a partir de las dimensiones y el número de Reynolds obtenemos dicho valor.

2.5 HÉLICES

Las hélices convierten la energía rotacional generada por el motor en el empuje necesario para el desplazamiento de un barco. Descontando el diseño de esta, cuanto más grande sea más eficientemente trabajará. El problema radica en conseguir un equilibrio entre este tamaño y la capacidad del motor para hacerla rotar a su régimen de trabajo idóneo.

Aunque existen muchos tipos de hélices los 2 más importantes son los que tienen entre 2 y 4 palas y son principalmente utilizados por motores intraborda con ejes. Las utilizadas por los motores fueraborda suelen llevar un número de palas que entre 3 y 6.

2.5.1 Materiales de las Hélices

Pueden ser de muchos tipos, entre ellos de aluminio, acero inoxidable, bronce, o materiales compuestos. Las hélices en 'composites'

trabajan bien y no son muy caras. Las de aluminio son las más utilizadas debido a la gran cantidad de medidas con que pueden ser fabricadas y las diversas condiciones y revoluciones con que pueden ser utilizadas. Las de bronce y acero inoxidable son las que ofrecen las mejores prestaciones y duración frente al paso del tiempo, y son muy adecuadas para barcos que se desplacen a mucha velocidad:

Una hélice perfecta debería pesar lo mínimo, ser lo más rígida posible, no verse alterada por el entorno marino y poderse reparar con facilidad. Por todo ello un material muy indicado si no fuera por su elevado precio y dificultad para trabajarlo y repararlo sería el Titanio que es totalmente inmune a la oxidación, liviano y muy tenaz.

	Peso	Flexibilidad	Reparabilidad	Coste
Composite	Bajo	Media	No es posible	Baja
Aluminio	Medio	Pequeña	Fácil	Media
Acero Inox	Alto	Baja	Difícil	Alto
Bronce	Alto	Baja	Fácil	Alto

Fig. 2.15 Cuadro de tipos de Hélice

2.5.2 Cavitación

Se produce cuando por culpa de girar muy rápido, o por exceso de velocidad del barco, la presión de la cara anterior de la hélice (la que está más a proa) decae a valores muy pequeños. En estas condiciones, en la zona con depresión se forman burbujas de vapor por culpa del vacío que se ha creado. ¡El agua verdaderamente hierve pero a temperatura ambiente!

Cuando las burbujas de vapor que se han creado (por ejemplo en un milisegundo o de forma casi instantánea) salen de esta zona de la hélice y vuelven a una zona con presión normal, se colapsan y se condensan otra vez en líquido. Durante el proceso de condensación este colapso es muy violento produciendo vibraciones ruidos y pérdidas de prestaciones. La cavitación puede estropear fácilmente una hélice, mellando sus bordes de ataque, doblando las palas o picando su superficie.

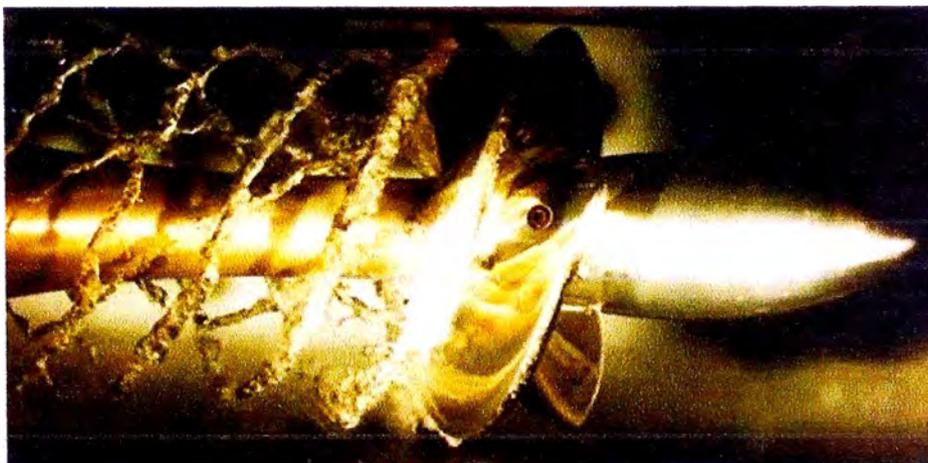


Fig. 2.16 Cavitación en la Hélice

CAPITULO III

REDUCCIÓN DE RESISTENCIA AL AVANCE

En este capítulo se verán las técnicas que nos permitirán ahorrar el consumo de combustible haciendo hincapié en reducir la resistencia al avance, dentro de los cuales están: reducir la resistencia de fricción, resistencia de las olas, resistencia residual, resistencia de apéndices y las resistencias adicionales en el mar. Enseguida se describirán las alternativas por estas áreas.

3.1 RESISTENCIA DE FRICCIÓN

Para reducir la resistencia friccional se están planteando las técnicas: Reducir la superficie del casco, Minimizar la superficie rugosa de los cascos, empleo de Pinturas LSE (Low Surface Energy), Sistemas de burbujas de Aire que serán descritos a continuación.

3.1.1 Reducir la superficie del casco

Como se mencionó anteriormente la resistencia al avance por fricción depende directamente de la superficie mojada de la embarcación, esto se puede lograr con la relación de L/B y L/T deben ser pequeños. L es la Eslora, B la Manga y T el calado del buque.

También esto se puede lograr usando materiales más livianos ya que con estos materiales el calado de la embarcación será menor y esto nos indicara una menor área de superficie mojada. La desventaja de esta técnica es que se tiene que modificar la embarcación, esto demandará mucho tiempo y dinero, por tal motivo se recomienda utilizar esta técnica en la etapa de diseño de la embarcación porque se puede modificar

medidas en los planos, de lo contrario no se puede con esta opción cuando el buque está construido.

Esta técnica también se puede hacer modelando la embarcación o haciendo pruebas de canal del modelo. Por eso es importante que en la fase de diseño esto se tome en cuenta para ahorrarse de futuras modificaciones y pérdidas de dinero y tiempo.

3.1.2 Minimizar la superficie rugosa de los cascos

El mar peruano es rico en biodiversidad marina, esta a su vez es un punto en contra para las embarcaciones de todo tipo puesto que, estas generan incrustaciones en los cascos de las embarcaciones e incrementan la rugosidad del casco y disminuyen el desempeño drásticamente.

Incrementan hasta el 20% de la resistencia de fricción (Fuente Germanischer Lloyd Academy).

En buques petroleros y gaseros incrementan un 15% de la resistencia total (Fuente: Germanischer Lloyd Academy). ¿Qué hacer para evitar esto?

Para mantener la superficie del casco liso se recomienda tener un buen plan de mantenimiento del casco, esto es tener un plan de pintado óptimo para la embarcación, Cuando la embarcación entre al astillero se recomienda hacer un Hidrolavado del casco, arenado o granallado al blanco, para la obra viva aplicar 05 capas de pintura y para la obra muerta 03 capas de pintura, en la condiciones ambientales optimas según se requiera del fabricante por un periodo de 02 años. Durante este periodo se recomienda la limpieza del casco con buzos cada 03 meses para ir evitando que se formen rugosidades en la superficie del casco de la embarcación.

En la actualidad existen diversas marcas de pintura para uso marino de diferentes marcas, en el presente informe se usaran las siguientes pinturas:

Anticorrosiva Durapox R (primera capa)

Bituflex 980 (Segunda y tercera capa)

Ocean Jet Antifouling (Cuarta y quinta capa)

Se puede ahorrar de 4 – 5 % en la economía del combustible (Fuente: Germanischer Lloyd Academy; VOLKER VERTRAM, Practical Ship Hydrodynamics).

3.1.2.1 Pinturas LSE (Low Surface Energy)

Basada en polímeros elastoméricos fluorinados de silicona, su principio es evitar las incrustaciones en la superficie del casco haciendo que la adhesión sea mecánicamente difícil. El plan de pintado es básicamente igual a las pinturas utilizadas para las embarcaciones, esto es base anticorrosiva y esmalte epóxica para el acabado. Este tipo de pinturas reducen el impacto contaminante y se usa tanto para nuevas construcciones como reparaciones navales, y no necesitan de solventes para el proceso de pintado, el tiempo de secado es de 4 horas aproximado según proveedor (Sigma coating)

- Reduce considerablemente la resistencia de fricción.
- Se puede ahorrar de 6 – 10 % en la economía del combustible comparado a pinturas convencionales TBT (Fuente:

Germanischer Lloyd Academy; VOLKER VERTRAM, Practical Ship Hydrodynamics).

- Una regla practica por 25 micrones de rugosidad habrá un incremento en el combustible entre 0.7 – 1.0 %.
- Tiene una buena adherencia en el casco del buque.
- Tiene alta resistente a la corrosión y tiene mayor durabilidad.
- El costo de mantenimiento es menor que el convencional puesto que se ahorra en el Hidrolavado del casco.

Para el análisis económico se emplearan las siguientes pinturas:

Anticorrosiva Durapox R (primera capa), Bituflex 980 (Segunda y tercera capa), Sigmaglidle 790 (Cuarta capa), Sigmaglidle 990 (Quinta capa)

3.1.3 Sistemas de burbujas de Aire

Aún se encuentra en prototipo, Mitsubishi se encuentra desarrollando buques navegando sobre burbujas, este sistema es exclusivo y reduce la resistencia de fricción entre el casco del buque y el agua del mar mediante la introducción de burbujas de aire en el fondo del casco. A esta base se une un diseño del casco más avanzado, además de nuevos sistemas de propulsión para obrar la increíble cifra, que es mucho en barcos hoy en día.

La introducción de burbujas de aire en el fondo del casco permite que, para una misma velocidad, se reduzca la potencia de propulsión, lo que permite disminuir el consumo de combustible y las emisiones de gases contaminantes. El sistema MALS emplea sopladores para crear burbujas de aire bajo el casco del buque y se piensa que es uno de los

mejores posicionados para dar con una solución definitiva para el ahorro energético de los buques de carga.

Este modelo se estima que ahorrará un 15-25% de consumo de combustible (Fuente: Germanischer Lloyd Academy; VOLKER BERTRAM, Practical Ship Hydrodynamics).



Fig. 3.1 Embarcación que usa sistema de burbuja de aire – en Proyecto Fuente: Mitsubishi

3.2 RESISTENCIA DE OLAS

Para reducir la resistencia por la formación de olas se están planteando la técnica: Optimización de bulbos de proa. A continuación se pasara a describir la técnica en mención.

3.2.1 Optimización de bulbos de proa

Es muy bien reconocido el efecto favorable que puede tener un bulbo de proa sobre la resistencia por formación de olas en un buque. Sin embargo, el punto no es únicamente dibujarlo en el plano de líneas de formas, sino estimar su beneficio, en términos de reducción de potencia requerida al eje. Dadas las dificultades por mantenernos adecuadamente al día en las publicaciones técnicas que presentan desarrollos

tecnológicos, típicamente para efectos de estas estimaciones únicamente disponemos del método de Holtrop, que incluye dos características del bulbo: Área y la posición vertical de su centroide.

Para este procedimiento se necesita modelar la embarcación en 3D y luego implementar un bulbo de proa, como siguiente paso se tendrá que usar un CFD para optimizar el bulbo de proa de manera iterativa hasta encontrar la longitud y ubicación más óptima para nuestro fin, que es el ahorro de combustible. De lo contrario incluso estaríamos aumentando la resistencia al avance del buque generando más consumo de combustible.

En el mercado existen softwares de modelamiento naval como Rinhoceros, Maxsurf, Autoship, etc. Cabe recalcar que los CFD mas recomendado son los que utilizan código RANSE por emplear modelos matemáticos avanzados.

En una optimización formal puede reducir entre el 1% - 2% del consumo de combustible. (Fuente: Germanischer Lloyd Academy).



Fig. 3.2 Bulbo de proa

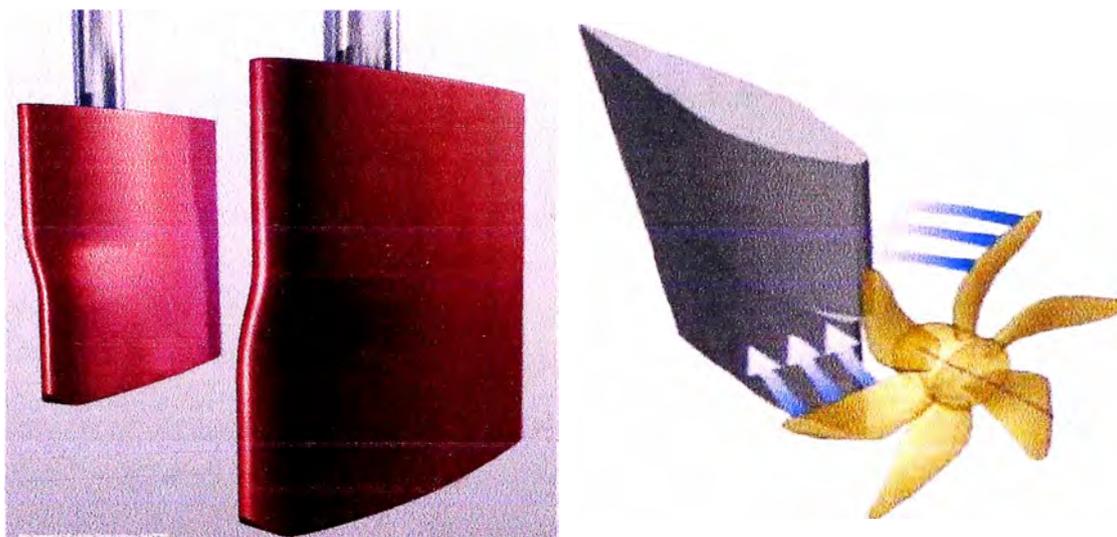


Fig. 3.5 Pala timón asimétrico. Fuente: Vander Velden

3.4.3 Bulbo Costa

Bulbo de pala de timón directamente en línea con la hélice, está montada en la pala timón de la hélice a la altura del centro de la hélice de propulsión.

Tiene las siguientes características:

- Reduce las pérdidas por vórtices en el cono creados por el flujo de turbulencia.
- Reduce las pérdidas rotacionales.
- Reduce la Vibración del sistema de propulsión
- Se puede llegar 2 - 4% de ahorro de combustible (Fuente: Germanischer Lloyd Academy).



Fig. 3.6 Bulbo costa. Fuente: Germanischer Lloyd

3.5 RESISTENCIA ADICIONAL EN EL MAR

Para reducir la resistencia adicional en el mar se están planteando las técnicas: Optimizar el dimensionamiento de las embarcaciones y minimizar la resistencia adicional con manejo de ruta. A continuación se pasara a describir las técnicas mencionadas.

3.5.1 Optimizar el dimensionamiento de las embarcaciones

El proyectista ha de lograr que el empuje o el volumen de la obra viva sea, como mínimo, igual al peso muerto más el resto de pesos inevitables para el buen funcionamiento del buque y que todo el volumen del buque permita ubicar toda la carga y los restantes servicios del buque. Este condicionante divide a los buques en dos tipos principales buques de peso muerto y buques de volumen.

- Un aspecto importante del desarrollo del proyecto conceptual es el dimensionamiento básico de las diferentes opciones analizadas.

En el Perú pocas embarcaciones cuentan con este tipo de pala es por eso que mediante este informe quiero transmitir los beneficios que trae este sistema.

- Se puede llegar hasta el 2 - 6% de ahorro de combustible (Fuente: Germanischer Lloyd Academy; ROLLS ROYCE, Wärtsilä).



Fig. 3.4 Pala timón con flap. Fuente: Germanischer Lloyd

3.4.2 Timón Asimétrico

Estas palas timón tienen dos secciones, uno está bajo el centro de la hélice y otro encima del centro de la hélice. Ligeramente desviadas para direccionar el flujo de agua que sale de la hélice.

La característica de este timón es que se adapta mejor al flujo local, reduciendo la resistencia en la pala convencional de una sola sección.

Se estima un ahorro de combustible 2 - 4 % (Fuente: Germanischer Lloyd Academy).

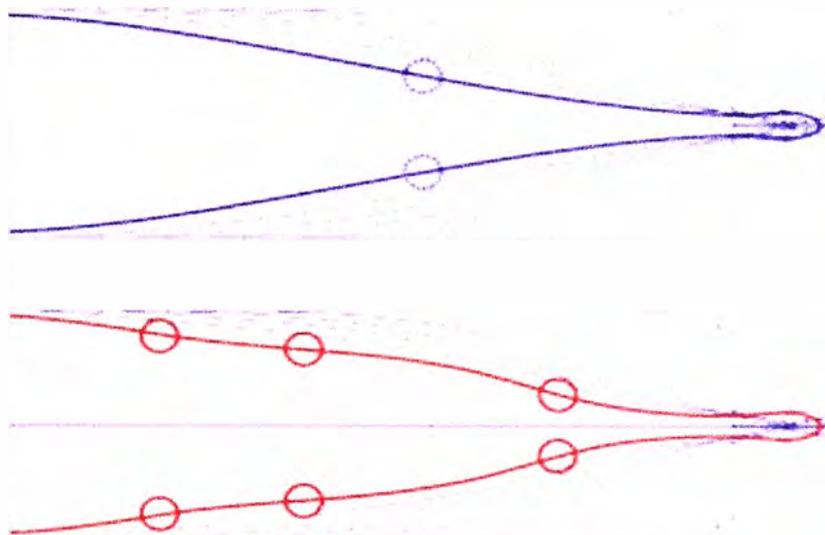


Fig. 3.3 Casco optimizado por dar mayor radio de pantoque

3.4 RESISTENCIA DE APÉNDICES

Para reducir la resistencia de apéndices se están planteando las técnicas: Reducir el arrastre por fricción del timón, timón asimétrico y bulbo costa. A continuación se pasará a describir las técnicas mencionadas.

3.4.1 Reducir el arrastre por fricción del timón

Se reemplaza el timón convencional por un timón con flap altamente eficiente aplicado ampliamente en sector aeronáutico, posee mejor maniobrabilidad del buque, tiene una alta resistencia a la fatiga, es de fácil mantenimiento, tiene un ángulo de operación de 65° y el flap de 45° adicionales para una mejor maniobrabilidad.

Este timón es de menor dimensión y ofrece menor resistencia que el timón convencional.

Implementando la pala timón con flap se puede tener un ahorro del 4% de combustible (Fuente: Germanischer Lloyd Academy).

3.3 RESISTENCIA RESIDUAL

Para reducir la resistencia residual se están planteando la técnica: Utilizar radio pantoque aumentado en el cuerpo de proa. A continuación se pasara a describir la técnica en mención.

3.3.1 Utilizar radio de pantoque aumentado en el cuerpo de proa

Esta técnica nos permite dar un mayor corte del barco al agua por su proa más delgada, esto hará disminuir la resistencia al avance. Para esto se tiene que modelar la embarcación y luego emplear un CFD para calcular de manera iterativa hasta encontrar la mejor opción para esta técnica.

Esta optimización puede ahorrar hasta el 10% del consumo de combustible (Fuente: Germanischer Lloyd Academy), el punto en contra es que involucraría prácticamente cambiar toda la proa de la embarcación, se tendría que hacer una fuerte inversión de tiempo y dinero para optar por esta técnica. Se tiene que tener cuidado puesto que si dejamos muy delgado esto afectara a la estabilidad de la embarcación es por esta razón que se requiere un trabajo de diseño e ingeniería, por lo tanto esta técnica se recomienda en la fase de diseño y no cuando el buque está construido

- Se puede llegar 2 – 10 % de ahorro de combustible (Fuente: Germanischer Lloyd Academy; UWE HOLLENBACH, JÜRGEN FRIESCH , Efficient hull forms – What can be gained?).

- El proceso de dimensionamiento básico consiste en caracterizar, de manera aproximada el proyecto, mediante el cálculo estimativo de diferentes aspectos como:
 - Dimensiones principales
 - Coeficientes de forma
 - Volúmenes de tanques y desplazamiento
 - Potencia a instalar, autonomía y velocidad de proyecto
 - El dimensionamiento básico se suele basar en estudios estadísticos, fórmulas de base empírica y la experiencia del armador o diseñador
 - La estimación de la potencia a instalar, la autonomía y la velocidad de proyecto se estudiará en capítulos posteriores.

En general, son buques de peso muerto:

- Graneleros de sólidos. Especialmente los transportes de carbón y mineral, con densidades superiores a 1 Tm/m^3 .
- Petroleros de crudo y productos, con densidades cercanas a la unidad.
- Quimiqueros, con densidades superiores a la unidad.
- Graneleros combinados (OBO = Ore-Bulk-Oil o Mineral-Grano-Petróleo y OO = Ore-Oil o Mineral-Petróleo).

En general, son buques de volumen:

- Cargueros y polivalentes. Los cargueros clásicos están en la frontera entre los buques de peso muerto y los de volumen. Sin embargo, los buques polivalentes, han de estar preparados para poder transportar cargas muy ligeras y voluminosas.
- Madereros.
- Transportes de gas líquido (LNG = Liquefied Natural Gas y LPG Liquefied Petroleum Gas).

Tabla 3.1 Comparativa por coeficientes

Descripción	Coste de construcción		Coste Operativo
	Casco	Maquinaria	
Incremento L	Se incrementa el peso de la estructura y por lo tanto el coste de la construcción	Se reduce la potencia necesaria y costes asociados.	Se reduce el costo y consumo de combustible
Incremento B	Se incrementa el coste de construcción pero de manera menos importantes que con L	Se incrementa la potencia y los costos asociados	Se incrementa
Incremento D y T	Se reduce el costo de construcción	Se reduce la potencia y los costos asociados, si va asociado a una reducción de L	Se reduce
Incremento CB	Forma más económica para incrementar el desplazamiento y el peso muerto	Se aumenta la potencia. Por encima de cierta relación entre Fn y CB se produce un muy importante aumento de la potencia necesaria	Se incrementa
Incremento CP	No tiene influencia significativa	Se aumenta la potencia. Se considera el parámetro más definitorio de la resistencia al avance	Se incrementa

Sigamos las siguientes reglas:

- Un tamaño no es para todo.
- Se puede obtener hasta 10 – 20 % en ahorro de combustible (Fuente: Germanischer Lloyd Academy; VOLKER BERTRAM, Fuel Saving Options for Ships).

3.5.2 Minimizar la resistencia adicional con manejo de ruta

Esto es básicamente para monitorear la ubicación de la embarcación usando sistemas de información y GPS dentro del buque para evitar las inclemencias del mal clima, esto hará que el calado del buque aumente y por consecuencia aumentara la resistencia al avance, adicionalmente a esto la resistencia del viento también aumentará. También se emplean sensores en los diversos tanques del buque para cerciorarse ante cualquier pérdida o fuga del combustible. En la actualidad estos sistemas se usan como sistemas ecológicos y para mitigar el impacto ante cualquier avería o accidente, también se maneja esta herramienta para la economía de la organización puesto que se tiene que planificar la creación de una ruta de navegación, obteniendo así parámetros de consumos de combustible de un lugar a otro, para futuras travesías.

- Se puede obtener hasta 3 – 5 % en ahorro de combustible (Fuente: Germanischer Lloyd Academy; VOLKER BERTRAM, Fuel Saving Options for Ships).

CAPITULO IV

MEJORA DE PROPULSIÓN

En este capítulo se verá las técnicas que nos permitirán ahorrar el consumo de combustible haciendo hincapié en mejorar la propulsión, dentro de los cuales están reducir las pérdidas rotacionales y reducir perdidas por vórtices. Enseguida se describirán las alternativas por estas áreas.

4.1 REDUCIR PÉRDIDAS ROTACIONALES

Para reducir las pérdidas rotacionales se están planteando las técnicas: Uso de palas estáticas pre-giro, uso de perfiles pre-giro, uso de palas estáticas post-giro, uso de perfiles post-giro, hélice de Grimm modificada y Hélice Contrarotante CRP. A continuación se pasara a describir las técnicas mencionadas.

4.1.1 Uso de Palas estáticas Pre-Giro

Son palas ubicados antes de la hélice estas no giran solo re-direccionan al flujo de agua que ingresa a la hélice, disminuyendo así las perdidas rotacionales, es de muy fácil fabricación pero se tiene que tener mucho cuidado al momento del montaje y alineamiento de acuerdo al diseño, sino las palas generaran mayor resistencia y aumentara el consumo de combustible. Se tiene que tener mucho cuidado con la soldadura porque la ubicación es en el tubo codaste o en el bulbo de popa, de lo contrario la soldadura deformará dicho tubo y causará vibración en todo el sistema de propulsión.

Tiene las siguientes características

- Recupera la energía rotacional.
- Es usado para altas velocidades.
- Se puede ahorrar hasta 4 - 6 % de consumo de combustible (Fuente: Germanischer Lloyd Academy; DR. HANS RICHARD HANSEN, MR. TOM DINHAM-PEREN, MR. TAKEO NOJIRI, Model and full scale evaluation of a Propeller Boss Cap Fins device Fitted to an Aframax Tanker).



Fig. 4.1 Pala estática Pre-Giro

4.1.2 Uso de Perfiles Pre-Giro

Estos perfiles van adheridos al casco en la popa cercano a la hélice para cumplir la función de direccionar el flujo de agua que va entrar a la hélice y así disminuir las pérdidas rotacionales.

Este perfil fue desarrollado por el canal de pruebas SVA POTSDAM.

- Se puede ahorrar hasta 4 – 9 % de consumo de combustible (Fuente: Germanischer Lloyd Academy; DR. HANS RICHARD HANSEN, MR. TOM DINHAM-PEREN, MR. TAKEO NOJIRI, Model and full scale evaluation of a Propeller Boss Cap Fins device Fitted to an Aframax Tanker).

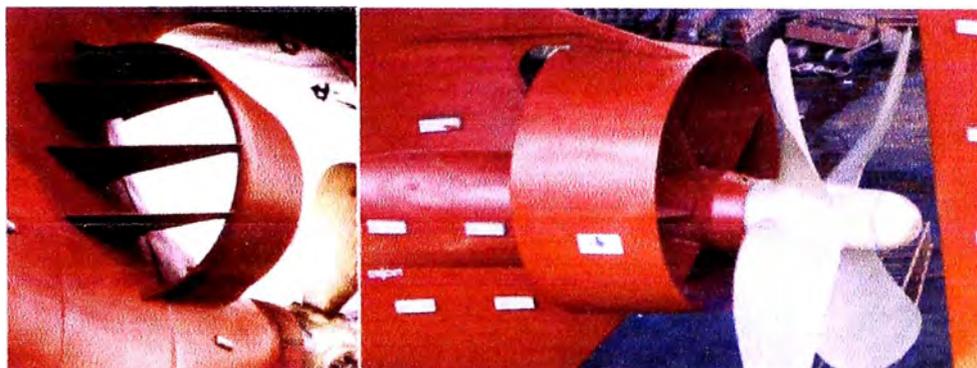


Fig. 4.2 Perfil Post-Giro

4.1.3 Uso de Palas estáticas Post-Giro

Son palas ubicados después de la hélice y no giran solo re-direccionan al flujo de agua que sale de la hélice, disminuyendo así las perdidas rotacionales.

Tiene las siguientes características

- Recupera la energía rotacional.
- Es usado para buques de altas velocidades.
- Se encuentra en proceso de investigación.
- Se puede ahorrar hasta 4 - 6 % de consumo de combustible (Fuente: Germanischer Lloyd Academy; DR. HANS RICHARD HANSEN, MR. TOM DINHAM-PEREN, MR. TAKEO NOJIRI, Model and full scale evaluation of a Propeller Boss Cap Fins device Fitted to an Aframax Tanker).

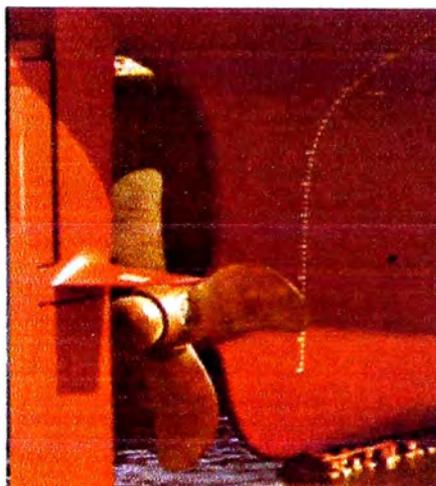


Fig. 4.3 Pala estática Post-Giro

4.1.4 Uso de Perfiles Post-Giro

Estos perfiles van adheridos en la proa de la pala timón para cumplir la función de direccionar el flujo de agua que sale de la hélice y así disminuir las pérdidas rotacionales.

- Se puede ahorrar de 4 - 6 % de consumo de combustible (Fuente: Germanischer Lloyd Academy; DR. HANS RICHARD HANSEN, MR. TOM DINHAM-PEREN, MR. TAKEO NOJIRI, Model and full scale evaluation of a Propeller Boss Cap Fins device Fitted to an Aframax Tanker).

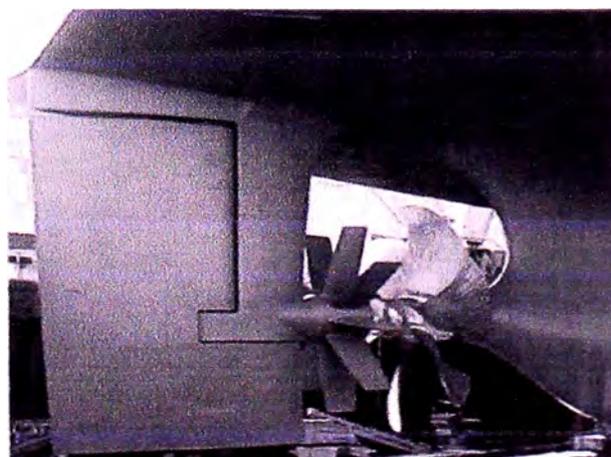


Fig. 4.4 Perfil en pala timón

4.1.5 Hélice de Grim modificada

La rueda de paletas es una segunda hélice aguas abajo de la hélice principal, que atraviesa libremente sin par en el eje. La parte interior de la rueda de paletas, la parte del rotor o turbina parte, tiene un paso tal que la rueda de paletas es conducido, por la estela de la hélice principal. La parte exterior de las palas de la rueda de paletas, la parte hélice, tiene un paso diferente, lo que hace que la rueda de paletas para generar un empuje de la hélice principal. El concepto fue diseñado por Grimse Leitrad y está patentado.

- Rota detrás de la Hélice.
- Tiene gran diámetro.
- Genera un empuje adicional
- Se monta sobre el soporte de la pala timón
- El costo es de \$120,000.00 (Aproximado)
- Ahorra de 7-10% de consumo de combustible (Fuente: Germanischer Lloyd Academy).

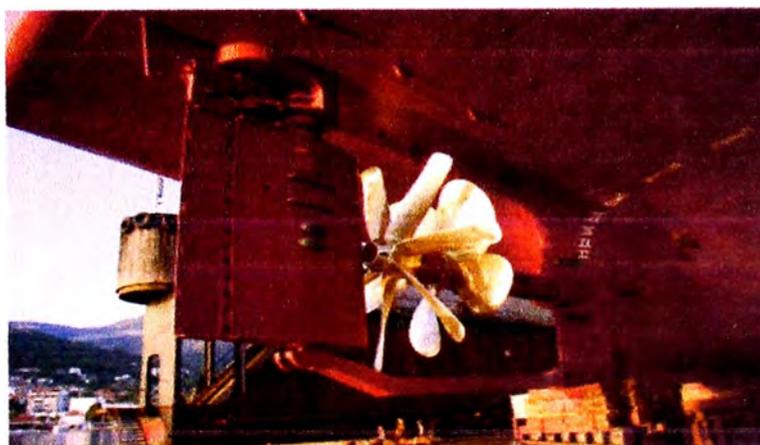


Fig. 4.5 Perfil en pala timón Fuente: Germanischer Lloyd

4.1.6 Hélice Contrarotante CRP

Un sistema contrarotante consta de dos ejes concéntricos. El concepto fue desarrollado en 1988 y se ha instalado en varias referencias desde entonces. La potencia máxima aplicada hoy es 27,160 kW. La eficiencia energética de un buque es el resultado de la interacción entre sus componentes principales. Esto comienza con la mejor hélice con las pérdidas de energía mínima.

- Tiene una recuperación parcial por pérdidas de la energía rotacional.
- Se puede instalar a posteriori
- Requiere mayor mantenimiento.
- Ejes coaxiales caros
- Ahorra de 6 – 13 % de consumo de combustible (Fuente: Germanischer Lloyd Academy; VOLKER BERTRAM, Fuel Saving Options for Ships).



Fig. 4.6 Hélice contrarotante CRP Fuente: WARTSILA

4.2 REDUCIR PERDIDAS POR VÓRTICES

Para reducir las pérdidas por vórtices, se están planteando las técnicas: Hélices CLT, hélices Kappel y Hélice – Tapa para el cono PBCF. A continuación se pasara a describir las técnicas mencionadas.

4.2.1 Hélices CLT

El extremo de la pala de la hélice es doblada hacia la pala timón por tal motivo inhibe los vórtices en las puntas de las palas. Reduce vibración, ruido y emisiones. Este tipo de hélices tienen mayor eficiencia cuando están altamente cargadas y poseen mayor valor de empuje, poseen menor ruido y vibración.

- Ahorra hasta 4 – 11 % de consumo de combustible (Fuente: Germanischer Lloyd Academy; Dott. Ing. Giulio Gennaro, Improving the propulsión Efficiency by means of Contracted and Loaded Tipe Propeller, SNAME).
- También puede tener arreglo de contrarotante.
- Tiene un buen rango de ahorro en mantenimiento.
- Usa menor diámetro que una hélice convencional.
- Mejor maniobrabilidad que las hélices convencionales.

Este tipo de hélices son empleados en buques tipo: tanques, Bulk carriers, Carga general, Containers, Ro-Ro, Ro-Pax, Hydrofoil, pesqueros, catamaranes, corvetas, oceanográficos y yates.



Fig. 4.7 Hélice CLT Fuente: Germanischer Lloyd

4.2.2 Hélices Kappel

El desarrollo de la hélice Kappel es el resultado del trabajo experimental y teórico en más de dos décadas. Actualmente MAN DIESEL, usa estos tipos de hélices para algunos modelos conjuntamente con sus motores marinos.

El diseño Kappel minimiza el flujo de agua a través de la punta de la pala resultado de los vórtices de la punta que se forman debido a la diferencia de presión entre las caras de presión y de succión de la hélice. Con el flujo a través de la punta minimizado, la región externa de la hélice Kappel mantiene una mayor eficiencia.

- Ahorra hasta 4 – 6 % de consumo de combustible (Fuente: Germanischer Lloyd Academy; Dott. Ing. Giulio Gennaro, Improving the propulsion Efficiency by means of Contracted and Loaded Type Propeller, SNAME; VOLKER BERTRAM, Fuel Saving Options for Ships).
- Tiene un buen rango de ahorro en mantenimiento.
- Mejor maniobrabilidad que las hélices convencionales.



Fig. 4.8 Hélice Kappel Fuente: MAN DIESEL

4.2.3 Hélice – Tapa para el cono PBCF (Propeller Boss Cap Fins)

El flujo que sale de la hélice cambia en el cono de hélice por tal motivo no hay vórtices en el cono, se dice que la energía asociada se recupera. Esta tapa gira con la hélice tiene que tener la misma cantidad de palas que la hélice del buque.

- Ahorra de 10 - 30% de consumo de combustible. (Fuente: Germanischer Lloyd Academy; DR. HANS RICHARD HANSEN, MR. TOM DINHAM-PEREN, MR. TAKEO NOJIRI, Model and full scale evaluation of a Propeller Boss Cap Fins device Fitted to an Aframax Tanker).
- El costo es de \$ 100, 000.00
- Reduce la Vibración y el ruido.
- Puede instalarse a posteriori.
- La instalación es fácil y tiene menor costo de mantenimiento.



Fig. 4.9 Hélice-Tapa para el cono Fuente: Germanischer Lloyd

CAPITULO V

EVALUACIÓN ECONÓMICA

En el presente capítulo está referido al análisis económico dentro del periodo de 05 años de operación del B/T "CAPRICORNIO GAS", esto consiste en calcular cuánto ahorra cada técnica en 01 año de operación del buque expresados en US\$ (Dólares Americanos), de la misma manera se calculará cuánto costará implementar las técnicas en la embarcación expresados en US\$ (Dólares Americanos), el costo del mantenimiento por periodo y se hará una evaluación económica a través de los indicadores VAN y TIR.

5.1 PRECIOS

Los precios que se tomarán en cuenta para determinar los costos involucrados en las técnicas de ahorro de combustibles son los siguientes: combustible, suministro, consumibles y servicios, estos precios se tomarán de acuerdo a la realidad nacional, se tomará como referencia el SIMA, de la misma manera ver el stock en el mercado y las dificultades de cada uno de ellos tiene consigo. A continuación se pasa a detallar cada uno de estos precios de acuerdo al mercado nacional.

5.1.1 Precio de combustible

En el transcurso del tiempo el precio del combustible se ha ido elevando año tras año es por esta razón que las empresas navieras buscan disminuir costos ahorrando el consumo de combustible. Como referencia en cuanto al precio del combustible diésel IFO-180 tomaremos a

PETROPERU, ya que es el líder en comercialización del diésel marino en la industria nacional, en la figura mostrada a continuación se muestra el histórico de precios del combustible IFO-180 desde el año 2008 hasta la fecha en el Perú, se puede notar que la tendencia del crecimiento de precio del combustible va a continuar.

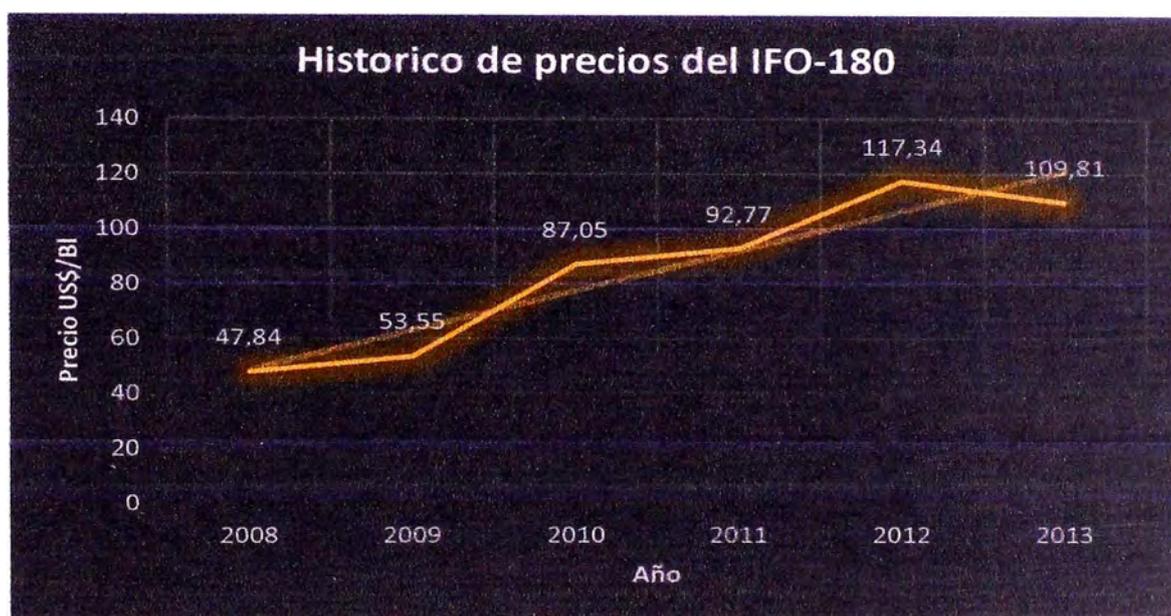


Fig. 5.1 Histórico de Precios de IFO-180 Fuente: PETROPERÚ

La disponibilidad del combustible IFO-180 es de 02-03 días después de haber comprado, el transporte del combustible se realiza por barcasas o camiones cisternas debidamente identificados y se realiza de acuerdo a las normas de seguridad vigente (Código Naciones Unidas UN 1268), cuentan con suficiente stock para cualquier tipo de pedido. En la tabla 5.1 se registran los precios actualizados a la fecha del mes de septiembre del 2013 que serán tomados para el cálculo de costos del ahorro del combustible.

COMBUSTIBLES MARINOS - Mercado Nacional

Tabla. 5.1 Lista de precios fuente PETROPERU

Planta	DIESEL MARINO N°2		IFO – 380		IFO – 180	
	US\$/BI	US\$/Galón	US\$/BI	US\$/Galón	US\$/BI	US\$/Galón
CALLAO	139.93	3.33	105.77	2.52		
CONCHÁN	139.93	3.33				
TALARA	139.93	3.33	105.28	2.51	109.81	2.63
MOLLENDO	139.93	3.33				
IQUITOS	156.3	3.72	121.8	2.9		

5.1.2 Precio de suministros

En esta parte del informe se describirán los suministros considerados para implementar las técnicas de ahorro de combustible descrito en el informe dentro del marco de nuestra realidad nacional, como tiempo de entrega, stocks, proveedores y se consideran los siguientes suministros:

- Planchas de Acero Naval, Son importadas desde Brasil, Rusia, Alemania. Brasil es el país más cercano al Perú es por esta razón que la gran parte de planchas de acero naval son importados desde este país. Se cuenta con grandes distribuidores de Plancha ASTM131 grado A, entre ellos tenemos TRADISA, COMASA, SIDERPERU, siendo estas las distribuidoras más grandes del Perú, algunos te lo dejan en tu almacén a los 2 o 3 días aproximado luego del pago. El SIMA PERU es el que más consume en el mercado interno de

planchas navales. El precio por Kg aproximado es de 0.82 US\$ a la actualidad.

- Arena y pintura (pintura base anticorrosiva y pintura Esmalte epóxica), La compra de las pinturas se puede acordar a entrega inmediata o con transporte incluido, se cuenta con stock en el mercado interno siendo los distribuidores más grandes QROMA, SIGMA, AURORA. Para la compra de la pintura se requiere el área que se va pintar, la cantidad de capas. En el Perú se cuenta con gran disponibilidad de arena y es económica en comparación con otros abrasivos.
- Pinturas LSE, En el Perú se cuenta con la Distribuidora AURORA que es representante de pinturas SIGMA, Para la compra se tiene que tener en cuenta que el pedido tiene una demora de 02 a 03 semanas como máximo ya que no es una pintura comercial. El precio de estas pinturas es superior a las pinturas de esmalte epóxica.
- Hélice de Grim modificada, para el pedido de estas hélices especiales se tiene que hacer con 03 a 04 meses de anticipación puesto que, no son comerciales en el mercado peruano, es por esta razón que se tiene que buscar proveedores en el extranjero como Brasil, España, EEUU y RUSIA.
- Hélice Contrarotante CRP, para el pedido de estas hélices especiales se tiene que hacer con 05 a 06 meses de anticipación puesto que, no son comerciales en el mercado peruano, es por esta razón que se tiene que buscar proveedores en el extranjero como Brasil, España, EEUU y RUSIA.
- Hélice CLT, para el pedido de estas hélices especiales se tiene que hacer con 05 a 06 meses de anticipación puesto que, no son

comerciales en el mercado peruano, es por esta razón que se tiene que buscar proveedores en el extranjero como Brasil, España, EEUU y RUSIA.

- Hélice Kappel, los distribuidores exclusivos son MAN POWER DIESEL, Si se tiene la ingeniería de detalle definido puede tardar de 01 a 02 meses, de lo contrario será de 04 a 06 meses; en el Perú Ferrostaal es el representante exclusivo de MAN POWER.
- Tapa para cono de hélice PBCF para el pedido se tiene que hacer con 01 a 02 meses de anticipación puesto que, no son comerciales en el mercado peruano, es por esta razón que se tiene que buscar proveedores en el extranjero como Brasil, España, EEUU y RUSIA.

Los precios de los suministros mencionados anteriormente serán anexados, de acuerdo a cotizaciones realizadas a los distintos proveedores.

5.1.3 Precio de consumibles

En esta parte del informe se describirán los consumibles considerados para la implementación y mantenimiento de las técnicas de ahorro de combustible descrito en el informe dentro de nuestra realidad nacional, como: tiempo de entrega, stocks, proveedores y se consideran los siguientes consumibles:

- Soldadura E6011 y E7018, discos de corte, discos de desbaste trapos industriales, brocas, oxígeno, acetileno, escobillas metálicas, grasas, arena, aceite hidráulico. Todos estos consumibles son de fácil adquisición ya que existen una gran diversidad de proveedores en el

mercado, desde grandes proveedores como SODIMAC, MAESTRO, PROMART, SOLDEXA, INDURA, AGAS. De la misma forma se pueden conseguir de pequeños proveedores en las Malvinas. En el paso de los años y ante el constante crecimiento de la economía, estos consumibles han ido siendo de suma importancia para las diversas industrias, es por esta razón que la entrega suele ser inmediata.

Los precios de los consumibles mencionados anteriormente serán anexados, de acuerdo a cotizaciones realizadas a los distintos proveedores.

5.1.4 Precio de servicios

Ante el auge de la economía la mano de obra se está escaseando en todas las áreas de servicio, para evitar estos inconvenientes el SIMA, terceriza los servicios de Calderería, soldadura, alineamiento, montaje, arenado, pintura, maestranza y tuberías. Dentro de sus proveedores para sus servicios son:

Calderería y soldadura (Servicios industriales GONZALES, JFR, PINTARENA, AyQ, KONYL, JyC). SIMA suministra de energía, botellas de oxígeno y acetileno, soldadura E6011, soldadura E7018, infraestructura. Lo demás lo suministra el contratista.

Alineamiento y montaje (Servicios industriales RyR, MULTIOBRECH EIRL, ZyR, INMERSAC). SIMA suministra de energía, alineador laser, soldadura E6011, soldadura E7018, infraestructura. Lo demás lo suministra el contratista.

Arenado y Pintura (Servicios industriales LyS). SIMA suministra de energía, pintura, arena, granalla e infraestructura. Lo demás lo suministra el contratista.

Maestranza (Servicios de torno FACSENIN, ESNAB). SIMA suministra de energía, tornos, balanceadores de hélice e infraestructura. Lo demás lo suministra el contratista

Los servicios que se emplearán para la implementación y mantenimiento de las técnicas del presente informe son: Diseño, montaje, pintado, arenado, varada y desvarada, limpieza de casco, estadía, soldadura, calderería, alineamiento, maestranza, pruebas. Los precios de los servicios mencionados anteriormente serán anexados, de acuerdo a cotizaciones realizadas a los distintos proveedores.

5.2 COSTEO DEL AHORRO DE COMBUSTIBLE

En esta parte del informe se calculará cuanto ahorrará cada técnica en función a los porcentajes de ahorro establecidos por GL ACADEMY. Para estos debemos calcular el consumo de combustible total de 01 año, teniendo como dato del buque que opera 200 días en 1 año, de acuerdo a esto se evaluara cuanto será en ahorro de combustible en 01 año usando combustible IFO 180. Los datos para costear el consumo total en 1 año de operación son los siguientes:

- La densidad del combustible IFO 180 = $991 \text{ Kg}/\text{M}^3$.
- El consumo diario es de 7.8 tn.
- $1 \text{ M}^3 = 6.29 \text{ Barril Oil}$.
- El Precio por Barril del IFO 180 = $109.81 \text{ US}\$/\text{Bl}$

Como primer paso se calculará el volumen diario en M^3 en un día de operación del buque con la siguiente fórmula.

$$V = \frac{MASA (kg)}{DENSIDAD \left(\frac{kg}{M^3}\right)} (M^3)$$

Reemplazando Datos

$$V = \frac{7.8 \cdot 1000 (kg)}{991 \left(\frac{kg}{M^3}\right)} (M^3)$$

$$V = 7.87 (M^3)$$

Convirtiendo de M^3 a unidades de barril, para esto se empleará la siguiente equivalencia.

$$1 M^3 = 49.51 Bl$$

Calculando el volumen de consumo para el año de operación en barriles.

$$V = 49.51 \times 200 Bl$$

$$V = 9902 Bl$$

Calculando el costo total en 01 año de operación del combustible que se ha consumido.

Costo = Precio x Consumo total.

$$\text{Costo} = 109.81 \text{ US\$/Bl} \times 9902 Bl.$$

$$\text{Costo} = 1' 087,339 \text{ US\$}$$

Una vez calculado el costo total se procederá a calcularse el ahorro que tendría cada técnica, para esto se tendrá en cuenta los porcentajes de ahorro para cada técnica descritas anteriormente en el informe, cabe recalcar que estos porcentajes son dados por la sociedad clasificadora Germanischer Lloyd y están representados en un intervalo de porcentaje. A continuación se presenta una tabla que contiene todas las técnicas de ahorro de combustible mostrados en el informe, así como su respectivo rango de ahorro representado en dólares americanos (US\$) para 01 año de operación.

Tabla 5.2 Rango de ahorro por técnica en US\$

Ítem	Descripción	Ahorro (%)	Costo Total (US\$)	Ahorro US\$	
Reducción de Resistencia al avance	Resistencia de fricción	Reducir la superficie del casco	-	-	
		Minimizar la superficie rugosa de los cascos	4 - 5	[43,494 - 54,367]	
		Pinturas LSE	6 - 10	[65,240 - 108,734]	
		Sistemas de burbujas de Aire	15 - 25	[163,101 - 271,835]	
	Resistencia de Olas	Optimización de bulbos de Proa	1 - 2	[10,873 - 21,747]	
	Resistencia residual	Utilizar Radio de pantoque aumentado en el cuerpo de proa	2 - 10	[21,747 - 108,734]	
	Resistencia de apéndices	Reducir el arrastre pro fricción del timón	2 - 6	[21,747 - 65,240]	
		Timón Asimétrico	1 - 3	[10,873 - 32,620]	
		Bulbo Costa	2 - 4	[21,747 - 43,494]	
	Resistencia adicional en el mar	Optimizar el dimensionamiento de las embarcaciones	10 - 20	[108,734 - 217,468]	
		Minimizar la resistencia adicional con manejo de ruta	3 - 5	[32,620 - 54,367]	
	Mejora de Propulsión	Perdidas rotacionales	Palas estáticas Pre-Giro	4 - 6	[43,494 - 65,240]
			Perfiles Pre-Giro	4 - 9	[43,494 - 97,860]
			Palas estáticas Post-Giro	4 - 6	[43,494 - 65,240]
Perfiles Post-Giro			4 - 6	[43,494 - 65,240]	
Hélice de Grim modificada			7 - 10	[76,114 - 108,734]	
Hélice Contrarotante CRP			6 - 13	[65,240 - 141,354]	
Perdidas por vórtices		Hélices CLT	4 - 11	[43,494 - 119,607]	
		Hélices Kappel	4 - 6	[43,494 - 65,240]	
		Hélice - Tapa para el cono PBCF	10 - 30	[108,734 - 326,202]	

5.3 COSTO DE IMPLEMENTACIÓN

En esta parte se verá cuánto costará en dólares americanos (US\$) la implementación de las técnicas de ahorro de combustible, cabe recalcar que solo se analizará 10 técnicas y estas han sido seleccionados de acuerdo al grado de experiencia que tengo en las diversas áreas y las de menor dificultad para poder hacer posteriormente la evaluación económica. Entre las técnicas seleccionadas tenemos a: minimizar la superficie rugosa del casco, pinturas LSE, timón asimétrico, bulbo costa, palas estáticas pre-giro, perfiles pre-giro, palas estáticas post-giro, perfiles post-giro, hélice de Grimm modificada y hélices CLT. A continuación paso a detallar el proceso del cálculo de costo para cada técnica:

- **Costos de minimizar la superficie rugosa del casco**

Para calcular el costo de implementación de la técnica se tiene que tener el área de toda la superficie del casco, luego se consideran los costos fijos, siendo estos la varada, desvarada y estadía del buque. Se tiene previsto para la implementación 15 días. Posteriormente se procede a calcular los costos variables, dentro de estos se consideran los servicios de diseño, mano de obra, hidrolavado del casco, arenado, pintura y suministros. Luego consideraremos los gastos generales que son el 12% del sub total de costo fijo y costos variables, Luego se considera unos gastos administrativos del 4% del sub total de costo fijo y costo variable. Estos porcentajes son tomados en la industria metalmecánica y la he usado dentro de mi experiencia en FARMINSAC, MULTIOBRECH, COPEMETAL. Calculando el área de obra viva:

$$\text{Area de Obra Viva} = L * (B + 2 * T) * f$$

f = Factor que depende de la forma del barco, para buques tanques 0.9

$$\text{Area de Obra Viva} = 100.5 * (16.4 + 2 * 5.5) * 0.9$$

Area de Obra Viva = 2400 m²

Calculando el área de obra muerta

Area de Obra Muerta = (L + B) * 2 * F

F = Franco bordo = 1.5

Area de Obra Muerta = (100.5 + 16.4) * 2 * 1.5

Area de Obra Muerta = 360 m²

Para el cálculo de costos fijos, se estimada una estadía de 15 días.

Costos Fijos		
Ítem	Costo (US\$)	Sub-Total
Varada	3,000.00	3,000
Estadía x día	350.00	5,250
Desvarada	3,000.00	3,000
Total		11,250

Para el cálculo de costos variables se tiene un área total de 2760 m²

Costos Variables	
Ítem	Costo (US\$/m ²)
Hidrolavado del Casco	2.5
Chorro abrasivo (SSPC SP5)	8
Chorro abrasivo (SSPC SP6)	11
Aplicación de pintura	3

Costos variables

Costo de suministro e insumos

Obra viva 2400 m ²							
Capas	Pintura	Esp. (Mils)	Rend. M ²	Diluc.	Galones	US\$ /Gi	Total US\$
1	Ant Durapox R	2	35	5	115.00	31	3,565
2	Bituflex 980 café-1002	4	25.3	5	159.00	22	3,498
3	Bituflex 980 negro-1725	4	25.3	5	159.00	22	3,498
4	Ocean Jet Antifouling Naranja	4	23.5	5	171.00	68	11,628
5	Ocean Jet Antifouling Naranja	4	23.5	5	171.00	68	11,628
TOTAL		18			775.00		33,817

Obra muerta 360 m2							
Capas	Pintura	Esp. (Mils)	Rend. M2	Diluc.	Galones	US\$/G1	Total US\$
1	Ant Durapox R	2	35	5	18.00	31	558
2	Duroflex, Anaranjado	4	24.2	5	25.00	43	1,075
3	Duroflex, Anaranjado	4	24.2	5	25.00	43	1,075
TOTAL		10			68.00		2,708

Costos Variables	
Ítem	Costo (US\$)
Hidrolavado del Casco	6,900
Chorroado Abrasivo (SSPC SP6)	30,360
Aplicación de pintura	8,280
Suministro e insumos	36,525
Total	82,065

Costo total de implementación

Costos De minimizar la superficie rugosa del casco		
Ítem	Costos	US\$
1	Costos fijos	11,250
2	Costos Variables	82,065
Sub total costos		93,315
5	Costos Indirectos (12% Costos Directos)	11,198
6	Gastos Administrativos (4% Costos Directos)	3,733
TOTAL		108,245

○ Costos de pinturas LSE (Low Surface Energy)

Para calcular el costo de implementación de la técnica se tiene que tener el área de toda la superficie del casco, luego se consideran los costos fijos, siendo estos la varada, desvarada y estadía del buque. Se tiene previsto para la implementación 15 días. Posteriormente se procede a calcular los costos variables, dentro de estos se consideran los servicios de mano de obra, hidrolavado del casco, arenado, pintura, y suministros. Luego consideraremos los gastos generales que son el 12% del sub total de costo fijo y costos variables, Luego se considera unos gastos administrativos del

4% del sub total de costo fijo y costo variable. Estos porcentajes son tomados en la industria metalmecánica y la he usado dentro de mi experiencia en FARMINSAC, MULTIOBRECH, COPEMETAL.

Costos fijos

Para el cálculo de costos fijos, se estima una estadía de 15 días.

Costos Fijos		
Ítem	Costo (US\$)	Sub-Total
Varada	3,000.00	3,000
Estadía x día	350.00	5,250
Desvarada	3,000.00	3,000
Total		11,250

Costos Variables	
Ítem	Costo (US\$/m2)
Hidrolavado del Casco	2.5
Chorreado Abrasivo (SSPC SP5)	8
Chorreado Abrasivo (SSPC SP6)	11
Aplicación de pintura	3

Costos variables

Costos de suministro e insumos

Obra viva 2400 m2							
Capas	Pintura	Esp. (Mils)	Rend. M2	Diluc.	Galones	US\$/GI	Total US\$
1	Ant Durapox R	2	35	5	135	31	4,185
2	Bituflex 980 café-1002	4	25.3	5	182	22	4,004
3	Bituflex 980 negro-1725	4	25.3	5	182	22	4,004
4	SIGMAGLIDE 790	6	20	5	200	136	27,200
5	SIGMAGLIDE 990	7	16.7	5	240	136	32,640
TOTAL		23			939		72,033

Obra muerta 360 m2							
Capas	Pintura	Esp. (Mils)	Rend. M2	Diluc.	Galones	US\$/GI	Total US\$
1	Ant Durapox R	2	20	5	18	31	558
2	SIGMAGLIDE 790	6	20	5	30	136	4,080
3	SIGMAGLIDE 990	7	16.7	5	36	136	4,896
TOTAL		15			84		9,534

Costos variables totales

Costos Variables	
Ítem	Costo (US\$)
Hidrolavado del Casco	6,900
Chorro abrasivo (SSPC SP6)	30,360
Aplicación de pintura	8,280
Suministro e insumos	88,370
Total	133,910

Costo total de implementación

Costos De minimizar la superficie rugosa del casco		
Ítem	Costos	US\$
1	Costos fijos	11,250
2	Costos Variables	127,107
Sub total costos		138,357
5	Costos Indirectos (12% Costos Directos)	16,603
6	Gastos Administrativos (4% Costos Directos)	5,534
TOTAL		160,494

○ Costos de Timón Asimétrico

Para calcular el costo de implementación de la técnica se considera la dimensión de la pala de 2.5 m x 3.5 m Área de 12 m², esta medida se sacó del plano de distribución general, dando esto un peso de la pala aproximado 2 tn. Para el cálculo de horas hombre empleados en la fabricación de la pala se utilizarán ratios de producción del SIMA y esto es que 01 trabajador avanza un promedio de 12 kilos sea en soldadura y calderería y del tiempo total calculado se emplea en 36% en soldadura 59% en calderería y 5% en laminado.

Se consideran los costos fijos, siendo estos la varada, desvarada y estadía del buque. Se tiene Previsto para la implementación 7 días. Posteriormente se procede a calcular los costos variables, dentro de estos se consideran los servicios de diseño, mano de obra, hidrolavado del casco, arenado y pintura, montaje y suministros. Luego consideraremos los gastos generales que son el

12% del sub total de costo fijo y costos variables, luego se considera unos gastos administrativos del 4% del sub total de costo fijo y costo variable. Estos porcentajes son tomados en la industria metalmecánica y la he usado dentro de mi experiencia en FARMINSAC, MULTIOBRECH, COPEMETAL.

Costos fijos

Costos Fijos		
Ítem	Costo (US\$)	Sub-Total
Varada	3,000.00	3,000
Estadía x día	350.00	2,450
Desvarada	3,000.00	3,000
Total		8,450

Costos variables

Costos de suministro e insumos

Pala Timón Asimétrica					
Ítem	Suministro e insumos	Unidad	Cantidad	Precio Unit	Precio Parcial
1	Plancha de 1200x2400x3/8"	Pl.	9	175	1,575
2	Eje barón de 4" diámetro x 5m	Un	1	500	500
3	Oxigeno	M3	20	3.3	66
4	Acetileno	M3	10	5	50
5	ELECTRODO 7018 Ø1/8" - 20Kg	Lata	3	95	285
6	ELECTRODO E6011 Ø1/8" - 20Kg	Lata	3	92	276
7	DISCO DE CORTE DE 7"	Un	2	2.4	5
8	DISCO DE DESBASTE DE 7"	Un	2	2.8	6
9	Ant. Durapox R	Gal	1	31	31
10	Bituflex 980 café-1002	Gal	1	22	22
11	Bituflex 980 negro-1725	Gal	1	22	22
12	Ocean Jet Antifouling Naranja	Gal	1	68	68
13	Ocean Jet Antifouling Naranja	Gal	1	68	68
14	Trapo Industrial	Kg	15	1.4	21
TOTAL					2,994

Costos variables servicios

Costos Variables			
Ítem	Costo (US\$/H-H)	H-H	Costo US\$
Calderería	10	150	1,500
Soldadura	15	92	1,380
Laminado	1.5	13	20
Montaje	7.5	96	720
Maquinado	12.5	72	900
Rolado	7.5	24	180
TOTAL			4,700

Ratios de precios referencia SIMA

Costos Variables	
Ítem	Costo (US\$/m2)
Chorro abrasivo (SSPC SP6)	11
Aplicación de pintura	3

Costos Variables	
Ítem	Costo (US\$)
Hidrolavado del Casco	30
Chorro abrasivo (SSPC SP6)	132
Aplicación de pintura	36
Diseño	2,000
Total	2,198

Costo total de implementación

Costos de Pala Timón Asimétrica		
Ítem	Costos	US\$
1	Costos fijos	8,450
2	Costos Variables	9,892
Sub total costos		18,342
3	Costos Indirectos (12% Costos Directos)	2,201
4	Gastos Administrativos (4% Costos Directos)	734
TOTAL		21,277

○ **Costos de Bulbo Costa**

Para calcular el costo de implementación de la técnica se considera las dimensión 1.1 m de ancho con 3.3 m de longitud de con un radio maestro de 0.6 m, Para efectos de estimación de costos se considerara un cilindro de radio de 0.6 m. El peso del bulbo aproximado es de 1.7 tn con un área de 13 m².

Para el cálculo de horas hombre empleados en la fabricación de la pala se utilizarán ratios de producción del SIMA y esto es que 01 trabajador avanza un promedio de 12 kilos sea en soldadura y calderería y del tiempo total calculado se emplea en 36% en soldadura 59% en calderería y 5% en laminado.

Se consideran los costos fijos, siendo estos la varada, desvarada y estadía del buque. Se tiene Previsto para la implementación 15 días. Posteriormente se procede a calcular los costos variables, dentro de estos se consideran los servicios de diseño, mano de obra, hidrolavado del casco, arenado y pintura, montaje y suministros. Luego consideraremos los gastos generales que son el 12% del sub total de costo fijo y costos variables, luego se considera unos gastos administrativos del 4% del sub total de costo fijo y costo variable. Estos porcentajes son tomados en la industria metalmecánica y la he usado dentro de mi experiencia en FARMINSAC, MULTIOBRECH, COPEMETAL.

Para el cálculo de costos fijos, se estima una estadía de 15 días.

Costos Fijos		
Ítem	Costo (US\$)	Sub-Total
Varada	3,000	3,000
Estadía x día	350	5,250
Desvarada	3,000	3,000
Total		11,250

Costos variables

Bulbo Costa					
Ítem	Suministro e insumos	Unidad	Cantidad	Precio Unit	Precio Parcial
1	Plancha de 1200x2400x3/8"	Pl.	8	175	1,400
2	Oxigeno	M3	15	3.3	50
3	Acetileno	M3	10	5	50
4	ELECTRODO 7018 Ø1/8" - 20Kg	Lata	2	95	190
5	ELECTRODO E6011 Ø1/8" - 20Kg	Lata	2.5	92	230
6	DISCO DE CORTE DE 7"	Un	2	2.4	5
7	DISCO DE DESBASTE DE 7"	Un	2	2.8	6
8	Ant Durapox R	Gal	1	31	31
9	Bituflex 980 café-1002	Gal	1	22	22
10	Bituflex 980 negro-1725	Gal	1	22	22
11	Ocean Jet Antifouling Naranja	Gal	1	68	68
12	Ocean Jet Antifouling Naranja	Gal	1	68	68
13	Trapo Industrial	Kg	10	1.4	14
TOTAL					2,155

Costos de suministro e insumos

Ratios de servicio

Costos Variables	
Ítem	Costo (US\$/m2)
Chorroado Abrasivo (SSPC SP6)	11
Aplicación de pintura	3

Mano de obra

Costos Variables			
Ítem	Costo (US\$/H-H)	H-H	Costo US\$
Calderería	10	150	1,500
Soldadura	17.5	92	1,610
Laminado	2	13	26
Montaje	10	120	1,200
Rolado	7.5	64	480
TOTAL			4,816

Servicios

Costos Variables	
Ítem	Costo (US\$)
Hidrolavado del Casco	33
Chorro abrasivo (SSPC SP6)	143
Aplicación de pintura	39
Diseño	3,500
TOTAL	3,715

Costo total de implementación

Costos de Bulbo Costa		
Ítem	Costos	US\$
1	Costos fijos	11,250
2	Costos Variables	10,685
Sub total costos		21,935
3	Costos Indirectos (12% Costos Directos)	2,632
4	Gastos Administrativos (4% Costos Directos)	877
TOTAL		25,445

○ Costos de palas estáticas pre-giro

Para calcular el costo de implementación de la técnica, se considera la dimensión de la pala de 1.2 m de largo x 0.5 m de ancho, se consideran 05 palas, de Área total de 12 m². Puesto que el diámetro de la hélice es 2.4 m aproximado, a efectos de cálculo de estimación de costos se considera una pala de sección rectangular de 1.2 x 0.5 x 0.05 m de dimensión. El peso de las 05 palas aproximado es de 0.7 tn con un área de 12 m². Para el cálculo de horas hombre empleados en la fabricación de la pala se utilizarán ratios de producción del SIMA y esto es que 01 trabajador avanza un promedio de 8 kilos sea en soldadura y calderería y del tiempo total calculado se emplea en 36% en soldadura 59% en calderería y 5% en laminado. Se consideran los costos fijos, siendo estos la varada, desvarada y estadía del buque. Se tiene Previsto para la implementación 7

días. Posteriormente se procede a calcular los costos variables, dentro de estos se consideran los servicios de diseño, mano de obra, Hidrolavado del casco, arenado y pintura, montaje y Suministros. Luego consideraremos los gastos generales que son el 12% del sub total de costo fijo y costos variables, luego se considera unos gastos administrativos del 4% del sub total de costo fijo y costo variable. Estos porcentajes son tomados en la industria metalmecánica y la he usado dentro de mi experiencia en FARMINSAC, MULTIOBRECH, COPEMETAL.

Costos fijos

Costos Fijos		
Ítem	Costo (US\$)	Sub-Total
Varada	3,000	3,000
Estadía x día	350	2,450
Desvarada	3,000	3,000
Total		8,450

Costos variables

Palas estáticas Pre-Giro					
Ítem	Suministro e insumos	Unidad	Cantidad	Precio Unit	Precio Parcial
1	Plancha de 1200x2400x3/8"	Pl.	3	175	525
2	Oxigeno	M3	10	3.3	33
3	Acetileno	M3	5	5	25
4	ELECTRODO 7018 Ø1/8" - 20Kg	Lata	1	95	95
5	ELECTRODO E6011 Ø1/8" - 20Kg	Lata	1	92	92
6	DISCO DE CORTE DE 7"	Un	2	2.4	5
7	DISCO DE DESBASTE DE 7"	Un	2	2.8	6
8	Ant Durapox R	Gal	1	31	31
9	Bituflex 980 café-1002	Gal	1	22	22
10	Bituflex 980 negro-1725	Gal	1	22	22
11	Ocean Jet Antifouling Naranja	Gal	1	68	68
12	Ocean Jet Antifouling Naranja	Gal	1	68	68
13	Trapo Industrial	Kg	6	1.4	8
TOTAL					1,000

Costos de suministro e insumos

Ratios de servicios

Costos Variables	
Ítem	Costo (US\$/m ²)
Chorro abrasivo (SSPC SP6)	11
Aplicación de pintura	3

Mano de obra

Costos Variables			
Ítem	Costo (US\$/H-H)	H-H	Costo US\$
calderería	10	52	520
Soldadura	17.5	32	560
Laminado	2	5	10
Montaje	10	16	160
Rolado	7.5	35	263
TOTAL			1,513

Servicios

Costos Variables	
Ítem	Costo (US\$)
Hidrolavado del Casco	30
Chorro abrasivo (SSPC SP6)	132
Aplicación de pintura	36
Total	198

Costo total de implementación

Costos de Palas estáticas Pre-Giro		
Ítem	Costos	US\$
1	Costos fijos	8,450
2	Costos Variables	4,210
Sub total costos		12,660
3	Costos Indirectos (12% Costos Directos)	1,519
4	Gastos Administrativos (4% Costos Directos)	506
TOTAL		14,686

○ **Costos de Perfiles Pre-Giro**

Para calcular el costo de implementación de la técnica, el diámetro se considera desde el centro de la hélice hasta el borde superior de la hélice; entonces el diámetro del anillo perfil se considera 1.5m x 0.5 m de ancho del perfil pre-giro. Según esto se calcula el peso aproximado del anillo es de 0.5 tn. Con un área de 6 m². Para el cálculo de horas hombre empleados en la fabricación de la pala se utilizarán ratios de producción del SIMA y esto es que 01 trabajador avanza un promedio de 8 kilos sea en soldadura y calderería y del tiempo total calculado se emplea en 36% en soldadura 59% en calderería y 5% en laminado. Se consideran los costos fijos, siendo estos la varada, desvarada y estadía del buque. Se tiene Previsto para la implementación 10 días. Posteriormente se procede a calcular los costos variables, dentro de estos se consideran los servicios de diseño, mano de obra, Hidrolavado del casco, arenado y pintura, montaje y Suministros. Luego consideraremos los gastos generales que son el 12% del sub total de costo fijo y costos variables, después se considera unos gastos administrativos del 4% del sub total de costo fijo y costo variable. Estos porcentajes son tomados en la industria metalmecánica y la he usado dentro de mi experiencia en FARMINSAC, MULTIOBRECH, COPEMETAL.

Costos fijos

Costos Fijos		
Ítem	Costo (US\$)	Sub-Total
Varada	3,000.00	3,000
Estadía x día	350.00	3,500
Desvarada	3,000.00	3,000
Total		9,500

Costos variables

Costos de suministro e insumos

Perfiles Pre-Giro					
Ítem	Suministro e insumos	Unidad	Cantidad	Precio Unit	Precio Parcial
1	Plancha de 1200x2400x3/8"	Pl.	2.5	175	438
2	Oxigeno	M3	10	3.3	33
3	Acetileno	M3	5	5	25
4	ELECTRODO 7018 Ø1/8" - 20Kg	Lata	1	95	95
5	ELECTRODO E6011 Ø1/8" - 20Kg	Lata	0.5	92	46
6	DISCO DE CORTE DE 7"	Un	2	2.4	5
7	DISCO DE DESBASTE DE 7"	Un	2	2.8	6
8	Ant Durapox R	Gal	0.5	31	16
9	Bituflex 980 café-1002	Gal	0.5	22	11
10	Bituflex 980 negro-1725	Gal	0.5	22	11
11	Ocean Jet Antifouling Naranja	Gal	0.5	68	34
12	Ocean Jet Antifouling Naranja	Gal	0.5	68	34
13	Trapo Industrial	Kg	5	1.4	7
TOTAL					759

Ratios de servicios

Costos Variables	
Ítem	Costo (US\$/m2)
Chorroado Abrasivo (SSPC SP6)	11
Aplicación de pintura	3

Servicios

Costos Variables	
Ítem	Costo (US\$)
Hidrolavado del Casco	15
Chorroado Abrasivo (SSPC SP6)	66
Aplicación de pintura	18
Diseño	2,500
Total	2,599

Mano de obra

Costos Variables			
Ítem	Costo (US\$/H-H)	H-H	Costo US\$
Calderería	10	52	520
Soldadura	17.5	52	910
Laminado	2	5	10
Montaje	10	64	640
Rolado	7.5	52	390
TOTAL			2,470

Costo total de implementación

Costos de Perfiles Pre-Giro		
Ítem	Costos	US\$
1	Costos fijos	9,500
2	Costos Variables	5,828
Sub total costos		15,328
3	Costos Indirectos (12% Costos Directos)	1,839
4	Gastos Administrativos (4% Costos Directos)	613
TOTAL		17,781

- **Costos de palas estáticas post-giro**

Para calcular el costo de implementación de la técnica, Las palas que se instalaran se consideran de longitud de 1.2 m por 0.5 m de ancho, el peso de las 02 palas aproximado es de 0.4 tn con un área de 4 m². Para el cálculo de horas hombre empleados en la fabricación de la pala se utilizarán ratios de producción del SIMA y esto es que 01 trabajador avanza un promedio de 8 kilos sea en soldadura y calderería y del tiempo total calculado se emplea en 36% en soldadura 59% en calderería y 5% en laminado. Se consideran los costos fijos, siendo estos la varada, desvarada y estadía del buque. Se tiene Previsto para la implementación 5 días. Posteriormente se procede a calcular los costos variables, dentro de estos se consideran los servicios de diseño, mano de obra, hidrolavado del casco, arenado y pintura, montaje y

suministros. Luego consideraremos los gastos generales que son el 12% del sub total de costo fijo y costos variables, después se considera unos gastos administrativos del 4% del sub total de costo fijo y costo variable. Estos porcentajes son tomados en la industria metalmeccánica y la he usado dentro de mi experiencia en FARMINSAC, MULTIOBRECH, COPEMETAL.

Costos fijos

Costos Fijos		
Ítem	Costo (US\$)	Sub-Total
Varada	3,000.00	3,000
Estadía x día	350.00	1,750
Desvarada	3,000.00	3,000
Total		7,750

Costos variables

Costos de suministro e insumos

Palas Post-Giro					
Ítem	Suministro e insumos	Unidad	Cantidad	Precio Unit	Precio Parcial
1	Plancha de 1200x2400x3/8"	Pl.	2	175	350
2	Oxigeno	M3	10	3.3	33
3	Acetileno	M3	5	5	25
4	ELECTRODO 7018 Ø1/8" - 20Kg	Lata	0.5	95	48
5	ELECTRODO E6011 Ø1/8" - 20Kg	Lata	0.5	92	46
6	DISCO DE CORTE DE 7"	Un	1	2.4	2
7	DISCO DE DESBASTE DE 7"	Un	1	2.8	3
8	Ant Durapox R	Gal	0.5	31	16
9	Bituflex 980 café-1002	Gal	0.5	22	11
10	Bituflex 980 negro-1725	Gal	0.5	22	11
11	Ocean Jet Antifouling Naranja	Gal	0.5	68	34
12	Ocean Jet Antifouling Naranja	Gal	0.5	68	34
13	Trapo Industrial	Kg	4	1.4	6
TOTAL					618

Ratios de servicios

Costos Variables	
Ítem	Costo (US\$/m2)
Chorro abrasivo (SSPC SP6)	11
Aplicación de pintura	3

Servicios

Costos Variables	
Ítem	Costo (US\$)
Hidrolavado del Casco	10
Chorro abrasivo (SSPC SP6)	44
Aplicación de pintura	12
Diseño	1,000
Total	1,066

Mano de obra

Costos Variables			
Ítem	Costo (US\$/H-H)	H-H	Costo US\$
Calderería	10	64	640
Soldadura	17.5	40	700
Laminado	2	8	16
Montaje	10	16	160
Rolado	7.5	16	120
TOTAL			1,636

Costo total de implementación

Costos de Palas Post-Giro		
Ítem	Costos	US\$
1	Costos fijos	7,750
2	Costos Variables	3,320
Sub total costos		11,070
3	Costos Indirectos (12% Costos Directos)	1,328
4	Gastos Administrativos (4% Costos Directos)	443
TOTAL		12,841

- Costos de Perfiles Post-Giro

Para calcular el costo de implementación de la técnica, se consideran las siguientes dimensiones de las palas de 1.2 m de largo x 0.5 m de ancho con 08 palas, El peso de las 08 palas es de 0.9 tn con un área de 13.5 m². A efectos de cálculo de estimación de costos se considera una pala de sección rectangular de 1.2 x 0.5 x 0.10 m de dimensión. Para el cálculo de

horas hombre empleados en la fabricación de la pala se utilizarán ratios de producción del SIMA y esto es que 01 trabajador avanza un promedio de 8 kilos sea en soldadura y calderería y del tiempo total calculado se emplea en 36% en soldadura 59% en calderería y 5% en laminado. Se consideran los costos fijos, siendo estos la varada, desvarada y estadía del buque. Se tiene previsto para la implementación 9 días. Posteriormente se procede a calcular los costos variables, dentro de estos se consideran los servicios de diseño, mano de obra, arenado, pintura, montaje y suministros. Seguidamente se calculará los gastos generales que son el 12% del sub total de costo fijo y costos variables, posteriormente se considera unos gastos administrativos del 4% del sub total de costo fijo y costo variable. Estos porcentajes son tomados en la industria metalmecánica y la he puesto en práctica dentro de mi experiencia en FARMINSAC, MULTIOBRECH, COPEMETAL.

Costos Fijos

Costos Fijos		
Ítem	Costo (US\$)	Sub-Total
Varada	3,000	3,000
Estadía x día	350	3,150
Desvarada	3,000	3,000
Total		9,150

Costos variables

Costos de suministro e insumos

Perfil Post-Giro					
Ítem	Suministro e insumos	Unidad	Cantidad	Precio Unit	Precio Parcial
1	Plancha de 1200x2400x3/8"	Pl.	4.5	175	788
2	Oxigeno	M3	20	3.3	66
3	Acetileno	M3	10	5	50
4	ELECTRODO 7018 Ø1/8" - 20Kg	Lata	2	95	190
5	ELECTRODO E6011 Ø1/8" - 20Kg	Lata	1	92	92
6	DISCO DE CORTE DE 7"	Un	3	2.4	7
7	DISCO DE DESBASTE DE 7"	Un	3	2.8	8
8	Ant Durapox R	Gal	1	31	31
9	Bituflex 980 café-1002	Gal	1	22	22
10	Bituflex 980 negro-1725	Gal	1	22	22
11	Ocean Jet Antifouling Naranja	Gal	1	68	68
12	Ocean Jet Antifouling Naranja	Gal	1	68	68
13	Trapo Industrial	Kg	10	1.4	14
TOTAL					1,426

Ratio de servicios

Costos Variables	
Ítem	Costo (US\$/m2)
Chorroado Abrasivo (SSPC SP6)	11
Aplicación de pintura	3

Servicios

Costos Variables	
Ítem	Costo (US\$)
Hidrolavado del Casco	34
Chorroado Abrasivo (SSPC SP6)	149
Aplicación de pintura	41
Diseño	1,500
Total	1,723

Mano de obra

Costos Variables			
Ítem	Costo (US\$/H-H)	H-H	Costo US\$
Calderería	10	64	640
Soldadura	17.5	40	700
Laminado	2	8	16
Montaje	10	24	240
Rolado	7.5	40	300
TOTAL			1,896

Costo total de implementación

Costos de Perfil Post-Giro		
Ítem	Costos	US\$
1	Costos fijos	9,150
2	Costos Variables	5,045
Sub total costos		14,195
3	Costos Indirectos (12% Costos Directos)	1,703
4	Gastos Administrativos (4% Costos Directos)	568
TOTAL		16,466

- **Costos de Hélice Grimm Modificada**

Para calcular el costo de implementación de la técnica, se consideran los costos fijos, siendo estos la varada, desvarada y estadía del buque. Se tiene Previsto para la implementación 20 días. Posteriormente se procede a calcular los costos variables, dentro de estos se consideran los servicios de diseño, mano de obra, montaje y suministros. Luego consideraremos los gastos generales como el 12% del sub total de costo fijo y costos variables, posteriormente se considera unos gastos administrativos del 4% del sub total de costo fijo y costo variable. Estos porcentajes son tomados en la industria metalmecánica y lo he usado dentro de mi experiencia en FARMINSAC, MULTIOBRECH, COPEMETAL.

Costos fijos

Costos Fijos		
Ítem	Costo (US\$)	Sub-Total
Varada	3,000	3,000
Estadía x día	350	7,000
Desvarada	3,000	3,000
Total		13,000

Costos variables

Costo de suministros e insumos

Hélice de Grimm Modificada					
Ítem	Suministro e insumos	Unidad	Cantidad	Precio Unit	Precio Parcial
1	Hélice Grimm Modificada (precio Referencial)	Un	1	120,000	120,000
2	Plancha de 1200x2400x1/2"	Pl.	0.5	245	123
3	Oxigeno	M3	5	3.3	17
4	Acetileno	M3	5	5	25
5	ELECTRODO 7018 Ø1/8" - 20Kg	Lata	0.5	95	48
6	ELECTRODO E6011 Ø1/8" - 20Kg	Lata	0.5	92	46
7	DISCO DE CORTE DE 7"	Un	4	2.4	10
8	DISCO DE DESBASTE DE 7"	Un	4	2.8	11
9	GRASA	Gal	10	15	150
10	ACEITE HIDRAULICO	Gal	3	70	210
11	Trapo Industrial	Kg	50	1.4	70
TOTAL					120,708

Mano de obra

Hélice Grimm Modificada			
Actividades de alineamiento de ejes	H-H	Costo US\$/H-H	Costo US\$
Inspección y calibración del sistema	128	10	1,280
Desmontaje del sistema	144	10	1,440
Reparación del sistema y ensamble	500	10	5,000
Montaje del sistema	192	10	1,920
Alineamiento del sistema	192	10	1,920
Prueba de navegación	64	10	640
Total US\$			12,200

Servicios

Costos Variables	
Ítem	Costo (US\$)
Diseño	5,000
Total	5,000

Costo total de implementación

Costos de Grimm Modificada		
Ítem	Costos	US\$
1	Costos fijos	13,000
2	Costos Variables	137,908
Sub total costos		150,908
3	Costos Indirectos (12% Costos Directos)	18,109
4	Gastos Administrativos (4% Costos Directos)	6,036
TOTAL		175,054

○ **Costos de Hélice CLT**

Para calcular el costo de implementación de la técnica, se consideran los costos fijos, siendo estos la varada, desvarada y estadía del buque. Se tiene Previsto para la implementación 20 días. Posteriormente se procede a calcular los costos variables, dentro de estos se consideran los servicios de diseño, mano de obra, montaje y suministros. Luego consideraremos los gastos generales que son el 12% del sub total de costo fijo y costos variables, posteriormente se considera unos gastos administrativos del 4% del sub total de costo fijo y costo variable. Estos porcentajes son tomados en la industria metalmeccánica y la he usado dentro de mi experiencia en FARMINSAC, MULTIOBRECH, COPEMETAL.

Costos Fijos

Para el cálculo de costos fijos, se estima una estadía de 20 días.

Costos Fijos		
Ítem	Costo (US\$)	Sub-Total
Varada	3,000	3,000
Estadía x día	350	7,000
Desvarada	3,000	3,000
Total		13,000

Costos variables

Costos de suministros e insumos

Hélice CLT					
Ítem	Suministro e insumos	Unidad	Cantidad	Precio Unit	Precio Parcial
1	Hélice CLT (precio Referencial)	Un	1	230,000	230,000
2	Plancha de 1200x2400x1/2"	Pl.	0.5	245	123
3	Oxigeno	M3	5	3.3	17
4	Acetileno	M3	5	5	25
5	ELECTRODO 7018 Ø1/8" - 20Kg	Lata	0.5	95	48
6	ELECTRODO E6011 Ø1/8" - 20Kg	Lata	0.5	92	46
7	DISCO DE CORTE DE 7"	Un	4	2.4	10
8	DISCO DE DESBASTE DE 7"	Un	4	2.78	11
9	GRASA	Gal	10	15	150
10	ACEITE HIDRAULICO	Gal	3	70	210
11	Trapo Industrial	Kg	50	1.4	70
TOTAL					230,708

Mano de obra y montaje

Hélice CLT			
Actividades de alineamiento de ejes	H-H	Costo US\$/H-H	Costo US\$
Inspección y calibración del sistema	128	10	1,280
Desmontaje del sistema	144	10	1,440
Reparación del sistema y ensamble	500	10	5,000
Montaje del sistema	192	10	1,920
Alineamiento del sistema	192	10	1,920
Prueba de navegación	64	10	640
Total			12,200

Servicios

Costos Variables	
Ítem	Costo (US\$)
Diseño	5,000
Total	5,000

Costo total de implementación

Costos de Hélice CLT		
Ítem	Costos	US\$
1	Costos fijos	13,000
2	Costos Variables	247,908
Sub total costos		260,908
3	Costos Indirectos (12% Costos Directos)	31,309
4	Gastos Administrativos (4% Costos Directos)	10,436
TOTAL		302,654

Después de haber visto el costo de implementación de las técnicas individualmente, paso a describir la siguiente tabla se presentará el resumen del costo total de implementación de cada una de las técnicas de ahorro de combustible seleccionadas para el presente informe y expresados en dólares americanos (US\$).

Tabla 5.3 Resumen de costos de implementación

Ítem	Descripción	Costo de Implementación
Reducción de Resistencia al avance	Minimizar la superficie rugosa de los cascos	\$108,245
	Pinturas LSE	\$160,494
	Timón Asimétrico	\$21,277
	Bulbo Costa	\$25,445
Mejora de Propulsión	Palas estáticas Pre-Giro	\$14,686
	Perfiles Pre-Giro	\$17,781
	Palas estáticas Post-Giro	\$12,841
	Perfiles Post-Giro	\$16,466
	Hélice de Grim modificada	\$175,054
	Hélices CLT	\$302,654

5.4 COSTOS DE MANTENIMIENTO

En esta parte del informe se verá cuánto costará en dólares americanos (US\$) el mantenimiento de cada uno de las técnicas de ahorro de combustible, también para cada técnica se tendrá un periodo de mantenimiento de acuerdo a la experiencia y a bases históricas de buques. A continuación paso a detallar el proceso del cálculo de costo para cada técnica:

○ Costo de mantenimiento de minimizar la superficie rugosa del casco

Para calcular el costo de mantenimiento de la técnica se tiene que tener el área de toda la superficie del casco, luego se consideran los costos fijos, siendo estos la varada, desvarada y estadía del buque. Se tiene previsto para el mantenimiento 15 días. Posteriormente se procede a calcular los costos variables, dentro de estos se consideran los servicios de mano de obra, Hidrolavado del casco, arenado, pintura, suministros. Luego consideraremos los gastos generales que son el 12% del sub total de costo fijo y costos variables, Luego se considera unos gastos administrativos del 4% del sub total de costo fijo y costo variable. Estos porcentajes son tomados en la industria metalmecánica y la he usado dentro de mi experiencia en FARMINSAC, MULTIOBRECH, COPEMETAL. El periodo de mantenimiento es de 03 años.

Costos fijos

Costos Fijos		
Ítem	Costo (US\$)	Sub-Total
Varada	3,000	3,000
Estadía x día	350	5,250
Desvarada	3,000	3,000
Total		11,250

Costos variables

Suministro y consumibles

Obra viva 2400 m2							
Capas	Pintura	Esp. (Mils)	Rend. M2	Diluc.	Galones	US\$ /GI	Total US\$
1	Ant Durapox R	2	35	5	115	31	3,565
2	Bituflex 980 café-1002	4	25.3	5	159	22	3,498
3	Bituflex 980 negro-1725	4	25.3	5	159	22	3,498
4	Ocean Jet Antifouling Naranja	4	23.5	5	171	68	11,628
5	Ocean Jet Antifouling Naranja	4	23.5	5	171	68	11,628
TOTAL		18			775		33,817

Obra muerta 360 m2							
Capas	Pintura	Esp. (Mils)	Rend. M2	Diluc.	Galones	US\$ /GI	Total US\$
1	Ant Durapox R	2	35	5	18	31	558
2	Duroflex, Anaranjado	4	24.2	5	25	43	1,075
3	Duroflex, Anaranjado	4	24.2	5	25	43	1,075
TOTAL		10			68		2,708

Servicios

Costos Variables	
Ítem	Costo (US\$)
Hidrolavado del Casco	6,900
Chorroado Abrasivo (SSPC SP5)	22,080
Aplicación de pintura	8,280
Suministro e insumos	36,525
Total	73,785

Costo de mantenimiento total

Costos de mantenimiento de minimizar la superficie rugosa del casco		
Ítem	Costos	US\$
1	Costos fijos	11,250
2	Costos Variables	73,785
Sub total costos		85,035
5	Costos Indirectos (12% Costos Directos)	10,204
6	Gastos Administrativos (4% Costos Directos)	3,401
TOTAL		98,641

○ Costo de mantenimiento de pinturas LSE (Low Surface Energy)

Para calcular el costo de mantenimiento de la técnica se tiene que tener el área de toda la superficie del casco, después se consideran los costos fijos, siendo estos la varada, desvarada y estadía del buque. Se tiene previsto para el mantenimiento 15 días. Posteriormente se procede a calcular los costos variables, dentro de estos se consideran los servicios de mano de obra, hidrolavado del casco, arenado, pintura, y suministros. Luego consideraremos los gastos generales que son el 12% del sub total de costo fijo y costos variables, luego se considera unos gastos

administrativos del 4% del sub total de costo fijo y costo variable. Estos porcentajes son tomados en la industria metalmecánica y la he usado dentro de mi experiencia en FARMINSAC, MULTIOBRECH, COPEMETAL. El periodo de mantenimiento será de 03 años.

Costos fijos

Costos Fijos		
Ítem	Costo (US\$)	Sub-Total
Varada	3,000	3,000
Estadía x día	350	5,250
Desvarada	3,000	3,000
Total		11,250

Costos variables

Obra viva 2400 m2							
Capas	Pintura	Esp. (Mils)	Rend. M2	Diluc.	Galones	US\$ /GI	Total US\$
1	Ant Durapox R	2	35	5	135	31	4,185
2	Bituflex 980 café-1002	4	25.3	5	182	22	4,004
3	Bituflex 980 negro-1725	4	25.3	5	182	22	4,004
4	SIGMAGLIDE 790	6	20	5	200	136	27,200
5	SIGMAGLIDE 990	7	16.7	5	240	136	32,640
TOTAL		23			939		72,033

Obra muerta 360 m2							
Capas	Pintura	Esp. (Mils)	Rend. M2	Diluc.	Galones	US\$ /GI	Total US\$
1	Ant Durapox R	2	20	5	18	31	558
2	SIGMAGLIDE 790	6	20	5	30	136	4,080
3	SIGMAGLIDE 990	7	16.7	5	36	136	4,896
TOTAL		15			84		9,534

Servicios

Costos Variables	
Ítem	Costo (US\$)
Hidrolavado del Casco	6,900
Chorroado Abrasivo (SSPC SP6)	22,080
Aplicación de pintura	8,280
Suministro e insumos	81,567
Total	118,827

Costo total de mantenimiento

Costos De minimizar la superficie rugosa del casco		
Ítem	Costos	US\$
1	Costos fijos	11,250
2	Costos Variables	118,827
Sub total costos		130,077
5	Costos Indirectos (12% Costos Directos)	15,609
6	Gastos Administrativos (4% Costos Directos)	5,203
TOTAL		150,889

o Costo de mantenimiento de timón asimétrico

Para calcular el costo de mantenimiento de la técnica se considera la dimensión de la pala de 2.5 m x 3.5 m Área de 12 m², básicamente para el mantenimiento se considera el arenado y pintado, cambio de plancha en zonas localizados y mantenimiento al sistema hidráulica. Se consideran los costos fijos, siendo estos la varada, desvarada y estadía del buque. Se tiene Previsto para el mantenimiento 04 días. Posteriormente se procede a calcular los costos variables, dentro de estos se consideran los servicios de mano de obra, hidrolavado del casco, arenado, pintura, desmontaje, montaje y suministros. Luego consideraremos los gastos generales que es el 12% del sub total de costo fijo y costos variables, también se considera gastos administrativos del 4% del sub total de costo fijo y costo variable. Estos porcentajes son tomados en la industria metalmecánica y la he usado dentro de mi experiencia en FARMINSAC, MULTIOBRECH, COPEMETAL. El periodo de mantenimiento será de 03 años.

Costos fijos

Costos Fijos		
Ítem	Costo (US\$)	Sub-Total
Varada	3,000	3,000
Estadía x día	350	1,400
Desvarada	3,000	3,000
Total		7,400

Costos variables

Suministro y consumibles

Pala Asimétrica					
Ítem	Suministro e insumos	Unidad	Cantidad	Precio Unit	Precio Parcial
9	Ant Durapox R	Gal	1	31	31
10	Bituflex 980 café-1002	Gal	1	22	22
11	Bituflex 980 negro-1725	Gal	1	22	22
12	Ocean Jet Antifouling Naranja	Gal	1	68	68
13	Ocean Jet Antifouling Naranja	Gal	1	68	68
14	Trapo Industrial	Kg	15	1.4	21
TOTAL					232

Mano de obra

Costos Variables			
Ítem	Costo (US\$/H-H)	H-H	Costo US\$
Calderería	10	15	150
Soldadura	15	9	135
Laminado	1.5	2	3
Montaje	7.5	96	720
Maquinado	12.5	30	375
TOTAL			1,563

Servicios

Costos Variables	
Ítem	Costo (US\$)
Hidrolavado del Casco	30
Chorro abrasivo (SSPC SP6)	132
Aplicación de pintura	36
Total	198

Costo total del mantenimiento

Costos de Pala Timón Asimétrica		
Ítem	Costos	US\$
1	Costos fijos	7,400
2	Costos Variables	3,993
Sub total costos		11,393
3	Costos Indirectos (12% Costos Directos)	1,367
4	Gastos Administrativos (4% Costos Directos)	456
TOTAL		13,216

○ **Costo de mantenimiento del bulbo costa**

Para calcular el costo de mantenimiento de la técnica se considera trabajos de cambio de planchas por abolladuras y desgaste, pintado de toda la superficie de 13 m². Se consideran los costos fijos, siendo estos la varada, desvarada y estadía del buque. Se tiene previsto para el mantenimiento 04 días. Posteriormente se procede a calcular los costos variables, dentro de estos se consideran los servicios de mano de obra, hidrolavado del casco, arenado, pintura, montaje y suministros. Luego consideraremos los gastos generales que son el 12% del sub total de costo fijo y costos variables, también se considera gastos administrativos del 4% del sub total del costo fijo y costo variable. Estos porcentajes son tomados en la industria metalmeccánica y la he usado dentro de mi experiencia en FARMINSAC, MULTIOBRECH, COPEMETAL. El periodo de mantenimiento que se contempla es de 03 años.

Costos fijos

Costos Fijos		
Ítem	Costo (US\$)	Sub-Total
Varada	3,000	3,000
Estadía x día	350	1,400
Desvarada	3,000	3,000
Total		7,400

Costos variables

Suministro y consumibles

Bulbo Costa					
Ítem	Suministro e insumos	Unidad	Cantidad	Precio Unit	Precio Parcial
1	Plancha de 1200x2400x3/8"	Pl.	0.5	175	88
2	Oxígeno	M3	7.5	3.3	25
3	Acetileno	M3	5	5	25
4	ELECTRODO 7018 Ø1/8" - 20Kg	Lata	0.25	95	24
5	ELECTRODO E6011 Ø1/8" - 20Kg	Lata	0.25	92	23
6	DISCO DE CORTE DE 7"	Un	1	2.4	2
7	DISCO DE DESBASTE DE 7"	Un	1	2.7	3
8	Ant Durapox R	Gal	1	31	31
9	Bituflex 980 café-1002	Gal	1	22	22
10	Bituflex 980 negro-1725	Gal	1	22	22
11	Ocean Jet Antifouling Naranja	Gal	1	68	68
12	Ocean Jet Antifouling Naranja	Gal	1	68	68
13	Trapo Industrial	Kg	10	1.4	14
TOTAL					414

Manos de obra

Costos Variables			
Ítem	Costo (US\$/H-H)	H-H	Costo US\$
Calderería	10	15	150
Soldadura	17.5	10	175
Laminado	2	2	4
Montaje	10	20	200
Rolado	7.5	10	75
TOTAL			604

Servicios

Costos Variables	
Ítem	Costo (US\$)
Hidrolavado del Casco	33
Chorro abrasivo (SSPC SP6)	143
Aplicación de pintura	39
Total	215

Costo total de mantenimiento

Costos de Bulbo Costa		
Ítem	Costos	US\$
1	Costos fijos	7,400
2	Costos Variables	1,233
Sub total costos		8,633
5	Costos Indirectos (12% Costos Directos)	1,036
6	Gastos Administrativos (4% Costos Directos)	345
TOTAL		10,014

○ **Costo de mantenimiento de las palas estáticas pre-giro**

Para calcular el costo de mantenimiento de la técnica, se consideran las siguientes actividades cambio de plancha, refuerzo de soldadura, arenado y pintura de las palas. Empezamos calculando los costos fijos, siendo estos la varada, desvarada y estadía del buque. Se tiene Previsto para el mantenimiento 04 días. Posteriormente se procede a calcular los costos variables, dentro de estos se consideran los servicios de mano de obra, hidrolavado del casco, arenado, pintura, montaje y suministros. Luego consideraremos gastos generales que es el 12% del sub total de costo fijo y costos variables, también se considera gastos administrativos del 4% del sub total de costo fijo y costo variable. Estos porcentajes son tomados en la industria metalmecánica y la he usado dentro de mi experiencia en FARMINSAC, MULTIOBRECH, COPEMETAL. Se considera un periodo de 02 años para el mantenimiento.

Costos Fijos

Costos Fijos		
Ítem	Costo (US\$)	Sub-Total
Varada	3,000	3,000
Estadía x día	350	1,400
Desvarada	3,000	3,000
Total		7,400

Costos variables

Suministro y consumibles

Palas estáticas Pre-Giro					
Ítem	Suministro e insumos	Unidad	Cantidad	Precio Unit	Precio Parcial
1	Plancha de 1200x2400x3/8"	Pl.	0.5	175	88
2	Oxígeno	M3	5	3.3	17
3	Acetileno	M3	2.5	5	13
4	ELECTRODO 7018 Ø1/8" - 20Kg	Lata	0.25	95	24
5	ELECTRODO E6011 Ø1/8" - 20Kg	Lata	0.25	92	23
6	DISCO DE CORTE DE 7"	Un	1	2.4	2
7	DISCO DE DESBASTE DE 7"	Un	1	2.8	3
8	Ant Durapox R	Gal	1	31	31
9	Bituflex 980 café-1002	Gal	1	22	22
10	Bituflex 980 negro-1725	Gal	1	22	22
11	Ocean Jet Antifouling Naranja	Gal	1	68	68
12	Ocean Jet Antifouling Naranja	Gal	1	68	68
13	Trapo Industrial	Kg	2	1.4	3
TOTAL					382

Mano de obra

Pala Pre-Giro			
Ítem	Costo (US\$/H-H)	H-H	Costo US\$
Calderería	10	5	50
Soldadura	17.5	3	53
Laminado	2	1	2
Montaje	10	4	40
Rolado	7.5	5	38
TOTAL			182

Servicios

Costos Variables	
Ítem	Costo (US\$)
Hidrolavado del Casco	30
Chorro abrasivo (SSPC SP6)	132
Aplicación de pintura	36
TOTAL	198

Costo total del mantenimiento

Costos de Palas estáticas Pre-Giro		
Ítem	Costos	US\$
1	Costos fijos	7,400
2	Costos Variables	762
Sub total costos		8,162
5	Costos Indirectos (12% Costos Directos)	979
6	Gastos Administrativos (4% Costos Directos)	326
TOTAL		9,468

○ Costo de mantenimiento de los Perfiles Pre-Giro

Para calcular el costo de mantenimiento de la técnica, se consideran las siguientes actividades cambio de plancha, refuerzo de soldadura, arenado y pintura del perfil y palas. Empezamos calculando los costos fijos, siendo estos la varada, desvarada y estadía del buque. Se tiene previsto para el mantenimiento 04 días. Posteriormente se procede a calcular los costos variables, dentro de estos se consideran los servicios de mano de obra, hidrolavado del casco, arenado, pintura, montaje y suministros. Luego consideraremos gastos generales que es el 12% del sub total de costo fijo y costos variables, También se considera gastos administrativos del 4% del sub total de costo fijo y costo variable. Estos porcentajes son tomados en la industria metalmecánica y la he usado dentro de mi experiencia en FARMINSAC, MULTIOBRECH, COPEMETAL. Se considera un periodo de 02 años para el mantenimiento.

Costos fijos

Costos Fijos		
Ítem	Costo (US\$)	Sub-Total
Varada	3,000	3,000
Estadía x día	350	1,400
Desvarada	3,000	3,000
Total		7,400

Costos variables

Suministro y consumibles

Perfiles Pre-Giro					
Ítem	Suministro e insumos	Unidad	Cantidad	Precio Unit	Precio Parcial
1	Plancha de 1200x2400x3/8"	Pl.	0.5	175	88
2	Oxigeno	M3	5	3.3	17
3	Acetileno	M3	2.5	5	13
4	ELECTRODO 7018 Ø1/8" - 20Kg	Lata	0.25	95	24
5	ELECTRODO E6011 Ø1/8" - 20Kg	Lata	0.25	92	23
6	DISCO DE CORTE DE 7"	Un	1	2.4	2
7	DISCO DE DESBASTE DE 7"	Un	1	2.8	3
8	Ant Durapox R	Gal	0.5	31	16
9	Bituflex 980 café-1002	Gal	0.5	22	11
10	Bituflex 980 negro-1725	Gal	0.5	22	11
11	Ocean Jet Antifouling Naranja	Gal	0.5	68	34
12	Ocean Jet Antifouling Naranja	Gal	0.5	68	34
13	Trapo Industrial	Kg	5	1.4	7
TOTAL					281

Mano de obra

Perfil Pre-Giro			
Ítem	Costo (US\$/H-H)	H-H	Costo US\$
Calderería	10	5	50
Soldadura	17.5	10	175
Laminado	2	1	2
Montaje	10	8	80
Rolado	7.5	10	75
TOTAL			382

Servicios

Costos Variables	
Ítem	Costo (US\$)
Hidrolavado del Casco	15
Chorro abrasivo (SSPC SP6)	66
Aplicación de pintura	18
Total	99

Costo total del mantenimiento

Costos de Perfiles Pre-Giro		
Ítem	Costos	US\$
1	Costos fijos	7,400
2	Costos Variables	762
Sub total costos		8,162
5	Costos Indirectos (12% Costos Directos)	979
6	Gastos Administrativos (4% Costos Directos)	326
TOTAL		9,468

○ Costo de mantenimiento de las palas estáticas post-giro

Para calcular el costo de mantenimiento de la técnica, se consideran las siguientes actividades cambio de plancha, refuerzo de soldadura, arenado y pintura de las palas. Empezamos calculando los costos fijos, siendo estos la varada, desvarada y estadía del buque. Se tiene previsto para el mantenimiento 04 días. Posteriormente se procede a calcular los costos variables, dentro de estos se consideran los servicios de mano de obra, hidrolavado del casco, arenado, pintura, montaje y suministros. Luego consideraremos gastos generales que es el 12% del sub total de costo fijo y costos variables, También se considera gastos administrativos del 4% del sub total de costo fijo y costo variable. Estos porcentajes son tomados en la industria metalmecánica y la he usado dentro de mi experiencia en FARMINSAC, MULTIOBRECH, COPEMETAL. Se considera un periodo de 02 años para el mantenimiento.

Costos Fijos

Costos Fijos		
Ítem	Costo (US\$)	Sub-Total
Varada	3,000	3,000
Estadía x día	350	1,050
Desvarada	3,000	3,000
Total		7,050

Costos variables

Suministro y consumibles

Palas Post-Giro					
Ítem	Suministro e insumos	Unidad	Cantidad	Precio Unit	Precio Parcial
1	Plancha de 1200x2400x3/8"	Pl.	0.25	175	44
2	Oxigeno	M3	5	3.3	17
3	Acetileno	M3	2.5	5	13
4	ELECTRODO 7018 Ø1/8" - 20Kg	Lata	0.125	95	12
5	ELECTRODO E6011 Ø1/8" - 20Kg	Lata	0.125	92	12
6	DISCO DE CORTE DE 7"	Un	1	2.4	2
7	DISCO DE DESBASTE DE 7"	Un	1	2.8	3
8	Ant Durapox R	Gal	0.5	31	16
9	Bituflex 980 café-1002	Gal	0.5	22	11
10	Bituflex 980 negro-1725	Gal	0.5	22	11
11	Ocean Jet Antifouling Naranja	Gal	0.5	68	34
12	Ocean Jet Antifouling Naranja	Gal	0.5	68	34
13	Trapo Industrial	Kg	4	1.4	6
TOTAL					212

Mano de obra

Pala Post-Giro			
Ítem	Costo (US\$/H-H)	H-H	Costo US\$
Calderería	10	5	50
Soldadura	17.5	3	53
Laminado	2	1	2
Montaje	10	2	20
Rolado	7.5	2	15
TOTAL			140

Servicios

Costos Variables	
Ítem	Costo (US\$)
Hidrolavado del Casco	10
Chorro Abrasivo (SSPC SP6)	44
Aplicación de pintura	12
Total	66

Costo total del mantenimiento

Costos de Palas Post-Giro		
Ítem	Costos	US\$
1	Costos fijos	7,050
2	Costos Variables	418
Sub total costos		7,468
3	Costos Indirectos (12% Costos Directos)	896
4	Gastos Administrativos (4% Costos Directos)	299
TOTAL		8,663

○ Costos de perfiles post-giro

Para calcular el costo de mantenimiento de la técnica, se consideran las siguientes actividades cambio de plancha, refuerzo de soldadura, arenado y pintura del perfil y palas. Empezamos calculando los costos fijos, siendo estos la varada, desvarada y estadía del buque. Se tiene previsto para el mantenimiento 04 días. Posteriormente se procede a calcular los costos variables, dentro de estos se consideran los servicios de maneo obra, hidrolavado del casco, arenado, pintura, montaje y suministros. Luego consideraremos gastos generales que es el 12% del sub total de costo fijo y costos variables, También se considera gastos administrativos del 4% del sub total de costo fijo y costo variable. Estos porcentajes son tomados en la industria metalmecánica y la he usado dentro de mi experiencia en FARMINSAC, MULTIOBRECH, COPEMETAL. Se considera un periodo de 02 años para el mantenimiento.

Costos Fijos

Costos Fijos		
Ítem	Costo (US\$)	Sub-Total
Varada	3,000	3,000
Estadía x día	350	1,400
Desvarada	3,000	3,000
Total		7,400

Costos variables

Suministros y consumibles

Perfil Post-Giro					
Ítem	Suministro e insumos	Unidad	Cantidad	Precio Unit	Precio Parcial
1	Plancha de 1200x2400x3/8"	pl.	1	175	175
2	Oxigeno	M3	5	3.3	17
3	Acetileno	M3	2.5	5	13
4	ELECTRODO 7018 Ø1/8" - 20Kg	Lata	0.5	95	48
5	ELECTRODO E6011 Ø1/8" - 20Kg	Lata	0.5	92	46
6	DISCO DE CORTE DE 7"	Un	3	2.4	7
7	DISCO DE DESBASTE DE 7"	Un	3	2.8	8
8	Ant Durapox R	Gal	1	31	31
9	Bituflex 980 café-1002	Gal	1	22	22
10	Bituflex 980 negro-1725	Gal	1	22	22
11	Ocean Jet Antifouling Naranja	Gal	1	68	68
12	Ocean Jet Antifouling Naranja	Gal	1	68	68
13	Trapo Industrial	Kg	10	1.4	14
TOTAL					

Mano de obra

Perfil Post-Giro			
Ítem	Costo (US\$/H-H)	H-H	Costo US\$
Calderería	10	6	60
Soldadura	17.5	4	70
Laminado	2	1	2
Montaje	10	4	40
Rolado	7.5	4	30
TOTAL			202

Servicios

Costos Variables	
Ítem	Costo (US\$)
Hidrolavado del Casco	34
Chorro abrasivo (SSPC SP6)	149
Aplicación de pintura	41
Total	223

Costo total del mantenimiento

Costos de Perfil Post-Giro		
Ítem	Costos	US\$
1	Costos fijos	7,400
2	Costos Variables	963
Sub total costos		8,363
3	Costos Indirectos (12% Costos Directos)	1,004
4	Gastos Administrativos (4% Costos Directos)	335
TOTAL		9,701

○ Costo de mantenimiento de la Hélice Grimm Modificada

Para calcular el costo de mantenimiento de la técnica, se consideran los costos fijos, siendo estos la varada, desvarada y estadía del buque. Se tiene previsto para el mantenimiento 15 días. Posteriormente se procede a calcular los costos variables, dentro de estos se consideran los servicios de diseño, mano de obra, montaje y suministros. Luego consideraremos los gastos generales como el 12% del sub total de costo fijo y costos variables, posteriormente se considera unos gastos administrativos del 4% del sub total de costo fijo y costo variable. Estos porcentajes son tomados en la industria metalmecánica y lo he usado dentro de mi experiencia en FARMINSAC, MULTIOBRECH, COPEMETAL.

Costos fijos

Costos Fijos		
Ítem	Costo (US\$)	Sub-Total
Varada	3,000	3,000
Estadía x día	350	5,250
Desvarada	3,000	3,000
Total		11,250

Costos variables

Suministros y consumibles

Hélice de Grimm Modificada					
Ítem	Suministro e insumos	Unidad	Cantidad	Precio Unit	Precio Parcial
2	Plancha de 1200x2400x1/2"	Pl.	0.5	245	123
3	Oxigeno	M3	5	3.3	17
4	Acetileno	M3	5	5	25
5	ELECTRODO 7018 Ø1/8" - 20Kg	Lata	0.5	95	48
6	ELECTRODO E6011 Ø1/8" - 20Kg	Lata	0.5	92	46
7	DISCO DE CORTE DE 7"	Un	4	2.4	10
8	DISCO DE DESBASTE DE 7"	Un	4	2.8	11
9	GRASA	Gal	10	15	150
10	ACEITE HIDRAULICO	Gal	3	70	210
11	Trapo Industrial	Kg	50	1.4	70
TOTAL					708

Mano de obra

Hélice Grimm Modificada			
Actividades de alineamiento de ejes	H-H	Costo US\$/H-H	Costo US\$
Inspección y calibración del sistema	64	10	640
Desmontaje del sistema	144	10	1,440
Reparación del sistema y ensamble	500	10	5,000
Montaje del sistema	192	10	1,920
Alineamiento del sistema	192	10	1,920
Prueba de navegación	64	10	640
Total			11,560

Costo total del mantenimiento

Costos de Grimm Modificada		
Ítem	Costos	US\$
1	Costos fijos	11,250
2	Costos Variables	12,268
Sub total costos		23,518
3	Costos Indirectos (12% Costos Directos)	2,822
4	Gastos Administrativos (4% Costos Directos)	941
TOTAL		27,281

○ **Costos de Hélice CLT**

Para calcular el costo de mantenimiento de la técnica, se consideran los costos fijos, siendo estos la varada, desvarada y estadía del buque. Se tiene previsto para el mantenimiento 15 días. Posteriormente se procede a calcular los costos variables, dentro de estos se consideran los servicios de diseño, mano de obra, montaje y suministros. Luego consideraremos los gastos generales como el 12% del sub total de costo fijo y costos variables, posteriormente se considera unos gastos administrativos del 4% del sub total de costo fijo y costo variable. Estos porcentajes son tomados en la industria metalmeccánica y lo he usado dentro de mi experiencia en FARMINSAC, MULTIOBRECH, COPEMETAL.

Costos fijos

Costos Fijos		
Ítem	Costo (US\$)	Sub-Total
Varada	3,000	3,000
Estadía x día	350	5,250
Desvarada	3,000	3,000
Total		11,250.00

Costos variables

Suministros y consumibles

Hélice CLT					
Ítem	Suministro e insumos	Unidad	Cantidad	Precio Unit	Precio Parcial
1	Plancha de 1200x2400x1/2"	pl.	0.5	245	123
2	Oxigeno	M3	5	3.3	17
3	Acetileno	M3	5	5	25
4	ELECTRODO 7018 Ø1/8" - 20Kg	Lata	0.5	95	48
5	ELECTRODO E6011 Ø1/8" - 20Kg	Lata	0.5	92	46
6	DISCO DE CORTE DE 7"	Un	4	2.4	10
7	DISCO DE DESBASTE DE 7"	Un	4	2.8	11
8	GRASA	Gal	10	15	150
9	ACEITE HIDRAULICO	Gal	3	70	210
10	Trapo Industrial	Kg	50	1.4	70
TOTAL					708

Mano de obra

Hélice CLT			
Actividades de alineamiento de ejes	H-H	Costo US\$/H-H	Costo US\$
Inspección y calibración del sistema	64	10	640
Desmontaje del sistema	144	10	1,440
Reparación del sistema y ensamble	500	10	5,000
Montaje del sistema	192	10	1,920
Alineamiento del sistema	192	10	1,920
Prueba de navegación	64	10	640
Total			11,560

Costo total del mantenimiento

Costos de Hélice CLT		
Ítem	Costos	US\$
1	Costos fijos	11,250
2	Costos Variables	12,268
Sub total costos		23,518
3	Costos Indirectos (12% Costos Directos)	2,822
4	Gastos Administrativos (4% Costos Directos)	941
TOTAL		27,281

Después de haber visto el costo de mantenimiento de las técnicas individualmente, paso a describir la siguiente tabla en el cual se presenta el resumen del costo total de mantenimiento de cada una de las técnicas de ahorro de combustible seleccionadas para el presente informe y expresados en dólares americanos (US\$).

Tabla 5.4 Resumen de costos de mantenimiento

Ítem	Descripción	Costo de mantenimiento
Reducción de Resistencia al avance	Minimizar la superficie rugosa de los cascos	\$98,641
	Pinturas LSE	\$150,889
	Timón Asimétrico	\$13,216
	Bulbo Costa	\$10,014
Mejora de Propulsión	Palas estáticas Pre-Giro	\$9,468
	Perfiles Pre-Giro	\$9,468
	Palas estáticas Post-Giro	\$8,663
	Perfiles Post-Giro	\$9,700
	Hélice de Grim modificada	\$27,281
	Hélices CLT	\$27,281

5.5 EVALUACIÓN ECONÓMICA

En esta sección se interpretará los indicadores económicos VAN (Valor actual neto), TIR (tasa interna de retorno), B/C (Beneficio - Costo) para cada técnica. El periodo de evaluación se considera 05 años para todas las técnicas.

Valor Actual Neto (VAN). Se basa en el hecho de que el valor del dinero cambia con el paso del tiempo. Aun con una inflación mínima, un dólar de hoy puede "comprar menos" que un dólar de hace un año. El VAN permite conocer en términos de "dólares de hoy" el valor total de un proyecto que se extenderá por varios meses o años, y que puede combinar flujos positivos (ingresos) y negativos (costos). Para ello emplea una tasa de descuento, que suele considerar la inflación o el costo de un préstamo. ¿Cómo se interpreta? El VAN permite decidir si un proyecto es rentable (VAN mayor a 0), no es rentable (VAN menor a 0) o financieramente indistinto (VAN igual a 0), según la tasa que se ha tomado como referencia.

Tasa Interna de Retorno (TIR). Este indicador se relaciona con el VAN, ya que utilizando una fórmula similar, determina cuál es la tasa de descuento que hace que el VAN de un proyecto sea igual a cero. Es decir, que se expresa como un porcentaje (TIR=12%, por ejemplo). En términos conceptuales, puede entenderse como la tasa de interés máxima a la que es posible endeudarse para financiar el proyecto, sin que genere pérdidas. ¿Cómo se interpreta? Si el TIR es mayor que el TCO el proyecto es viable si el TIR es igual al TCO el proyecto es indiferente y si el TIR es menor que el TCO el proyecto es inviable.

Tasa de Descuento (TCO _(i)). Es aplicada para determinar el VAN de un pago futuro. Para la evaluación económica de las técnicas de ahorro de

combustible se tomará un $TCO_{(i)} = 12.5 \%$, este valor es utilizado para proyectos metalmecánicos riesgosos, es por esta razón que emplearemos este valor.

Beneficio – Costo (B/C). Es la relación entre los flujos de ingreso entre los flujos de egreso ¿Cómo se interpreta? Si B/C es mayor que 1 el proyecto es viable si B/C es igual a 1 el proyecto es indiferente y si B/C es menor que 1 el proyecto se considerara inviable.

Finalmente se hará un cuadro comparativo de los indicadores entre todas las técnicas y se seleccionará las mejores opciones desde el punto de vista económico, utilizando los indicadores económicos VAN, TIR y B/C. A continuación paso a calcular los indicadores económicos para cada técnica:

o **Minimizar la superficie rugosa del casco**

Para calcular los indicadores económicos para esta técnica, primero haremos el flujo de caja con los egresos e ingresos desde la inversión tomando como punto 0 el costo de implementación ver tabla 5.3, seguidamente se tienen ahorros anuales y los costos de mantenimiento para cada 03 años ver tabla 5.4. Como se tiene un rango de ahorro se evaluara para el mínimo y máximo ahorro ver tabla 5.2, se tendrá un rango de indicadores económicos que serán interpretados.

– Para un ahorro de \$ **43,494**

Flujo de caja

Minimizar la superficie rugosa del casco						
Años	0	1	2	3	4	5
FNC	-108,245	43,494	43,494	-55,147	43,494	43,494

Indicadores

Indicador	Resultado	Observación
TCO(i)	12.5%	
VP(ingresos)	S. 85,583	
VP(egresos)	S. -108,245	
VAN	S. -22,662	Inviabile
TIR	3.2%	Inviabile
B/C	-0.79	Inviabile

- Para un ahorro de \$ 54,367

Flujo de caja

Minimizar la superficie rugosa del casco						
Años	0	1	2	3	4	5
FNC	-108,245	54,367	54,367	-44,274	54,367	54,367

Indicadores

Indicador	Resultado	Observación
TCO(i)	12.5%	
VP(ingresos)	S. 124,299	
VP(egresos)	S. -108,245	
VAN	S. 16,053	Viable
TIR	18.8%	Viable
B/C	-1.15	Viable

- o **Pinturas LSE**

Para calcular los indicadores económicos para esta técnica, primero haremos el flujo de caja con los egresos e ingresos desde la inversión tomando como punto 0 el costo de implementación ver tabla 5.3, seguidamente se tienen ahorros anuales y los costos de mantenimiento para cada 03 años ver tabla 5.4. Como se tiene un rango de ahorro se evaluara para el mínimo y máximo ahorro ver tabla 5.2, se tendrá un rango de indicadores económicos que serán interpretados.

- Para un ahorro de \$ **65,240**

Flujo de caja

Pinturas LSE						
Años	0	1	2	3	4	5
FNC	-160,494	65,240	65,240	-85,649	65,240	65,240

Indicadores

Indicador	Resultado	Observación
TCO(i)	12.5%	
VP(ingresos)	S. 126,318	
VP(egresos)	S. -160,494	
VAN	S. -34,176	Inviabile
TIR	3.0%	Inviabile
B/C	-0.79	Inviabile

- Para un ahorro de \$ **108,734**

Flujo de caja

Pinturas LSE						
Años	0	1	2	3	4	5
FNC	-160,494	108,734	108,734	-42,155	108,734	108,734

Indicadores

Indicador	Resultado	Observación
TCO(i)	12.5%	
VP(ingresos)	S. 281,180	
VP(egresos)	S. -160,494	
VAN	S. 120,686	Viable
TIR	42.4%	Viable
B/C	-1.75	Viable

- **Pala timón asimétrica**

Para calcular los indicadores económicos para esta técnica, primero haremos el flujo de caja con los egresos e ingresos desde la inversión tomando como punto 0 el costo de implementación ver tabla 5.3, seguidamente se tienen

ahorros anuales y los costos de mantenimiento para cada 03 años ver tabla 5.4. Como se tiene un rango de ahorro se evaluara para el mínimo y máximo ahorro ver tabla 5.2, se tendrá un rango de indicadores económicos que serán interpretados.

- Para un ahorro de \$ **10,873**

Flujo de caja

Pala Timón Asimétrica						
Años	0	1	2	3	4	5
FNC	-21,277	10,873	10,873	-2,342	10,873	10,873

Indicadores

Indicador	Resultado	Observación
TCO(i)	12.5%	
VP(ingresos)	S. 29,434	
VP(egresos)	S. -21,277	
VAN	S. 8,157	Viable
TIR	27.9%	Viable
B/C	-1.38	Viable

- Para un ahorro de \$ **32,620**

Flujo de caja

Pala Timón Asimétrica						
Años	0	1	2	3	4	5
FNC	-21,277	32,620	32,620	19,404	32,620	32,620

Indicadores

Indicador	Resultado	Observación
TCO(i)	12.5%	
VP(ingresos)	S. 106,864	
VP(egresos)	S. -21,277	
VAN	S. 85,588	Viable
TIR	145.5%	Viable
B/C	-5.02	Viable

○ **Bulbo Costa**

Para calcular los indicadores económicos para esta técnica, primero haremos el flujo de caja con los egresos e ingresos desde la inversión tomando como punto 0 el costo de implementación ver tabla 5.3, seguidamente se tienen ahorros anuales y los costos de mantenimiento para cada 03 años ver tabla 5.4. Como se tiene un rango de ahorro se evaluará para el mínimo y máximo ahorro ver tabla 5.2, se tendrá un rango de indicadores económicos que serán interpretados.

- Para un ahorro de \$ **21,747**

Flujo de caja

Bulbo Costa						
Años	0	1	2	3	4	5
FNC	-25,445	21,747	21,747	11,733	21,747	21,747

Indicadores

Indicador	Resultado	Observación
TCO(i)	12.5%	
VP(ingresos)	S. 70,398	
VP(egresos)	S. -25,445	
VAN	S. 44,953	Viable
TIR	74.7%	Viable
B/C	-2.77	Viable

- Para un ahorro de \$ **43,494**

Flujo de caja

Bulbo Costa						
Años	0	1	2	3	4	5
FNC	-25,445	43,494	43,494	33,480	43,494	43,494

Indicadores

Indicador	Resultado	Observación
TCO(i)	12.5%	
VP(ingresos)	S. 147,829	
VP(egresos)	S. -25,445	
VAN	S. 122,384	Viable
TIR	166.2%	Viable
B/C	-5.81	Viable

○ **Palas estáticas pre-giro**

Para calcular los indicadores económicos para esta técnica, primero haremos el flujo de caja con los egresos e ingresos desde la inversión tomando como punto 0 el costo de implementación ver tabla 5.3, seguidamente se tienen ahorros anuales y los costos de mantenimiento para cada 02 años ver tabla 5.4. Como se tiene un rango de ahorro se evaluara para el mínimo y máximo ahorro ver tabla 5.2, se tendrá un rango de indicadores económicos que serán interpretados.

- Para un ahorro de \$ **43,494**

Flujo de caja

Palas estáticas Pre-Giro						
Años	0	1	2	3	4	5
FNC	-14,686	43,494	34,025	43,494	34,025	43,494

Indicadores

Indicador	Resultado	Observación
TCO(i)	12.5%	
VP(ingresos)	S. 141,470	
VP(egresos)	S. -14,686	
VAN	S. 126,784	Viable
TIR	282.5%	Viable
B/C	-9.63	Viable

- Para un ahorro de \$ **65,240**

Flujo de caja

Palas estáticas Pre-Giro						
Años	0	1	2	3	4	5
FNC	-14,686	65,240	55,772	65,240	55,772	65,240

Indicadores

Indicador	Resultado	Observación
TCO(i)	12.5%	
VP(ingresos)	S. 218,901	
VP(egresos)	S. -14,686	
VAN	S. 204,215	Viable
TIR	434.0%	Viable
B/C	-14.91	Viable

- **Perfiles pre-giro**

Para calcular los indicadores económicos para esta técnica, primero haremos el flujo de caja con los egresos e ingresos desde la inversión tomando como punto 0 el costo de implementación ver tabla 5.3, seguidamente se tienen ahorros anuales y los costos de mantenimiento para cada 02 años ver tabla 5.4. Como se tiene un rango de ahorro se evaluará para el mínimo y máximo ahorro ver tabla 5.2, se tendrá un rango de indicadores económicos que serán interpretados.

- Para un ahorro de \$ **43,494**

Flujo de caja

Perfiles Pre-Giro						
Años	0	1	2	3	4	5
FNC	-17,781	43,494	34,026	43,494	34,026	43,494

Indicadores

Indicador	Resultado	Observación
TCO(i)	12.5%	
VP(ingresos)	S. 141,470	
VP(egresos)	S. -17,781	
VAN	S. 123,689	Viable
TIR	231.8%	Viable
B/C	-7.96	Viable

- Para un ahorro de \$ 97,860

Flujo de caja

Perfiles Pre-Giro						
Años	0	1	2	3	4	5
FNC	-17,781	97,860	88,393	97,860	88,393	97,860

Indicadores

Indicador	Resultado	Observación
TCO(i)	12.5%	
VP(ingresos)	S. 335,047	
VP(egresos)	S. -17,781	
VAN	S. 317,267	Viable
TIR	543.2%	Viable
B/C	-18.84	Viable

- Palas post-giro

Para calcular los indicadores económicos para esta técnica, primero haremos el flujo de caja con los egresos e ingresos desde la inversión tomando como punto 0 el costo de implementación ver tabla 5.3, seguidamente se tienen ahorros anuales y los costos de mantenimiento para cada 03 años ver tabla 5.4. Como se tiene un rango de ahorro se evaluara para el mínimo y máximo ahorro ver tabla 5.2, se tendrá un rango de indicadores económicos que serán interpretados.

- Para un ahorro de \$ **43,494**

Flujo de caja

Palas Post-Giro						
Años	0	1	2	3	4	5
FNC	-12,841	43,494	34,831	43,494	34,831	43,494

Indicadores

Indicador	Resultado	Observación
TCO(i)	12.5%	
VP(ingresos)	S. 142,609	
VP(egresos)	S. -12,841	
VAN	S. 129,768	Viable
TIR	325.7%	Viable
B/C	-11.11	Viable

- Para un ahorro de \$ **65,240**

Flujo de caja

Palas Post-Giro						
Años	0	1	2	3	4	5
FNC	-12,841	65,240	56,578	65,240	56,578	65,240

Indicadores

Indicador	Resultado	Observación
TCO(i)	12.5%	
VP(ingresos)	S. 220,040	
VP(egresos)	S. -12,841	
VAN	S. 207,199	Viable
TIR	498.3%	Viable
B/C	-17.14	Viable

- **Perfil post-giro**

Para calcular los indicadores económicos para esta técnica, primero haremos el flujo de caja con los egresos e ingresos desde la inversión tomando como punto 0 el costo de implementación ver tabla 5.3,

seguidamente se tienen ahorros anuales y los costos de mantenimiento para cada 02 años ver tabla 5.4. Como se tiene un rango de ahorro se evaluara para el mínimo y máximo ahorro ver tabla 5.2, se tendrá un rango de indicadores económicos que serán interpretados.

- Para un ahorro de \$ **43,494**

Flujo de caja

Perfil Post-Giro						
Años	0	1	2	3	4	5
FNC	-16,466	43,494	33,793	43,494	33,793	43,494

Indicadores

Indicador	Resultado	Observación
TCO(i)	12.5%	
VP(ingresos)	S. 141,141	
VP(egresos)	S. -16,466	
VAN	S. 124,675	Viable
TIR	250.7%	Viable
B/C	-8.57	Viable

- Para un ahorro de \$ **65,240**

Flujo de caja

Perfil Post-Giro						
Años	0	1	2	3	4	5
FNC	-16,466	65,240	55,539	65,240	55,539	65,240

Indicadores

Indicador	Resultado	Observación
TCO(i)	12.5%	
VP(ingresos)	S. 218,572	
VP(egresos)	S. -16,466	
VAN	S. 202,106	Viable
TIR	386.0%	Viable
B/C	-13.27	Viable

○ **Hélice de Grimm modificada**

Para calcular los indicadores económicos para esta técnica, primero haremos el flujo de caja con los egresos e ingresos desde la inversión tomando como punto 0 el costo de implementación ver tabla 5.3, seguidamente se tienen ahorros anuales y los costos de mantenimiento para cada 03 años ver tabla 5.4. Como se tiene un rango de ahorro se evaluara para el mínimo y máximo ahorro ver tabla 5.2, se tendrá un rango de indicadores económicos que serán interpretados.

- Para un ahorro de \$ **76,114**

Flujo de caja

Hélice de Grimm Modificada						
Años	0	1	2	3	4	5
FNC	-175,054	76,114	76,114	48,833	76,114	76,114

Indicadores

Indicador	Resultado	Observación
TCO(i)	12.5%	
VP(ingresos)	S. 251,848	
VP(egresos)	S. -175,054	
VAN	S. 76,794	Viable
TIR	29.4%	Viable
B/C	-1.44	Viable

- Para un ahorro de \$ **108,734**

Flujo de caja

Hélice de Grimm Modificada						
Años	0	1	2	3	4	5
FNC	-175,054	108,734	108,734	81,453	108,734	108,734

Indicadores

Indicador	Resultado	Observación
TCO(i)	12.5%	
VP(ingresos)	S. 367,994	
VP(egresos)	S. -175,054	
VAN	S. 192,940	Viable
TIR	52.2%	Viable
B/C	-2.10	Viable

○ **Hélice CLT**

Para calcular los indicadores económicos para esta técnica, primero haremos el flujo de caja con los egresos e ingresos desde la inversión tomando como punto 0 el costo de implementación ver tabla 5.3, seguidamente se tienen ahorros anuales y los costos de mantenimiento para cada 03 años ver tabla 5.4. Como se tiene un rango de ahorro se evaluará para el mínimo y máximo ahorro ver tabla 5.2, se tendrá un rango de indicadores económicos que serán interpretados.

- Para un ahorro de \$ **65,240**

Flujo de caja

Hélice CLT						
Años	0	1	2	3	4	5
FNC	-302,654	65,240	65,240	37,959	65,240	65,240

Indicadores

Indicador	Resultado	Observación
TCO(i)	12.5%	
VP(ingresos)	S. 213,132	
VP(egresos)	S. -302,654	
VAN	S. -89,521	Inviabile
TIR	-0.4%	Inviabile
B/C	-0.70	Inviabile

- Para un ahorro de \$ **65,240**

Flujo de caja

Hélice CLT						
Años	0	1	2	3	4	5
FNC	-302,654	141,354	141,354	114,073	141,354	141,354

Indicadores

Indicador	Resultado	Observación
TCO(i)	12.5%	
VP(ingresos)	S. 484,140	
VP(egresos)	S. -302,654	
VAN	S. 181,487	Viable
TIR	35.0%	Viable
B/C	-1.60	Viable

Después de haber visto los indicadores económicos de las técnicas individualmente, paso a describir la siguiente tabla en el cual se presenta el resumen de los indicadores de cada una de las técnicas de ahorro de combustible seleccionadas para el presente informe.

Tabla 5.5 Resumen de indicadores VAN, TIR y B/C

Ítem	Descripción	VAN	TIR	Beneficio/Costo
Reducción de Resistencia al avance	Minimizar la superficie rugosa de los cascos	[-\$ 22,662 \$16,053]	[3.2% 18.8%]	[0.79 1.15]
	Pinturas LSE	[-\$ 34,176 \$120,686]	[3.0 % 42.4%]	[0.79 1.75]
	Timón Asimétrico	[\$ 8,157 \$85,588]	[27.9 % 145.5%]	[1.38 5.02]
	Bulbo Costa	[\$ 44,953 \$122,384]	[74.7 % 166.2%]	[2.77 5.81]
Mejora de Propulsión	Palas estáticas Pre-Giro	[\$ 126,784 \$204,215]	[282.5 % 434.0%]	[9.63 14.91]
	Perfiles Pre-Giro	[\$ 123,689 \$317,267]	[231.8 % 543.2%]	[7.96 18.84]
	Palas estáticas Post-Giro	[\$ 129,768 \$207,199]	[325.7 % 498.3%]	[11.11 17.14]
	Perfiles Post-Giro	[\$ 124,675 \$202,106]	[250.7 % 386.0%]	[8.57 13.27]
	Hélice de Grim modificada	[\$ 76,794 \$ 192,940]	[29.4 % 52.2%]	[1.44 2.10]
	Hélices CLT	[-\$ 89,521 \$ 181,487]	[0.0 % 35.0%]	[0.70 1.60]

Del cuadro deducimos que las técnicas:

Palas estáticas Pre-Giro, Perfiles Pre-Giro, Palas estáticas Post-Giro y Perfiles Post-Giro son las más adecuadas desde el punto de vista económico puesto que, el VAN que presentan estas técnicas es alto, de la misma forma el TIR es mucho mayor que el TCO y el B/C es mucho mayor que 1. Es por esta razón que las técnicas mencionadas son las mejores opciones.

CONCLUSIONES

1. Las técnicas planteadas para disminuir la resistencia al avance descritos en el informe son.
 - Reducir la superficie del casco, que consiste en disminuir la superficie mojada de la embarcación.
 - Minimizar la superficie rugosa de los cascos, que consiste en disminuir las rugosidades del casco empleando pinturas y limpieza del casco.
 - Pinturas LSE, que consiste emplear pinturas basadas en polímeros elastoméricos Fluorinados de silicona, que no permiten adherencia al casco.
 - Sistemas de burbujas de Aire, que consiste en la introducción de burbujas de aire en el fondo del casco para disminuir la resistencia friccional.
 - Optimización de bulbos de Proa, que consiste en hacer un correcto análisis de la implementación de los bulbos.
 - Utilizar Radio de pantoque aumentado en el cuerpo de proa, que consiste en dar mayor corte de la proa hacia al mar.
 - Reducir el arrastre pro fricción del timón, que consiste en implementar una pala timón altamente eficiente tipo Flap.
 - Timón Asimétrico, que consiste en implementar un timón de dos secciones, ligeramente desviadas para direccionar el flujo de agua que sale de la hélice.
 - Bulbo Costa, que consiste en implementar un bulbo en la pala timón para reducir las pérdidas rotacionales.

- Optimizar el dimensionamiento de las embarcaciones, que consiste en dimensionar correctamente la embarcación.
- Minimizar la resistencia adicional con manejo de ruta, que consiste en gestionar el manejo de ruta y saber la ubicación de la embarcación para evitar pérdidas por robo de combustible o por mal tiempo.

Las técnicas para la mejorar la propulsión son:

- Palas estáticas Pre-Giro, Perfiles Pre-Giro, Palas estáticas Post-Giro, Perfiles Post-Giro, Hélice de Grim modificada, Hélice Contrarotante CRP; estas técnicas consisten en reducir las pérdidas rotacionales con perfiles que re-direccionan el flujo de agua que entra y sale de la hélice.
- Hélices CLT, Hélices Kappel, Hélice – Tapa para el cono PBCF; Estas Técnicas consisten en implementar hélices altamente eficientes para mejorar la propulsión.

2. Luego de evaluar económicamente las técnicas planteadas en el presente informe, se observó que las técnicas:

- Minimizar la superficie rugosa de los cascos, Pinturas LSE y Hélices CLT. Tienen un rango de valores en que estas técnicas no son viables a pesar del ahorro de combustible, esto se debe al alto costo de implementación y mantenimiento.
- Timón Asimétrico, Bulbo Costa, Palas estáticas Pre-Giro, Perfiles Pre-Giro, Palas estáticas Post-Giro, Perfiles Post-Giro y Hélice de Grim modificada. En todo el rango de valores son viables, esto se debe al bajo costo en la implementación, bajo costo del mantenimiento y buen porcentaje de ahorro de combustible.

3. De acuerdo a los resultados de los indicadores obtenidos seleccionamos las siguientes técnicas por tener mejores indicadores económicos y estas son:
- a. Palas estáticas Pre-Giro. el ahorro de combustible se da debido a la recuperación de la energía rotacional que ingresa a la hélice.
 - b. Perfiles Pre-Giro, el ahorro de combustible será debido a la recuperación de la energía rotacional que ingresa a la hélice.
 - c. Palas estáticas Post-Giro, el ahorro de combustible será debido a la disminución de la energía rotacional.
 - d. Perfiles Post-Giro, el ahorro de combustible será debido a la disminución de la energía rotacional.

Por lo tanto se recomienda que se implemente estas técnicas de ahorro de combustible para el B/T CAPRICORNIO GAS, porque se necesita poca inversión para la implementación, tiene bajo costo de mantenimiento, buen ahorro en consumo de combustible y buenos indicadores económicos.

RECOMENDACIONES

Se recomienda implementar las técnicas: Palas estáticas Pre-Giro, Perfiles Pre-Giro, perfiles Post-Giro. Según el análisis realizado de costo beneficio. Como trabajo futuro, queda probar matemáticamente y/o experimentalmente cada una de las posibilidades planteadas en el presente informe.

- El ahorro en consumo de combustible es muy probable aplicando las técnicas descritas en el presente informe y cabe recalcar que no necesariamente es una sumatoria de ahorro si aplico más de 02 opciones. Se puede extender el ahorro de combustible a los sistemas auxiliares de la embarcación y logrando así un mayor ahorro de combustible como reduciendo la potencia auxiliar requerida, usando eficientemente la energía disponible, usando fuentes de energía renovable, etc.

MATERIAL DE REFERENCIA

- VOLKER BERTRAM. Practical Ship Hydrodynamics. Año 2000.
- FINAL REPORT AND RECOMMENDATIONS TO THE 22ND ITTC. The Specialist Committee on Unconventional Propulsors. Año 1999.
- DR. NEIL BOSE, DR. U. GRAZIOLI. The Specialist Committee on Unconventional Propulsor. Año 1999.
- TEUS VAN BEEK. Technology guidelines for efficient design and operation of ship propulsors. Wartsila propulsion Netherlands BV, 2004. (Pág.1-6).
- DIEGO MESEGUER YEBRA, SOREN KIIL, KIM DAM-JOHANSEN. Antifouling technology – past, present and future steps towards efficient and environmentally friendly Antifouling coating, 2003. (Pág.20-24).
- JOHN CARLTON. Marine propellers and propulsions.
Año 2007
- STEVEN L. CECCIO AND SIMO A. MAKIHARJU. Air Lubrication Drag reduction on great lakes ships
Año 2012
- HANS RICHARD HANSEN, TOM DINHAM-PEREN Y TAKEO NOJIRI. Model and full scale evaluation of a propeller boss cap fins device fitted to an aframax tanker, Año 2011
- HEIKIKI HANSEN, MALTE FREUND. Assistance Tools for Operational Fuel Efficiency, Año 2010
- UWE HOLLENBACH, JURGEN FRIECH Efficient hull forms - what can be gained?, Año 2007
- “Green Ship Magazine”, Año 2009
- DIRK LEHMANN. Improved propulsion with tuned rudder systems, Año 2007
- GL ACADEMY LIMA. Seminario Fuel Saving. Año 2010.
- KARSTEN HOCHKIRCH, VOLKER BERTRAN. Options for fuel saving for ships, Año 2010
- WARTSILA. Efficiency rudder, Año 2004.
- Mewis, F.; Hollenbach, U. “Special Measures for Improving Propulsive Efficiency”, HSVA NewsWave. Año 2006.

ANEXOS

ANEXO N°1

Combustibles Marinos en uso	
Tipo	Descripción
MGO (Marine Gas Oil)	Gruesamente equivalente al combustible N°2 hecho de destilado solamente
MDO (Marine Diésel Oil)	Mezcla de gasoil y combustible pesado
IFO (Intermediate Fuel Oil)	Mezcla de gasoil y combustible pesado (menos gasoil que MDO)
MFO (Medium Fuel Oil)	Mezcla de gasoil y combustible pesado (Aun menos gasoil que IFO)
HFO (Heavy Fuel Oil)	(Casi) Puro combustible residual equivalente a N°6

ANEXO N°2

Combustibles Comunes	
Tipo	Descripción
IFO 380	Combustible intermedio con viscosidad ≤ 380 cSt
IFO 180	Combustible intermedio con viscosidad ≤ 180 cSt
LS 380	IFO de bajo sulfuro (<1.5%) con viscosidad ≤ 380 cSt
LS 180	IFO de bajo sulfuro (<1.5%) con viscosidad ≤ 180 cSt
MDO	Marine Diesel Oil < 30 cSt en 50 °C
MGO	Marine Gas Oil < 6cSt en 40 °C

ANEXO N°3

Parámetro	Unidades	Métodos de Prueba		Limites	Gasóleo	Destillate	Mezcla
		Referencia				Diésel	Diésel
		ASTM	ISO			DMA	DMB
Densidad @ 15°C	Kg / m3	D1298	3645 12185	Max	890	900	920
Viscosidad @ 50°C	centistrokes	D445	3104	Max	6	11	14
Cetano contenido	Número	D976	5165		40	35	N.R.
Residuo de Carbón	% m / m	D4530	10370	Max	0.3	0.3	2.5
Punto de Inflamación	°C	D93	2719	Min	60	60	60
Agua	% v / v	D95	3733	Max	0.1	0.3	0.3
Sedimento	% m / m	D473	3735	Max	0.01	0.07	N.R.
Ceniza	% m / m	D482	6245	Max	0.01	0.01	0.05
Azufre	% m / m	D4294	8754	Max	1.5	1.5	2
Punto de Flujo	°C	D97	3016	Max	0	6	6
Sedimento Total	% m / m	D4870	10307-1	Max	N.R.	N.R.	0.1
Vanadio	mg / kg	-	-	Max	N.R.	N.R.	100
Silicio de Aluminio	mg / kg	D5184	10478	Max	N.R.	N.R.	25
Acidez	% m / m	D664	-	Max	0.5	0.5	3

ANEXO N°4

IFO 180

FÓRMULA	: Mezcla de hidrocarburos.
APARIENCIA, COLOR, OLOR	: Líquido viscoso, color marrón oscuro a negro y olor característico.
GRAVEDAD ESPECÍFICA 15.6/15.6°C	: 0.991 máx.
VISCOSIDAD CINEMÁTICA A 50°C, cSt	: 173 – 180
PUNTO DE INFLAMACIÓN, °C	: 60 mín.
LÍMITES DE INFLAMABILIDAD, % vol. en aire	: De 0.5 a 5.0 aprox.
PUNTO DE AUTOIGNICIÓN, °C	: >300
SOLUBILIDAD EN AGUA	: Insignificante
FAMILIA QUÍMICA	: Hidrocarburos (Derivado de petróleo).
COMPOSICIÓN	: Mezcla de hidrocarburos en el rango aprox. de C12 a C50

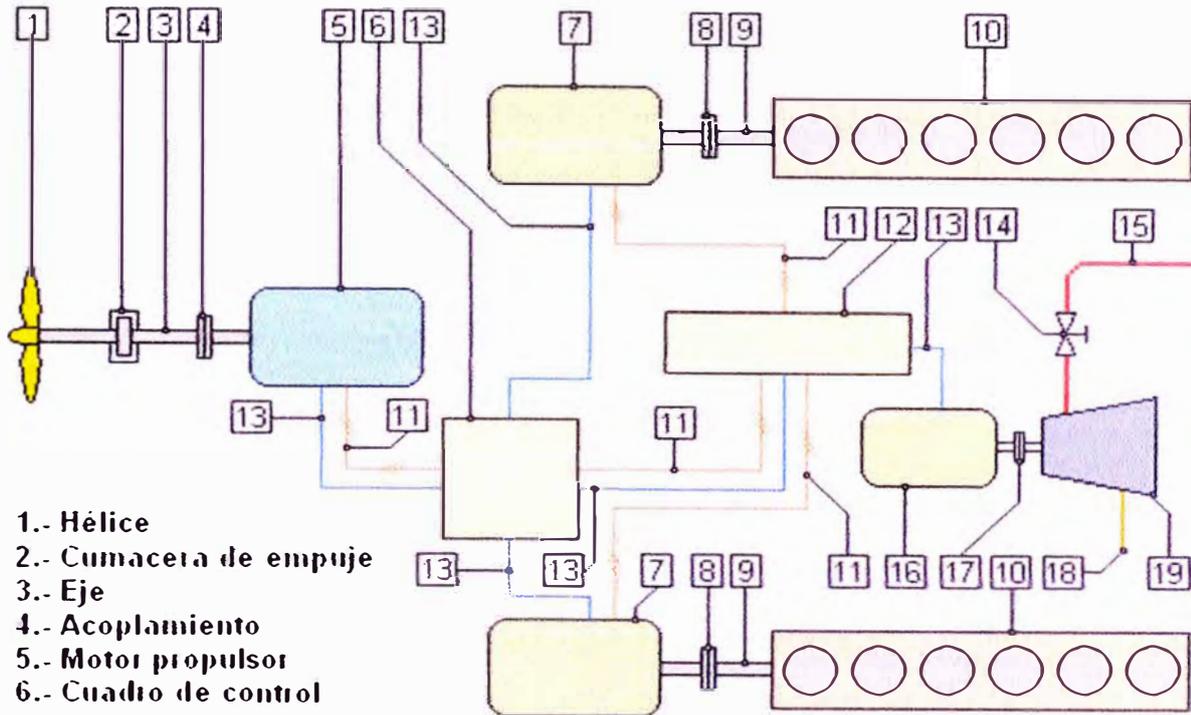
ANEXO N°6

IFO 380

FÓRMULA	: Mezcla de hidrocarburos.
APARIENCIA, COLOR, OLOR	: Líquido viscoso, color marrón oscuro a negro y olor característico.
GRAVEDAD ESPECÍFICA 15.6/15.6°C	: 0.991 máx.
VISCOSIDAD CINEMÁTICA A 50°C, cSt	: 365 – 380
PUNTO DE INFLAMACIÓN, °C	: 60 mín.
LÍMITES DE INFLAMABILIDAD, % vol. en aire	: De 0.5 a 5.0 aprox.
PUNTO DE AUTOIGNICIÓN, °C	: >300
SOLUBILIDAD EN AGUA	: Insignificante
FAMILIA QUÍMICA	: Hidrocarburos (Derivado de petróleo).
COMPOSICIÓN	: Mezcla de hidrocarburos en el rango aprox. de C12 a C50

ANEXO N°7

Propulsión Diesel eléctrica



- 1.- Hélice
- 2.- Cumacera de empuje
- 3.- Eje
- 4.- Acoplamiento
- 5.- Motor propulsor
- 6.- Cuadro de control
- 7.- Generadores principales
- 8.- Acoplamiento generadores
- 9.- Ejes de generadores
- 10.- Motores Diesel
- 11.- Línea trifásica para alimentación del motor propulsor
- 12.- Cuadro general principal
- 13.- Línea de excitación de generadores y motor
- 14.- Válvula para apertura, cierre y regulación de vapor hacia la turbina auxiliar
- 15.- Línea de vapor procedente del colector de vapor de calderas
- 16.- Generador auxiliar para la corriente de excitación
- 17.- Acoplamiento entre turbina auxiliar y generador auxiliar
- 18.- Salida de vapor hacia el condensador
- 19.- Turbina auxiliar



MULTIOBRECH E.I.R.L.
Servicio de montaje y alineamiento de
equipos industriales

Jr Los Heroes N°182
Chimbote, Peru
Nextel 147*4152
Multiobrech@gmail.com

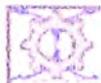
PRESUPUESTO N° 039/2013

ACTIVIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (US\$)	PRECIO PARCIAL (US\$)
Desmontaje, ensamble y montaje de hélice Grimm	1	9,000.00	9,000.00
Desmontaje, ensamble y montaje de hélice CL I	1	9,000.00	9,000.00
TOTAL			18,000.00

Notas

- El precio está en soles.
- No se incluye IGV.

ANEXO N°9



CONDOMINIO TURISMO PLAYA CAJON DE ORO S.A. S.R.L. C.R. 20091588171
EDIFICIO "CANTON" PUEBLO DE LA UNIÓN, CANTÓN DE LA UNIÓN, PROV. DE
GUAYAS, ECUADOR

PRESUPUESTO N° 057/2013

Señor:

YONATHAN PUJAY FAUSTINO

Presente:

De mi especial consideración:

Es grato dirigirme a Ud. para saludarlo muy cordialmente y al mismo tiempo hacere llegar el presupuesto solicitado por la FABRICACIÓN, INSTALACION Y PINTURA DE 01 TIMON 01 BULBO DE POPA TIPO COSTA, PALAS ESTATICAS PRE GIRO, PALAS ESTATICAS POST-GIRO, PERFILES POST-GIRO, PERFILES PRE-GIRO, de la misma manera aquí alcanzo unas especificaciones:

ALCANCE

- Suministro de materiales para la fabricación.
- Fabricación de acuerdo a planos.
- Instalación y montaje.
- Alineamiento de aletas o palas.
- Pintado de estructuras fabricadas.
- Se considera 45 días para la fabricación de todo.

ACLARACIONES

- No se incluyen trabajos electricos.
- No se considera trabajos hidraulicos.
- El alineamiento se hará con procedimiento SIMA.
- Se utilizara teodolito y nivel optico para el alineamiento.
- No se considera pintura para retoques.
- No se considera diseño.

ANEXO N°10

4. SHIP'S PARTICULARS

The following is a description of the vessel and her main particulars as extracted from various plans and documents on board and/or supplied by the vessel's Master/Chief Engineer.

Vessel's name	CAPRICORNIO GAS	
Previous names	FORTUNATO	
Port of Registry	CALLAO	
Flag	PERUVIAN	
Official No	CO 29850 MM	
IMO No.	8011043	
Call Sign	CA 4559	
Built	1983	
Builder	KOKHI JUKO LTD - EHIME JAPAN.	
Classification Society	BUREAU VERITAS	
Owners	TRANSPORTADORA DE HIDROCARBUROS DEL PERU S.A.C.	
Managing Operators	TRANSGAS SHIPPING LINES	
Gross Tonnage	3851	
Nett Tonnage	1098	
Ships Type	GAS TANKER	
Length overall	100.5 m	
Length between perpendiculars	93.03 m	
Breadth (moulded)	18.40 m	
Depth (moulded)	7.0 m	
Draught (summer)	5.514 m	
Freeboard (summer)	1.53 m	
Deadweight	3911.93 MT	
Lightship	2439.06 T	
Displacement (summer)	6250.2 MT	
Permissible Container Stack weights and/or Deck Strengths	-	-
No. of cargo compartments/hatches	04	
Weatherdeck hatch covers (type and operating mechanism)	N.A.	
Hatch opening dimensions	N.A.	
Cargo Gear (type/SWL)	N.A.	

ANEXO N°8



GLANDER

International Inc.

Established 1961

ISO 8217:2005 Marine Fuel Specifications

*Requirements for Marine Distillate Fuels

Characteristic	Limit	Category, ISO-F				Test method reference
		DMX	DMA	DMB	DMC (a)	
Density at 15°C kg/m ³	max	---	890	900	920	ISO 3675 or ISO 12185 (see also 7.1)
Viscosity at 40°C mm ² /s (b)	min	1.40	1.50	---	---	ISO 3104 ISO 3104
	max	5.50	6.00	11.00	14.00	
Flash point, °C	min	---	60	60	60	ISO 2719 (see also 7.2)
	min	43	---	---	---	
Pour point (upper), °C (c) – Winter quality	max	---	-6	0	0	ISO 3016 ISO 3016
	max	---	0	6	6	
Cloud point, °C	max	-16 (d)	---	---	---	ISO 3015
Sulfur % (m/m)	max	1.00	1.50	2.00 (e)	2.00 (e)	ISO 8754 or ISO 14596 (see also 7.3)
Cetane index	min	45	40	35	---	ISO 4264
Carbon residue on 10% (V/V) distillation bottoms, % (m/m) Carbon residue, % (m/m)	max	0.30	0.30	---	---	ISO 10370 ISO 10370
	max	---	---	0.30	2.50	
Ash, % (V/V)	max	0.01	0.01	0.01	0.05	ISO 6245
Appearance	---	Clear and bright		(f)	---	See 7.4 and 7.5
Total sediment, existent % (m/m)	max	---	---	0.10 (f)	0.10	ISO 10307-1 (see 7.5)
Water, % (V/V)	max	---	---	0.30 (f)	0.30	ISO 3733
Vanadium, mg/kg	max	---	---	---	100	ISO 14597 or IP 501 or IP 470 (see 7.8)
Aluminum plus silicon, mg/kg	max	---	---	---	25	ISO 10478 or IP 501 or IP 470 (see 7.9)
Used lubricating oil (ULO), mg/kg					The fuel shall be free of UL(g)	
	-Zinc	max	---	---	15	IP 501 or IP 470 (see 7.7)
	-Phosphorous	max	---	---	15	IP 501 or IP 500 (see 7.7)
-Calcium	max	---	---	30	IP 501 or IP 470 (see 7.7)	

(a) Note that although predominantly consisting of distillate fuel, the residual oil proportion can be significant.

(b) 1mm²/s = 1CST.

(c) Purchasers should ensure that this pour point is suitable for the equipment on board, especially if the vessel is operating in both Northern and Southern hemispheres.

(d) This fuel is suitable for use without heating at ambient temperatures down to -16 °C.

(e) A sulfur limit of 1.5 % (m/m) will apply in SO_x emission control areas designated by the International Maritime Organization, when its relevant protocol comes into force. There may be local variations.

(f) If the sample is clear and with no visible sediment or water, the total sediment existent and water tests shall not be required. See 7.4 and 7.5.

(g) A fuel shall be considered to be free of ULO if one or more of the elements zinc, phosphorus and calcium are below or at the specified limits. All three elements shall exceed the same limits before a fuel shall be deemed to contain ULO.



MULTIOBRECH E.I.R.L.
Servicio de montaje y alineamiento de
equipos industriales.

Jr. Los Heroes N°188
Chimbote, Perú.
Nextel 147*4152
Multiobrech@gmail.com

PRESUPUESTO N° 039/2013

Señor:

ING. YONATHAN PUJAY

Presente:

De mi especial consideración;

Es grato dirigirme a Ud. para saludarlo muy cordialmente y al mismo tiempo hacerle llegar el presupuesto solicitado por EL SERVICIO DE DESMONTAJE, ENSAMBLE, MONTAJE Y ALINEAMIENTO DE HELICE CLT Y HELICE DE GRMM, de la misma manera aquí paso unas especificaciones y alcance:

- Desmontaje de hélice actual.
- Ensamble de la hélice.
- Montaje de hélice.
- Alineamiento del sistema de propulsión.
- El trabajo se Ejecutará en 10 días hábiles.

ACLARACIONES

- Solo incluye servicio de montaje no maquinado.