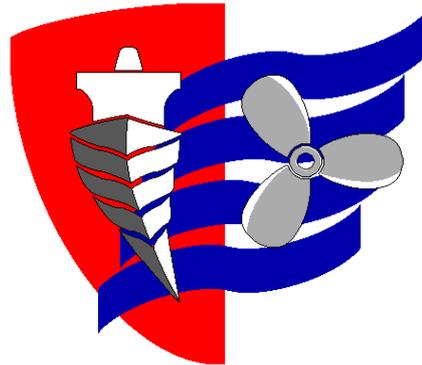


ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Trabajo Fin de Grado

**ESTUDIO TECNICO DE LA VIABILIDAD DE
LA RENOVACION DEL SISTEMA DE
PROPULSION DE UNA EMBARCACION**

**TECHNICAL STUDY OF THE FEASIBILITY OF
RENEWING OF THE PROPULSION SYSTEM
OF A VESSEL**

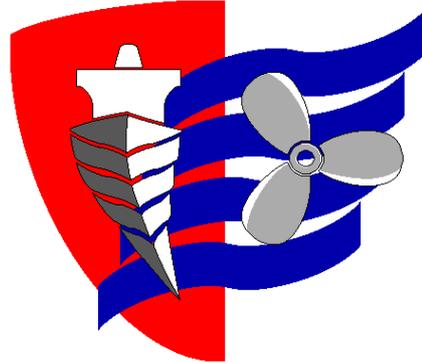
Para acceder al Título de Grado en
INGENIERÍA MARINA

Autor: Dña. María Ruiz Pereda
Director: Dr. Manuel Alfredo Girón Portilla

Diciembre – 2023

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Trabajo Fin de Grado

**ESTUDIO TECNICO DE LA VIABILIDAD DE
LA RENOVACION DEL SISTEMA DE
PROPULSION DE UNA EMBARCACION**

**TECHNICAL STUDY OF THE FEASIBILITY
OF RENEWING THE PROPULSION
SYSTEM OF A VESSEL**

Para acceder al Título de Grado en
INGENIERIA MARINA

Diciembre – 2023

AVISO DE RESPONSABILIDAD

Este documento es el resultado del Trabajo de Fin de G r a d o de un alumno, siendo su autor responsable de su contenido.

Se trata por tanto de un trabajo académico que puede contener errores detectados por el tribunal y que pueden no haber sido corregidos por el autor en la presente edición.

Debido a dicha orientación académica no debe hacerse un uso profesional de su contenido.

Este tipo de trabajos, junto con su defensa, pueden haber obtenido una nota que oscila entre 5 y 10 puntos, por lo que la calidad y el número de errores que puedan contener difieren en gran medida entre unos trabajos y otros.

La Universidad de Cantabria, la Escuela Técnica Superior de Náutica, los miembros del Tribunal de Trabajos Fin de G r a d o así como el profesor/a director no son responsables del contenido último de este Trabajo.

INDICE

RESUMEN	6
PALABRAS CLAVE.....	6
ABSTRACT	7
KEY WORDS	7
SIGLAS Y ACRONIMOS.....	8
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	10
1.1. INTRODUCCION.	11
1.1.1. <i>Proceso de detección, identificación y localización de la avería..</i>	<i>11</i>
1.1.2. <i>Motivos y causas a las que se atribuye la avería en cigüeñal que presenta este motor.</i>	<i>16</i>
1.2. PRIMER CASO: ANTICIPACIÓN Y PREVISIÓN DE CAMBIO DE MOTOR.	18
1.3. SEGUNDO CASO: NO DISPONIBILIDAD DEL EQUIPO DE RECAMBIO.	19
1.3.1. <i>Problemas e inconvenientes derivados de no disponer de un motor adecuado para el buque.</i>	<i>23</i>
1.3.2. <i>Diferencias principales dimensionales del equipo motor.....</i>	<i>25</i>
1.3.3. <i>Obras motivadas por modificación en los conductos de escape.</i>	<i>26</i>
1.3.4. <i>Variaciones dimensionales en los circuitos.....</i>	<i>29</i>
2. OBJETIVOS Y METODOLOGIA.....	32
2.1. OBJETIVOS.	33
2.2. METODOLOGIA.	36
3. DESARROLLO.....	44
3.1. RESEÑA HISTÓRICA DE LA PROPULSIÓN EN EL ÁMBITO NAVAL.	45
3.1.1. <i>Introducción del vapor en la navegación.....</i>	<i>46</i>
3.1.2. <i>Evolución de la máquina de vapor.</i>	<i>48</i>
3.1.3. <i>Motores de combustión interna. Constructiva del motor.</i>	<i>49</i>

3.1.4. Combustibles utilizados en la actualidad.	54
3.1.5. El mantenimiento en el sector naval.	54
3.1.6. El mantenimiento en la flota pesquera.	56
3.2. DESCRIPCION DE LA OBRA.	58
3.2.1. Motor propulsor.	58
3.2.2. Servicios acoplados, Desmontaje y Montaje.	64
3.2.3. Línea de ejes. (Cálculo de diámetro, Esfuerzos).	75
3.2.4. Reductora. (Tipos, Selección).	81
3.2.5. Hélice (Tipos y Selección, Ajuste).	85
4. PRESUPUESTO.	97
4.1. INTRODUCCION.	98
4.2. CAMBIO DEL MOTOR.	100
4.2.1. Motor nuevo. Guascor SF 240 TA.	100
4.2.2. Motor reacondicionado. Mitsubishi S6R2 T2MPTK.	105
4.3. CAMBIO DE TUBERIAS/ LINEAS.	113
4.3.1. Elementos de tuberías y líneas de renovación/modificación.	114
4.4. TRABAJOS DE VERIFICACIÓN Y PUESTA A PUNTO DEL SISTEMA DE EJE DE PROPULSIÓN.	121
4.5. TRABAJOS REALIZADOS EN LA HÉLICE.	126
ANEXOS.	128
CONCLUSIONES.	134
BIBLIOGRAFIA.	138

RESUMEN

Este Trabajo de Fin de Grado se centrará en el estudio del proceso completo de renovación del motor y sus elementos (acoplados) instalados en la línea de propulsión del buque.

Se procederá a la sustitución del motor principal por otra unidad similar o equivalente de mayor eficiencia y mejores prestaciones tanto de potencia, como de control y el cumplimiento de las condiciones medioambientales. El cambio se orientará en la revisión y sustitución de los componentes y elementos que se requiera de “línea de ejes” y la “hélice de propulsión”. Todos los trabajos por realizar se ven detallados en este Trabajo de Fin de Grado incluyendo el coste económico de los mismos.

Mediante la comparativa económica y los trabajos desarrollados llegaremos a unas conclusiones, de estas la de optar por la elección más ventajosa aun siendo el coste elevado, pero nos garantizará un correcto y adecuado funcionamiento con la seguridad de evitar problemas mayores en el futuro.

PALABRAS CLAVE

Coste, Motor, Propulsión, Reacondicionado, Renovación, Sustitución.

ABSTRACT

This final degree project will focus on the study of the complete renewal process of the engine and its elements (coupled) installed in the ship's propulsion line.

The main engine will be replaced with another similar or equivalent unit with greater efficiency and better performance in terms of power, control and compliance with environmental conditions. the change will be oriented towards the review and replacement of the components and elements required for the "axle line" and the "propulsion propeller". All the work to be done is detailed in this final degree project, including its economic cost.

Through the economic comparison and the work carried out we will reach some conclusions, including opting for the most advantageous choice even though the cost is high, but it will guarantee correct and adequate operation with the certainty of avoiding major problems in the future.

KEY WORDS

Cost, Engine, Propulsion, Reconditioned, Renewal, Replacement.

SIGLAS Y ACRONIMOS

Las siglas y acrónimos marcados con un asterisco (*) es que proceden de términos en inglés.

A/D: Agua Dulce.

A/S: Agua Salada.

CC: Centímetros Cúbicos.

CDG: Centro De Gravedad.

CLT*: Hélice Contraída Punta Cargada

CPP*: Hélice de Paso Controlable.

CRP*: Hélice Contra Rotativa.

CV: Caballos de Vapor.

FPP*: Hélice de Paso fijo.

HP*: Caballos de Fuerza.

Kg: Kilos.

Mm: Milímetros.

M/P: Motor Principal.

OMI: Organización Marítima Internacional.

R.P.M.: Revoluciones Por Minuto.

T.P.M.: Mantenimiento Productivo Total.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

1.1. INTRODUCCION.

El presente Trabajo de Fin de Grado se enfoca en el campo del mantenimiento, llevado a cabo como consecuencia de la avería sufrida en el motor propulsor de un buque dedicado a la actividad pesquera. Para poder analizar el problema en primer lugar debemos tener en cuenta que cuando se produce una avería de este tipo en el motor de un buque de estas características (en nuestro caso buque pesquero) la actividad extractiva se paraliza de forma inmediata, por tanto, la empresa se ve inmersa en una serie de cuestiones y situaciones complejas debiendo adoptar decisiones importantes para facilitar la instalación de una nueva unidad de motor, en el menor tiempo posible, para así poder continuar con la operación pesquera del buque.

1.1.1. Proceso de detección, identificación y localización de la avería.

La avería se ha producido en el buque durante las tareas de explotación pesquera, esta avería ha sido muy difícil de localizar e interpretar tanto para el personal del propio buque como para el conjunto de técnicos que han asistido al buque en puerto.

La manifestación de la avería se ha producido por el paulatino y prolongado mal funcionamiento del motor principal del buque, presentando éste fallos en operación que se plasmaban como fallos individuales en la operación de algunos de los cilindros integrantes del motor, en este caso se trata de un motor de seis cilindros en línea.

Durante la navegación al notar los tripulantes de máquinas fallos en el ritmo y en el proceso de entrada en carga del motor (fallos en operación) han terminado por convencer al patrón para la entrada del buque en el puerto más cercano.

Las intervenciones del taller han consistido inicialmente en revisar el sistema de combustible, comprobando la posibilidad de obstrucción de filtros o alguna otra anomalía relativa a la calidad del gasoil también se ha planteado el proceso de fallo, como la posibilidad de contaminación de este con agua o el exceso de suciedad que hubiera podido dañar o bien obstruir el sistema del circuito de combustible de alimentación del motor.

Se han realizado pruebas de operación en puerto con el barco amarrado a muelle, debemos tener en cuenta que el barco ha llegado a puerto por sus propios medios a pesar del fallo que presentaba el motor en su funcionamiento, se han sacado los inyectores y comprobado las seis unidades montadas a bordo en el motor, verificando que se encontraban en perfecto estado, seguidamente se ha verificado el calaje y el sistema de acoplamiento de arrastre y puesta a punto de la bomba de inyección, comprobándose que este componente estaba posicionado correctamente. Una vez cambiados los filtros de combustible, verificada la alimentación de combustible y cebado el circuito se ha procedido al arranque del motor en puerto, el motor presenta un arranque satisfactorio adquiriendo las revoluciones nominales de ralentí y manteniendo las mismas, con pequeñas variaciones, durante el arranque no se han apreciado ruidos extraños en el funcionamiento del motor, inicialmente se manifiestan unas pequeñas vibraciones en el ritmo de operación del motor pero no se les atribuye excesiva importancia, en las actuaciones iniciales de verificación.

Durante este proceso de verificación realizado en puerto y en vista de que las anomalías en el funcionamiento no eran relevantes se decide salir a navegar por parte del patrón del buque se prepara la maniobra para salir nuevamente a faenar y continuar las labores de pesca, el barco parte normalmente a la mar para iniciar su travesía hacia el caladero de pesca.

Transcurrido un tiempo de aproximadamente una hora el buque comunica a tierra que vuelve a puerto debido a que las anomalías detectadas se repiten e incluso parece que han aumentado.

El buque regresa a puerto a poca máquina por sus propios medios atracando finalmente en el puerto para ser nuevamente asistido por personal técnico del taller reparador.

Se decide dado que los elementos auxiliares principales relacionados con el combustible de alimentación, inyectores y bomba están en estado correcto se procede a realizar una inspección de los trenes alternativos a través de las tapas de registro del cárter, durante estas tareas de inspección inicialmente no se detectan elementos recalentados en los cojinetes de cabeza de biela y tampoco se aprecian a simple vista defectos en las propias bielas, las partes visibles de los apoyos de bancada son observadas detenidamente, no apreciando deformaciones ni defectos en los bordes de cojinetes ni observándose signo de recalentamiento alguno. Mediante inspección boroscópica a través de los orificios de alojamiento de los inyectores se verifica que no se aprecian defectos en forma de rayaduras en las camisas ni defectos apreciables en válvulas ni en las cabezas de los pistones.

A través de las tapas del cárter en el motor y mediante inspección visual, previamente virado el motor se verifican las camisas de bloque como se aprecia en la ilustración uno, en la longitud correspondiente a su parte baja y faldillas, observándose que estas superficies no presentan defectos dignos de mencionar.

Ilustración 1: Inspección interior del motor.



Fuente: Aportación propia.

Después de realizadas todas estas verificaciones se comprueba que durante la realización de estas tareas y a través de uno de los registros se observa lo que parece ser un pequeño desplazamiento en giro anormal del cigüeñal del motor, observando este defecto más detenidamente y durante las maniobras de virado se detecta finalmente con claridad y certeza que una parte del cigüeñal permanece estática mientras que la contigua realiza su giro acompañando la parte opuesta al proceso de giro pero con un cierto retardo, este hecho inusual permite finalmente verificar que el cigüeñal tiene una fisura transversal que va desde la parte alta de uno de los radios de este con la pala y con el contrapeso, presentando esta fisura una disposición transversal de rotura.

Una vez detectada esta cuestión e identificada con precisión la avería que presenta el cigüeñal, se concluye que la rotura es de carácter grave y el daño que presenta el motor en el elemento principal es de carácter grave, invalidando el motor para continuar operando.

La dificultad, complejidad y tipología de avería sufrida por el cigüeñal de este motor, ha motivado la dificultad de localización de esta, debido que, al ser la fisura transversal en sentido descendente, desde el radio superior de la muñequilla y trasladarse angularmente hacia la pala y de esta desplazarse hacia el contrapeso, el cigüeñal giraba arrastrando una parte a la otra.

Este detalle permitía que el motor realizase la fase de arranque con normalidad e incluso la fase de operación, de manera que inicialmente cuando la fisura se acababa de producir las superficies no estaban muy erosionadas por el choque de ambas superficies, sin embargo, a medida que aumentaba en estas condiciones el tiempo de rodaje del motor, el arrastre y consecuente choque de las superficies aumentaba la erosión de los puntos de contacto, pero de forma muy lenta y progresiva.

Si la rotura se hubiera producido más limpia y mucho más transversal, las superficies se habrían erosionado rápidamente y el motor habría presentado un fallo total al des coordinarse por falta de sincronismo en el arrastre de una zona rota respecto a la otra, el fallo habría sido tan evidente, que el motor con toda seguridad se habría parado, aproximadamente consideramos que dadas las características de la rotura (FISURA TRANVERSAL COMPLETA), el cigüeñal de este motor aún en estado de fisuración completa, al estar contenido en los tabiques de bloque, mantener los empujes y con el sistema de trenes alternativos acoplados se estaría desfasando aproximadamente unos dos grados máximo, en su cota de posicionamiento angular lo que implica que las condiciones de arranque y rodaje en vacío y en carga se mantenían, presentando apreciables fallos relevantes en su operación.

La peculiaridad más curiosa que ha dificultado la tarea de identificación de la avería ha sido motivada por la circunstancia que el pequeño desfase angular, el arranque y rodaje inicial del motor a bajas revoluciones y sin carga era aparentemente normales, no manifestándose irregularidades de funcionamiento hasta que el equipo motor no entraba en carga normal.

Las cuestiones y razonamientos anteriores planteados han sido corroborados a posteriori, cuando el motor ha sido extraído del buque y desmontado en taller.

Una vez en el taller se ha podido verificar y confirmar que el daño era como se había apreciado inicialmente muy grave y al mismo tiempo se ha podido verificar con mucha exactitud las condiciones de rotura del cigüeñal, pudiéndose apreciar en la ilustración dos dicha rotura, que ha propiciado que la localización e identificación de la avería haya resultado tan difícil.

Ilustración 2: Rotura del cigüeñal.



Fuente: Aportación propia.

1.1.2. Motivos y causas a las que se atribuye la avería en cigüeñal que presenta este motor.

El principal motivo por el cual se ha producido la rotura del cigüeñal es la deficiencia en el mantenimiento aplicado en la embarcación, después de haber verificado mediante facturación que el motor no ha sido sometido a mantenimiento en los plazos y periodos establecidos por el fabricante.

Se ha comprobado que los periodos de mantenimiento aplicados al motor en relación a las labores de mantenimiento detalladas en el manual han sido sobrepasados, extendiéndose en exceso y en algunos casos retrasándose labores de mantenimiento esenciales, tales como periodicidad de los cambios de aceite dentro de las horas de operación establecidas, revisión de los elementos de inyección de forma periódica y diversos procesos de verificación y control de los elementos periféricos como equipos de refrigeración, calidad

del gasoil de consumo del motor y ausencia total de análisis de aceite con carácter preventivo.

Todos estos defectos que muchas veces se manifiestan de manera especial y frecuente en sectores como el de embarcaciones deportivas, embarcaciones pesquera y buques de servicio portuario, cabotaje evidentemente también en marina mercante, dan como resultado averías catastróficas con resultado de daños de gravedad en los equipos.

Por otro lado es frecuente que en determinados sectores se respete la norma de mantener los motores en un grado de carga cercano al 80%-85% de potencia, por el contrario es frecuente que en algunos sectores se opere con los equipos motores a niveles de carga muy alto durante largos periodos de tiempo, lo que somete al motor a unas condiciones de temperaturas elevadas de escape, provocando la aparición de sobrecalentamientos que dañan paulatinamente las cámaras de combustión y someten a los componentes mecánicos a esfuerzos anormales durante largos periodos de tiempo.

Otro de los problemas, en algunos sectores de embarcaciones es la adecuación requerida por el motor, para aguantar satisfactoriamente las condiciones de trabajo extremas exigidas por el patrón o capitán del buque, encontrando casos en los que el buque equipa motores que no están fabricados para operar de forma segura y satisfactoria en los márgenes de potencia y revoluciones en los que posteriormente a su instalación se les exige para operar.

Como se podrá deducir de la descripción de la avería sufrida por este motor la única opción posible de reparación es la sustitución por otra unidad propulsora igual o equivalente.

Para realizar un análisis del problema planteado se puede partir de dos situaciones completamente diferentes: ANTICIPACIÓN Y PREVISIÓN DE

CAMBIO DE MOTOR o bien como ha sido el caso que vamos a tratar PARADA IMPREVISTA POR AVERÍA.

1.2. PRIMER CASO: ANTICIPACIÓN Y PREVISIÓN DE CAMBIO DE MOTOR.

Es razonable y deseable que el cambio de motor se deba llevar a cabo con anticipación y previsión, determinados aspectos muy importantes como son: la elección, adquisición y la compra del motor se deberán llevar a cabo con la suficiente antelación, se podrá prever la obra de sustitución haciendo coincidir esta tarea, con las fechas en las que esté prevista la parada programada de mantenimiento del buque o en cualquier caso se podrá hacer coincidir esta parada con alguno de los periodos de cese de actividad del buque, motivada por la Parada Biológica establecida por la legislación o bien la parada de mantenimiento de carena programada.

Si la anticipación se produce y la previsión es posible, se podrá elegir en el mercado la mejor opción de propulsor, para la sustitución del montado a bordo, de manera que el abanico de posibilidades es mucho mayor, incluso se puede optar por la elección de un modelo de motor diferente, posiblemente de diferente modelo y marca que el montado a bordo.

En algunas unidades de flota pesquera en las que la previsión del montaje del equipamiento de a bordo se ha llevado a cabo de una forma muy sensata y en los casos de flotas de buques prácticamente idénticos, cabe la posibilidad de que las unidades de motor de los diferentes buques monten motores iguales, en estos casos, esta lógica previsión para mantener la operatividad de los buques al máximo, hay armadores que disponen de motores de repuesto reacondicionados, de manera que la avería, si es que surge de manera imprevista, se soluciona con la sustitución del motor averiado por otro

idéntico de las mismas características ya reparado. Esto sería la solución ideal para afrontar el problema de avería catastrófica planteado.

Otra variante de este caso descrito es el caso de armadores que, para garantizar su operatividad, disponen de un motor nuevo de repuesto, para así afrontar cualquier imprevisto que se les pueda plantear en su flota, durante el periodo de actividad pesquera previsto. Este planteamiento puede ser válido en el caso de motores de tamaño pequeño o medio, como los que se montan en las flotas de cerco, palangre, pincho, artes menores, etc., pero es inviable para buques pesqueros de gran porte del tipo de atuneros y mucho menos en buques mercantes y grandes instalaciones industriales.

1.3. SEGUNDO CASO: NO DISPONIBILIDAD DEL EQUIPO DE RECAMBIO.

En el segundo caso, es posible y de hecho es frecuente en la actualidad que los Servicios Técnicos a través de sus Fabricantes, no sean capaces de localizar un motor o una pieza concreta y pasen a su cliente un plazo de entrega, que en muchos casos es de meses, pudiéndose llegar fácilmente a retrasos en el plazo de entrega de 6 meses e incluso más tiempo.

Precisamente este ha sido el caso que nos ocupa en este trabajo de Fin de Grado, el plazo de entrega de un nuevo motor era inviable para el armador y ha debido de tomar la decisión de buscar una nueva unidad de motor, de diferente modelo y marca del original del montado a bordo.

Para llegar a tomar esta decisión han debido de sopesarse una serie de cuestiones de vital importancia, tales como la posibilidad de reparación del motor actual, en este caso la avería se ha producido en el elemento más importante y vital del motor, que es en el cigüeñal, debido a la rotura de este, esta rotura provoca una enorme incertidumbre en el momento de afrontar la reparación del buque.

A la vista de la gravedad de la avería se hace necesaria una evaluación certera y precisa del alcance de los daños sufridos por el motor, esta cuestión que conlleva necesariamente el trabajo de desmontaje e inspección minuciosa, acompañada de medición exhaustiva de los elementos integrantes del equipo, de manera que se requiere de una Asistencia Técnica reparadora, para llevar a cabo los trabajos de desmontaje, así como un personal especializado en la evaluación y alcance, en concreto en la medición del bloque motor, para verificar su estado.

La cuestión anterior implica un periodo de incertidumbre en lo que a toma de decisiones se refiere, unido esto a la generación de un coste económico de evaluación que ha debido de hacerse al motor en cuestión para determinar el verdadero alcance de la avería y cuantificar el correspondiente coste estimado de la reparación.

Efectivamente, durante un proceso de colapso de cigüeñal, que como ha sido el caso se produce como consecuencia de fallo en los cojinetes de bancada del mismo, el cigüeñal del motor se ve sometido a unos esfuerzos de flexión anormales que provocan la aparición de fenómenos de fatiga, que terminan siempre en fallo grave, desencadenando el proceso de rotura del cigüeñal o cuando menos conlleva el deterioro grave en los propios cojinetes ilustración tres, con una fusión del metal antifricción y aparición de fases de abrasión sobre el propio cigüeñal, provocando como mínimo si hay suerte y se detecta a tiempo, lo que se denomina como “agarrada de cojinetes de bancada”.

Ilustración 3: Cojinete dañado.



Fuente aportación propia.

Para terminar de completar esta cuestión debemos indicar que en la mayor parte de los motores de forma generalizada se puede estimar que debido a cualquier alteración que derive en daño o desgaste excesivo de los cojinetes ya sea de muñequilla (zona de cabeza de biela) o bien en bancada (Cojinetes de sustentación del cigüeñal) la avería que sobreviene siempre es considerada como de carácter grave, tratándose del componente principal y muy posiblemente de la zona más sensible de un motor.

Podemos considerar en la práctica que la totalidad de los componentes de un equipo motor como piezas que pueden y de hecho son frecuentemente sustituidas a lo largo de la vida operativa de un motor, pero el cigüeñal, aunque claramente también está considerado como material de recambio, su vida operativa prevista o previsible supera con creces las decenas de miles de horas de operación acumuladas. Resaltar que es frecuente que cualquier pieza de un motor o cualquier órgano interno sea conseguido de recambio o repuesto con cierta facilidad a no ser que sea una pieza descatalogada por motivos de fabricación de pocas unidades (no hay motores suficientes en el mercado que requieran recambio), por cese de actividad del fabricante, siendo estos factores que implican que otros fabricantes (especialistas en recambio) no consideren rentable su fabricación.

Llegados a este punto, quedaría citar que, en algunos casos las piezas de motores cuya adquisición en el mercado, presenten problemas de suministro

del recambio, por los motivos expuestos, ya se trate de piezas originales o refabricadas, pasan a tener un valor excesivo por ser muy demandadas en el mercado de segunda mano. Este ejemplo ha ocurrido y de hecho ocurre en la práctica, en el caso de reparación de algunos equipos motores concretos que presentan este grave contratiempo motivado por las cuestiones anteriormente descritas.

Finalmente para concluir este apartado debemos indicar que cuando la avería tiene el alcance descrito y este es evaluado como daño grave en el cigüeñal, casi con toda seguridad en este tipo de motores relativamente pequeños, pero que desgraciadamente este caso también ocurre igualmente en los motores de gran tamaño, tanto de dos tiempos como de cuatro tiempos, cuando el cigüeñal falla y este haya llegado a la rotura o se trate de un fallo que afecte al sistema de cojinetes de bancada o cojinetes de muñequillas de biela, si esta avería es de alcance grave, tal y como es el caso que estamos considerando, el resultado es que “casi con toda probabilidad el bloque haya resultado afectado” por el exceso de calor generado durante la avería que ha dañado la antifricción, en el caso de que el bloque motor, que precisamente junto con el cigüeñal es la siguiente pieza o componente más valioso en un motor, haya resultado afectada por el calor de fusión del cojinete, lo cual implica casi siempre que deba realizarse una medición de los tabiques de bancada que sustentan el cigüeñal cuando este está suspendido del bloque superior o bien dañando los apoyos inferiores de los cojinetes de bancada cuando el bloque dispone de cárter inferior independiente, siendo esta disposición frecuente en las principales marcas de casas fabricantes de motores en línea de pequeña y especialmente en mediana y alta potencia.

Solamente quedaría indicar que, en el caso de producirse daños en el bloque motor, por cierre en medida de los apoyos en bancada y desencadenando la consiguiente desalineación de la bancada, el daño debe considerarse gravísimo, si es verdad que todo es reparable, pero debe dejarse constancia que esta reparación (labor de verificación y rectificado) de la alineación de la

bancada es una obra de alcance mayor y de gran coste económico, que puede encarecer la reparación.

Incluso estos rectificandos se pueden realizar in situ, hay muy pocos servicios técnicos y talleres que realicen estos trabajos, en muchos casos hay que depender de servicios técnicos fuera de España para realizar esta labor, si bien su alto coste asociado, en determinadas ocasiones es la única opción que tienen los armadores de poder realizar la reparación, hay determinado número de buques, en los que independientemente de su porte y dimensiones, el cambio de motor principal es prácticamente inviable, presentándose en ocasiones casos de reparación o sustitución del equipo motor, en los que los costes asociados de reparación se disparan y de igual modo el suministro de otro motor y su posterior montaje, no es recomendable por su elevado coste.

1.3.1. Problemas e inconvenientes derivados de no disponer de un motor adecuado para el buque.

Si no se dispone del suministro de un motor idéntico al original montado en el buque, para su instalación y no hay disponibilidad de montaje, por tanto, de una unidad nueva y tampoco de un motor reacondicionado idéntico al averiado, se plantean una serie de problemas que se describen a continuación:

Es evidente en este caso, la única opción posible, es proceder a la instalación de un motor de marca y muy posiblemente modelo distinto de otro fabricante y por tanto de distinta potencia e incluso diferente gama de revoluciones al que se encontraba instalado en el buque.

Los fabricantes de motores disponen y de hecho ofertan una serie de opciones, muy diferentes y variadas a la potencia, revoluciones, disposición de los cilindros (en V o en línea) y otras características se refieren, pudiéndose

presentar importantes variaciones de unos motores a otros. Del mismo modo es casi imposible que coincidan exactamente las mismas revoluciones y la misma potencia, en ocasiones las desigualdades operativas son mínimas y no tienen una gran relevancia, pero en otras debe desecharse la adquisición de una determinada marca de motor o modelo distinto del original, por incompatibilidades de este tipo.

En otros muchos casos la elección de un motor diferente al original puede motivar la sustitución o cuando menos la modificación de elementos asociados a la línea de propulsión, como son el equipo reductor y la hélice de propulsión.

Pero existen otros numerosos aspectos que pueden verse afectados por la obligatoria elección de un modelo o tipo de motor diferente al montado en la fase constructiva del buque, siendo otro aspecto muy relevante e importante, que las dimensiones en longitud, altura y ancho del equipo motor se encuentren dentro de unos parámetros determinados, la no igualdad de estas medidas puede acarrear incompatibilidades de los equipos auxiliares, tales como reductoras y equipos acoplados.

En muchos casos estas diferencias motivan incluso la necesidad de variación de los elementos estructurales del buque en sala de máquinas que conforman el basamento sobre el que se asienta el motor, siendo muy frecuente en estos cambios la necesidad de subir o bien bajar los polines de apoyo del motor, debiendo ser objeto estas zonas de trabajos estructurales de soldadura de elementos rigidizadores, como cartabones de refuerzo, platabandas de apoyo, debiendo instalarse elementos resistentes de apoyo, que han debido ser sometidos bien con anterioridad o posterioridad a procesos de nivelación e incluso de mecanizado, para la consecución de unos apoyos estables y en determinada posición, de manera que permitan el taqueado correcto y satisfactorio de apoyo, de las patas o elementos de anclaje del motor en cuestión.

1.3.2. Diferencias principales dimensionales del equipo motor.

La adquisición de un motor procedente de un fabricante distinto del original puede introducir en su montaje una serie de inconvenientes importantes que deberán ser tenidos en cuenta.

Los fabricantes siempre introducen en sus equipos variaciones dimensionales en la práctica totalidad de las dimensiones del motor, aún para equipos de la misma potencia y mismas revoluciones, así como la misma disposición de cilindros, las distancias de los apoyos varían notablemente de unos fabricantes a otros. Esta cuestión debe ser tenida en cuenta siempre siendo esta la que principalmente motiva que a la hora de plantear la sustitución del equipo motor lo más probable es que los armadores opten por la adquisición de un motor igual o equivalente de la misma marca, al original montado en el buque.

En ocasiones cuando se ha variado el proceso de fabricación cada determinado tiempo se introducen pequeñas diferencias que pueden resultar significativas e importantes, siendo este el motivo por el cual para la selección de un equipo motor nuevo deba realizarse una verificación de cotas mediante el análisis de los planos de montaje correspondientes. Es evidente que siempre se podrá asumir alguna variación o esta podrá considerarse admisible, citamos por ejemplo el caso en el que el motor por su disposición constructiva es un poco más alto, en este caso muy posiblemente esta cuestión si hay espacio suficiente en la sala de máquinas no tenga demasiada importancia, si fuera así se podría asumir la variación o modificación de alguno de los tramos de la tubería de escape, además del modificado de alguna tubería ya sea del circuito de agua de compensación, variaciones en venteos atmosféricos y otros circuitos de importancia menor.

Si la variación de cotas de medida es más importante, el resultado a las cuestiones anteriores hay que sumar otros trabajos de modificación y

adaptación que se sumaran a los ya planteados, tal es el caso de variaciones en los tramos finales de los circuitos de entrada y salida a enfriadores de aceite y agua que formen parte de los circuitos auxiliares, además de entradas y descargas del agua de refrigeración que se canaliza a las bombas circuladoras acopladas al motor y los conductos de agua dulce de refrigeración, y otros circuitos tales como llenados de aceite, aire de arranque etc.

Otro factor dimensional a tener en cuenta es que en el nuevo motor ya sea de la misma marca o distinta puede presentar variaciones en la campaña de acople del reductor si este está anclado directamente al motor, en este caso frecuentemente la compatibilidad de acople es casi siempre buena, cuando se trata de la misma marca de motor pero cuando es otro fabricante diferente en ocasiones puede ser necesario el cambio de la campana de acople por incompatibilidad de esta con la reductora/inversora original (cuando se ha previsto aprovechar este equipo ya instalado), en otras ocasiones la adquisición del motor puede ser encargada junto con un equipo reductor nuevo, desapareciendo evidentemente este inconveniente.

1.3.3. Obras motivadas por modificación en los conductos de escape.

La modificación en los conductos de escape suele ser frecuentemente una de las cuestiones que siempre acompañan a la instalación de un nuevo equipo motor, bien motivado por el propio proceso de reparación derivado de la labor propia de sustitución del motor, es necesario casi siempre afrontar procesos de desmontaje y en numerosas ocasiones de modificaciones de diversa importancia, en el conducto de gases de escape.

En determinadas ocasiones y en el caso especial de embarcaciones deportivas y otros tipos de embarcaciones de tamaño relativamente pequeño, debido a las restricciones de falta de espacio en los compartimentos de máquinas, se hace necesaria durante las labores de sustitución de la

maquinaria principal y auxiliar, afrontar la retirada casi siempre parcial de tramos del conducto de escape, puesto que si no es así sería imposible proceder a la extracción del motor.

Estas tareas descritas y los inconvenientes planteados no solamente se presentan exclusivamente en el tipo de embarcaciones descritas, es un hecho evidente que desgraciadamente en buques mercantes en muchas ocasiones se plantean este mismo tipo de inconvenientes, esto es debido a que es muy frecuente y se podría decir que casi solamente en ocasiones aisladas el proceso de diseño, montaje e implantación de los equipos en el compartimento de máquinas se lleva a cabo sin previsión alguna de que los mismos vayan a ser retirados en un determinado momento por necesidades de mantenimiento.

La tendencia actual es no pensar que un equipo deba ser retirado para realizar sobre el mismo tareas de mantenimiento o reacondicionamiento, esto se debe a muchas cuestiones, en primer lugar debe indicarse que la tendencia es acortar la vida útil del equipamiento de maquinaria, de hecho los buques actuales tienen cada vez una expectativa de vida menor, si es verdad que operan en las flotas barcos viejos cuya vida ha sido prolongada por muchas cuestiones, pero la tendencia es acortar cada vez más los plazos de expectativa de vida de un buque.

En lo referente al propio proceso de diseño debe indicarse que la previsión durante el montaje para la realización del mantenimiento posterior es prácticamente nula, de hecho la construcción modular de los buques implica que la maquinaria se instale en naves externas del propio astillero constructor o en naves alejadas del mismo y los módulos ya construidos se trasladen posteriormente al astillero de montaje del buque, con esta forma constructiva se comprende que el fabricante del módulo ha montado los equipos de forma que no han sido introducidos sino que han sido depositados, a través de

medios de elevación que han colocado el equipo en su lugar cuando las estructuras que impedían su manipulación ni siquiera estaban montadas.

Por otro lado es una práctica habitual que durante el diseño no se tenga ningún carácter previsor en este aspecto, muchos equipos de los instalados en los buques cuando deben ser extraídos para mantenimiento o bien sometidos a mantenimiento de gran alcance a bordo, presentan graves problemas de accesibilidad y posibilidad de extracción de componentes, debido precisamente a la falta de previsión de facilitar las tareas de mantenimiento posterior durante su vida operativa, esta cuestión introduce en las tareas de mantenimiento un coste indirecto elevado que deberá ser tenido en cuenta a la hora de realizar el mantenimiento pretendido del equipo.

Una vez planteados estos inconvenientes que desafortunadamente se presentan con excesiva frecuencia en los buques, debemos mencionar nuevamente que el propio cambio de motor introduce casi siempre trabajos de desmontaje de tramos en el conducto de escape, debido a sus características y de manera especial por estar calorifugado, siempre se requieren trabajos de desmontaje tanto del calorifugado, como de los sistemas de anclaje y sistemas de forrado del aislamiento del conducto, estos trabajos deben ser realizados por personal especializado. Frecuentemente deben realizarse modificaciones y como generalmente estos tramos de escape solamente se someten a revisión, en estos casos de avería, resulta frecuente encontrar defectos tanto en el propio calorifugado, como en los sistemas de anclaje de equipos de sustentación, dilatación y de adsorción de vibraciones, silentblock y muelles de sustentación y dilatación. Durante la revisión de conductos de escape es frecuente detectar defectos en forma de grietas y fisuras en los tubos, así como defectos y fugas en materiales de juntas de bridas de acoplamiento de tuberías, y en las propias bridas por defectos de apriete o derivadas de los continuados procesos de dilatación y contracción a los que se ven expuestos estos conductos que producen daños y deterioros en las juntas de estanqueidad.

Se deberá mantener especial atención a las modificaciones del conducto en caso de que estas estén cerca de zonas sensibles a ser afectadas por el calor del propio conducto o la frecuente aparición de fugas que dejen pasar chispas a zonas anexas como cocinas, habitación y compartimentos y estructuras de muy diversa índole por las cuales atraviesan estos conductos y de los espacios con los que mantienen cercanía, que puede ser fuente de incendios en ocasiones en los buques.

En el caso de buques mercantes la cuestión de riesgo de incendio derivado del paso de los conductos de escape disminuye drásticamente puesto que lo normal es que estos conductos atraviesen el buque hasta las cubiertas superiores en el conducto guardacalor o chimenea, pero en embarcaciones menores estos espacios no están aislados correctamente del resto de las estructuras y la compartimentación del buque, motivos por los cuales se deberá prestar especial atención a esta cuestión.

Muchas de las cuestiones planteadas en este apartado que hacen referencia a obras derivadas de la propia acción de mantenimiento ejercida sobre el equipo son una realidad con la que los gremios que intervienen en este tipo de reparaciones deben enfrentarse, con más frecuencia de la deseada, ya que puede afirmarse que no son problemas aislados. Es frecuente que en muchas ocasiones, cuando inicialmente se plantea la extracción de un equipo para mantenimiento, el mayor inconveniente sean las obras de desarmado previo y retirada de equipos se prevea para efectuar la pretendida extracción, como se podrá comprender fácilmente todas estas medidas no forman parte de las previsiones ni del presupuesto inicial de costes de reparación, pero sin embargo sin duda alguna presentan costes elevados que deberán añadirse a los costes de reparación del equipo averiado que precisa el mantenimiento.

1.3.4. Variaciones dimensionales en los circuitos.

La variación de cotas en un equipo motor puede introducir en la obra de montaje y reparación una serie de trabajos encaminados a adaptar los diferentes circuitos necesarios para garantizar el funcionamiento y operación satisfactoria de los equipos periféricos de bombeo de fluidos y comunicaciones de los diferentes servicios imprescindibles y esenciales para garantizar el funcionamiento satisfactorio del motor.

El motor debe tener un colector de agua salada de refrigeración y una serie de tuberías que forman parte del sistema de aspiración y descarga del fluido refrigerante a través de los intercambiadores de calor destinados a este fin, estas tuberías discurren desde el colector de refrigeración de fondo hasta la descarga del fluido al costado después de realizar su función refrigerante.

Las variaciones en los puntos de acople de estos tramos de tubería, propias de las diferencias sufridas por las modificaciones introducidas por el fabricante del motor, deberán sumarse a las necesidades de sustitución y renovación de tramos de tuberías que una vez inspeccionados deberán ser desechados para su uso y deberá determinarse su sustitución, esta cuestión se plantea de forma sistemática en la práctica totalidad de reparaciones, llevadas a cabo en los buques.

La identificación de daños en los circuitos, en mayor grado en los de agua salada, se plantea con más frecuencia de la debida en las obras de reparación de muchos buques, es de sobra conocida la agresividad del agua de mar y como consecuencia de ello, si la obra de reacondicionamiento o sustitución del motor se realiza en los periodos de tiempo establecidos necesariamente (intervalos entre overhaul), habrá transcurrido consecuentemente un periodo largo de tiempo, la continua exposición durante este tiempo de los circuitos al agua de mar, habrá acarreado sin duda procesos de corrosión severo, sobre las tuberías y demás componentes del circuito, siendo frecuente la necesidad de afrontar en estos casos la fabricación de diversos tramos de tubería y la renovación de una cierta cantidad de válvulas de la instalación, siendo esta

una obra de reparación que conlleva su correspondiente coste, con la que no se contaría.

La cuestión anterior es otro factor que introduce costes inesperados y al mismo tiempo alarga el periodo de inmovilización del buque en las instalaciones del puerto o astillero, pudiendo llegar a tener en algunos casos una relevancia considerable en lo que a tiempo y costes se refiere.

Desafortunadamente la evaluación del sistema de tuberías de refrigeración, en especial en el caso de A/S no es una labor fácil de realizar con carácter previo a su desmontaje, un colector solamente puede evaluarse convenientemente cuando se procede a su desmontaje, siendo este el momento de calibrar su estado interno, estado de revestimiento protector, ausencia de picaduras, espesores y otras cuestiones de vital importancia para su evaluación.

2. OBJETIVOS Y METODOLOGIA.

2.1. OBJETIVOS.

El objetivo de este Trabajo de Fin de Grado es plasmar los inconvenientes, problemas y costes derivados del proceso de renovación de la maquinaria de un buque, como resultado haber sufrido una avería inesperada y no prevista.

La cuestión anterior, debido a las circunstancias en que se produce, motiva la aparición de incertidumbres y problemas derivados de la no disposición de un equipo adecuado para sustituir el motor original del buque, se presentan dos aspectos diferentes:

En primer lugar, al no disponer de un equipo para ser montado en un plazo corto, la embarcación debe permanecer inmovilizada. Solamente pueden adoptarse en este caso dos posibles soluciones factibles.

- a) Una de ellas consiste en la instalación de un nuevo motor idéntico al original y de las mismas características, tarea esta infructuosa si no hay plazo de entrega inmediata para un motor nuevo, es bien sabido que en la actualidad es frecuente que no se disponga de equipo motor disponible para sustituir en un tiempo breve, en muchas ocasiones el plazo de entrega de un motor nuevo de este tamaño puede llegar a ser de seis meses e incluso más.

- b) Otra posibilidad es la de instalación de un motor reacondicionado, en este caso es necesario disponer de un motor en el mercado en estas condiciones, frecuentemente las casas constructoras no disponen de este tipo de motores, esto no es habitual, por lo tanto se depende de los Servicios Técnicos, que reparen por su cuenta previamente y que dispongan de este tipo de motores, puesto que se debe localizar un motor idéntico, que haya sido previamente reacondicionado para este fin, el resultado es que es difícil de localizar, y como se comprenderá

del análisis de la situación planteada, muy posiblemente, casi con total seguridad el vendedor de este equipo, ante la situación de premura planteada, sin duda se beneficiará económicamente de la situación, un motor reacondicionado en este caso puede alcanzar precios equivalentes a uno nuevo, pudiéndose comprender que esta situación no es la ideal.

Otro de los objetivos de este trabajo es valorar económicamente los costes añadidos que se derivan del montaje de un motor, cuando este montaje consiste en la renovación total del mismo, siempre en todo proceso de este tipo se presentan costes añadidos derivados de defectos, deficiencias, desgastes e imprevistos que se manifiestan durante el proceso de desmontaje, en especial defectos relativos a deficiencias detectadas en los equipos auxiliares y equipos periféricos, que forman parte de la instalación de la sala de máquinas y que de una u otra forma están ligados estrechamente a la operación del motor principal y en concreto a alguno de los componentes de la propulsión, ya sea eje de cola, reductora, bocina, acoplamiento elástico y otros componentes aislados de la cámara de máquinas como los ya mencionados, tales como colectores de escape, aislamiento, tuberías de servicio de Agua Dulce y Agua Salada.

Todos estos componentes por motivo de renovación, reparación o alteración de su posición o función representan un conjunto de innumerables e importantes costes que forman parte de los costes totales de renovación. Para el entendimiento de las diferentes partes de un motor he utilizado el libro (*Mutton, 1983, p. 55*).

Se compararán de forma concreta los costes y diferencias establecidos, como consecuencia de una elección u otra de montaje de motor, con respecto a la instalación de equipo nuevo y reacondicionado, entendemos y consideramos

que un motor reacondicionado se ha montado partiendo de un equipo que ya ha terminado un ciclo operativo anterior y por tanto se ha reconstruido en base a la aportación sobre el mismo de un conjunto determinado de piezas nuevas, no consideramos reacondicionado a un motor que se ha reconstruido parcialmente en base a un equipo que ha sufrido una avería concreta que afectado de una manera parcial a alguno de sus componentes individuales o a un conjunto completo de los mismos, el reacondicionamiento estándar y válido es el que aporta en el montaje del motor una serie completa de componentes es decir camisas, pistones, descarbonización, montaje, ajuste de todos los componentes de culata, revisión completa de la totalidad del sistema de inyección, revisión y verificación de trenes alternativos, es decir bielas, revisión y reacondicionado del sistema de distribución, verificación del conjunto de cigüeñal, eje de levas e instalación de cojinetes de apoyo de ambos elementos, verificación de condiciones de desgaste, verificación de turbo/s, limpieza, pruebas de presión de enfriadores e inspección de estado de las carcasas, tubos y demás componentes, de igual modo deberán revisarse componentes esenciales como bomba de aceite de lubricación, combustible, bomba de agua salada, bomba de agua dulce, regulador de velocidad, amortiguador de vibraciones.

Como se podrá deducir de la cantidad de componentes que deben ser verificados y en muchos casos reparados o sustituidos en un motor reacondicionado los costes de estos motores en el mercado son altos, puesto que deben ser entregados con garantías equivalentes a un equipo nuevo, por tales motivos los costes de estos motores pueden estar cercanos a un 80% del valor de uno nuevo dependiendo de si el servicio técnico que lo repara es de la marca o externo y de otros factores comerciales, dependientes de las certificaciones, compromisos de garantía y servicios que pueda prestar el reparador en relación al motor entregado.

Para alcanzar el objetivo propuesto, ha sido fundamental la formación académica y experiencia adquirida durante mis ocho años cursados en los

grados de Ingeniería Marina e Ingeniería Náutica y Transporte marítimo, así como mi carrera profesional como marinero de máquinas y cubierta además de mi formación como Cadete de Maquinas.

2.2. METODOLOGIA.

Una vez determinado el alcance de la avería se plantea la metodología o estrategia a tener en cuenta para afrontar la reparación en las mejores condiciones posibles.

En primer lugar, una de las principales labores a realizar es la búsqueda de un motor equivalente en el mercado, para proceder a la sustitución del equipo motor averiado, esta cuestión ya ha sido parcialmente analizada en apartados anteriores.

Es importante determinar claramente las siguientes cuestiones:

- 1) Deberá determinarse el espacio necesario imprescindible y disponible en sala de máquinas, para poder efectuar las maniobras de extracción del motor averiado.
- 2) Una vez evaluado este espacio necesario en base a las dimensiones del equipo a trasladar (datos dimensionales del motor), deberán retirarse los componentes de la instalación de máquinas que estorben y dificulten el paso necesario para el traslado del equipo.
- 3) Es frecuente, en este tipo de embarcaciones y constituye el factor más importante para el traslado de un peso en el interior del compartimento de máquinas, que la cota de altura sea la máxima posible. Siendo una buena decisión proceder a la retirada de las planchas y estructuras del piso de máquinas (de manera especial las que se encuentran situadas en la parte de proa del equipo motor).

- 4) Deberemos de evitar la retirada, si no es imprescindible, de equipos complejos, tales como sistemas de maquinaria frigorífica (problemas derivados de la incomunicación y posible extracción del refrigerante), también presentan dificultad los dispositivos y equipos que requieran una compleja obra de desmontaje eléctrico, tales como cuadros eléctricos o armarios de equipos complejos.
- 5) Se deberá de planificar el camino de extracción del equipo motor, de forma que en este proceso deberán retirarse los obstáculos que dificulten los movimientos y el traslado. Estas cuestiones junto con la cota ya mencionada de altura representarán una mejora de estas maniobras y un evidente ahorro de mano de obra, siendo la cota de altura de notable importancia para así facilitar los movimientos en avance de traslado del motor, maniobra esta que deberá como es siempre habitual realizarse en el interior del compartimento con equipos de diferenciales para la elevación y traslado de pesos.
- 6) Si el compartimento de máquinas no dispone de los sistemas de anclaje de medios de elevación, deberán instalarse mediante soldado o bien utilización de grapas, los elementos de anclaje necesarios para permitir las labores de extracción e instalación posterior del motor seleccionado para montaje.
- 7) Resulta evidente a la vista de la cuestión anterior que deberá planificarse la actuación de diferentes gremios de brigadas de trabajo para cada una de las cuestiones planteadas, personal eléctrico, mecánico, tuberos, soldadores etc.
- 8) Para la realización de la obra, es imprescindible y conveniente nombrar un coordinador capacitado, para tomar las decisiones relativas a la coordinación de los trabajos de reparación de los diferentes gremios intervinientes en la obra.
- 9) Se planteará con anterioridad a la extracción del motor averiado, la

retirada de la mayor parte de tuberías y colectores de refrigeración que se prevean renovar, estos circuitos generalmente están localizados en la parte de proa del motor propulsor, por tanto, su retirada previa será muy conveniente para facilitar el traslado del motor a esta zona de proa, una vez suelto de los anclajes.

- 10) De igual modo se procederá a la retirada del tramo o tramos del conducto de salida de gases de escape, que queda siempre en la parte alta del motor, su retirada se hace imprescindible y siempre es necesaria para retirar el equipo motor. Este conducto se someterá previamente a las labores de desmontaje del calorifugado y sistemas de protección de envolvente, para si es posible recuperar esta parte del aislamiento, y cuando menos se podrá verificar su estado y evaluar si es necesaria su sustitución.
- 11) Deberán realizarse las correspondientes labores de desmontaje del sistema eléctrico y de los diferentes equipos de control, supervisión y sistema de alarma del motor, labores estas desarrolladas por personal eléctrico, que será el que posteriormente colaborará o realizará el montaje final una vez instalada la nueva unidad.
- 12) Dentro del trabajo eléctrico se decidirán en vista del nuevo modelo de motor instalado, las necesidades de modificación que deberán realizarse para el caso de instalación de un motor de marca diferente al original. Debemos tener en cuenta que en este caso es muy posible que incluso deba variarse la ubicación de los armarios de control y casi con toda seguridad los elementos de control de parámetros del motor (sensores y transductores) estén ubicados en puntos muy diferentes al caso del motor original, esto implicará unas labores de planificación, renovación e intervención de personal eléctrico que repercutirán económicamente en los costes finales de instalación del equipo.
- 13) Deberá tenerse en cuenta la instalación de supervisión y el sistema de control del motor instalado en puente de mando (en la consola del

puente), siendo muy posible que el cableado de alimentación de esta consola tenga que ser sustituido para la instalación de la nueva unidad.

14) Deberá hacerse una inspección completa del compartimento de máquinas para determinar si hay posibilidades de extracción del motor y suministro a bordo a través de algún tipo de lumbrera o escotilla en la parte superior del compartimento de máquinas, que de acceso a la parte exterior de la cubierta principal del buque o bien cubierta superior, esta es una opción que generalmente no está disponible en los buques de pesca actuales. (Esta cuestión planteada es muy improbable que sea una solución viable en los pesqueros actuales, en su construcción, tal y como ocurre en la práctica totalidad de los buques actuales o al menos en una gran mayoría, estas tareas de renovación de maquinaria en máquinas, no están previstas, siendo lo más frecuente que muchos de los equipos de máquinas, cuando deben ser sometidos a una renovación o reparación que exige su traslado al taller reparador, deban ser extraídos por la escalera de acceso al compartimento, desmontando la propia escalera y en numerosas ocasiones otros elementos anexos de la compartimentación de la cubierta de pesca o principal, para poder acceder con el equipo al parque de pesca donde generalmente si hay posibilidad de extracción al exterior por los mismos pasos que sigue la pesca cuando se descarga a tierra.)

15) Si el punto de extracción del motor es el costado del buque, deberán retirarse los obstáculos de equipos y maquinaria que se encuentren en el camino de extracción, de igual modo deberá realizarse una cesárea en el costado en el casco del buque en la parte correspondiente elegida como zona de extracción. En este caso se precisará que se corte una superficie del forro externo del buque en la zona que corresponda con las medidas requeridas, que habrán sido determinadas previamente en función del tamaño del motor a instalar y retirar. (La retirada del mamparo lateral deberá ser llevada a cabo por un taller dedicado a trabajos de construcción naval, de manera que la obra sea realizada

bajo la normativa exigible al tipo de buque que nos ocupa, utilizando materiales, normas y medios típicos dentro del gremio de construcción naval, deberán realizarse los cortes en las zonas menos críticas, de manera que no se presenten cruces en las costuras de soldadura, que los bordes de corte sean redondeados con radio amplio, de igual modo los materiales de chapa, equipos y material de aportación empleado en la reparación deberán ser los habituales de uso y homologación para el sector naval).

16) Deberá de tenerse especial cuidado en las zonas superiores e inferiores del espacio de cesárea, de manera que deberán dejarse márgenes tanto en la parte alta como baja de la ventana del corte de chapa del hueco de extracción, como mínimo 80mm, de esta forma a la hora de soldar nuevamente la chapa externa en su posición original no se proyectará calor excesivo a los espacios colindantes. Debemos tener en cuenta la zona del costado del compartimento de máquinas, en la parte baja frecuentemente, casi siempre, se encuentran ubicados los tanques bajos de combustible de máquinas, tanto en babor como en estribor. Las labores de soldadura en las cercanías de estos tanques entrañan dificultad por motivos de seguridad, motivos por los cuales en muchas ocasiones deberá valorarse la posible desgasificación de alguno de estos tanques de combustible por motivos de seguridad. En el caso de la zona alta de la cesárea de extracción el problema que presenta la reparación de estas zonas es que el calor aportado para la soldadura origine algún tipo de incendio en el material de aislamiento que se encuentra inmediatamente debajo del embonado de los espacios superiores de compartimentación de la cubierta inmediata superior. Deberán por tanto realizarse inspecciones y poner los medios de seguridad necesarios e imprescindibles, para realizar estas labores de soldadura con la mayor garantía posible de evitar la generación de un incendio.

17) La chapa del costado correspondiente a la cesárea lateral deberá ser

cortada mediante el uso de radial, de manera que la holgura de separación a la hora de renovar esta parte del costado retirada no sea excesiva y haga que la costura de renovación sea excesivamente ancha y se pierda la estética visual del forro del costado.

La chapa de forro original llevará el tratamiento normal en el sector naval, se montará ya imprimada y chorreada habiéndose aplicado sobre el chorreo al menos dos capas de pintura de imprimación o pintura base, la cual estará dispuesta convenientemente para recibir el tratamiento típico de recubrimiento que se aplica habitualmente en este sector. Se realizarán biseles en la totalidad del perímetro de esta chapa, después de haber sido sometida al tratamiento de chorreado y pintado, de igual modo este mismo tratamiento se aplicará en los bordes perimetrales del casco del buque, donde se va a insertar la chapa de forro nuevamente después de realizada la renovación del motor, se chorreara previamente la totalidad del perímetro en un margen de unos 20cm en el perímetro, esta labor se puede realizar incluso después del proceso de soldadura eliminando el tratamiento de chorreo y pintura la totalidad de los defectos que pudiera presentar la chapa derivados de la afectación por el calor generado durante la aplicación de soldadura.

En el desarrollo de los trabajos de reparación y en su implantación en el buque, se deberán de verificar y evaluar la totalidad del equipamiento auxiliar, en lo que se refiere a equipos periféricos desarrollando las labores de verificación y puesta al día de los equipos y componentes que presenten defectos o deficiencias, derivadas del trabajo desempeñado durante como mínimo los años transcurridos desde el momento en que se acometió la última reparación/instalación del motor, que ahora ha sufrido la avería.

No nos consta que en este buque en concreto se hayan programado mantenimientos basados en un periodo completo de operación del motor

principal, y tampoco que estos mantenimientos afecten con carácter general al resto de la maquinaria del buque.

Por lo tanto, simplemente intento plasmar las pautas más adecuadas y acertadas que deberían llevarse a bordo del buque, tampoco nos consta que se mantengan estadillos o diarios de máquinas en los que se reflejen con un cierto orden, claridad y periodicidad los trabajos realizados y por lo tanto los mantenimientos que han sido aplicados en la instalación.

Para poder tener una idea clara y real del mantenimiento aplicado a la instalación y a los componentes individuales de este buque, solamente se puede optar por una posible y única fuente de información:

La verificación de la totalidad de las facturas generadas a lo largo de la explotación del buque durante los últimos años de operación, que necesariamente deberían de incluir los mantenimientos y tareas realizadas sobre el motor. Las generadas por motivos de avería puntual que se han presentado durante la operación y las correspondientes tareas y labores de mantenimiento rutinario o periódico de acuerdo con el Manual de Operación y Mantenimiento.

Esta investigación constituye una ardua y complicada labor debido a que en el conjunto de facturación se encuentran tanto materiales correspondientes al resto de instalación, que no corresponde a máquinas como materiales y equipamiento de recambio, artes de pesca y elementos de pesca como otros materiales fungibles y correspondientes al lógico consumo del día a día del buque, víveres, combustible, material de recambio variado y en general todo tipo de enseres y componentes, que nada tienen que ver con la evaluación pretendida del grado y alcance del mantenimiento realizado en el buque y en definitiva en el motor principal y su equipamiento de máquinas.

Para esta evaluación pretendida es necesario, que la persona que desarrolle esta labor conozca muy bien todos los costes generados en la explotación de un buque pesquero, a esta capacidad habrá que añadir una gran experiencia debido a que para realizar una evaluación equilibrada y real del mantenimiento aportado, deberán distinguirse claramente los costes verdaderos generados, por unas actuaciones de mantenimiento llevadas a cabo en forma de averías puntuales, con su correspondiente corrección y las obras de revisión o reparación si es el caso, llevadas a cabo como consecuencia de desgastes o deterioros propios de la operación prolongada del motor, por tanto del cumplimiento de horas de trabajo del mismo, alteraciones y deficiencias. Estas son las que verdaderamente deben corregirse, controlarse y en cierta manera tratar de evitar, con la aplicación de un mantenimiento adecuado del buque en lo que a maquinaria se refiere.

3. DESARROLLO.

3.1. RESEÑA HISTÓRICA DE LA PROPULSIÓN EN EL ÁMBITO NAVAL.

La propulsión en la navegación es una de las características más importantes, que ha acompañado a la evolución de los buques a lo largo de la historia, la descripción de su evolución ha pasado por diferentes etapas desde los inicios de la navegación, es bien sabido que en los inicios de la navegación, esta cuestión se centraba en la fuerza proporcionada por el ser humano, desarrollándose en diferentes modalidades y con la aportación de distintos sistemas manuales empleados como medios de ayuda para lograr el movimiento del buque, en la dirección deseada.

Podemos citar entre estos sistemas la utilización del esfuerzo humano empleando medios totalmente manuales como los primitivos remos y las típicas pértigas que han prevalecido hasta la actualidad y que son de sobra conocidas. He podido estudiar la historia de la navegación gracias (*Agrelo Castro, 2013*).

En determinados casos la navegación del buque pudo ser lograda mediante el empleo de fuerzas externas, este es el caso de la fuerza animal, utilizada en diferentes sistemas de propulsión primitivos del tipo de palas rotativas, arrastradas sobre el agua movidas por tracción animal, de igual modo, en ríos y canales, se ha utilizado el medio animal para arrastrar los buques a lo largo del cauce mediante tiro o remolque con animales desde las orillas. En este caso concreto y en ocasiones puntuales los animales eran sustituidos o ayudados por la fuerza humana, que podía colaborar en esta tarea, aunque la labor frecuente del ser humano en estos casos prácticamente se centraba en la lógica dirección y control de la fuerza animal.

Por otro lado, uno de los mayores aportes y sin lugar a duda, uno de los avances más importantes, utilizado como medio de navegación, ha sido el empleo de las velas, utilizando la fuerza del viento como energía motriz. Los diferentes diseños de vela han sido empleados durante siglos para extender

la navegación a lo largo de generaciones en todos los mares, esta modalidad puede decirse que aún persiste en nuestros días, de hecho, en la actualidad aún se diseñan diferentes tipos de velas, que son utilizadas en todos los campos de la navegación. La vela se ha extendido y perdurado en el ámbito de la navegación durante un extenso periodo de tiempo, en la actualidad está instaurada en el campo de los buques veleros tradicionales y en el sector de vela deportiva además de un incipiente montaje de velas rígidas en buques mercantes como novedad aun en desarrollo.

Necesariamente en este caso del empleo de las velas, debe mencionarse la evolución que estas han tenido concretamente en el campo de los materiales empleados para la confección de estas, pasando de las antiguas velas de paño natural a las velas actuales en las que se incluyen nuevos materiales tales como las fibras artificiales como el kevlar y la fibra de carbono entre otras.

Las velas han evolucionado en sí mismas, pero al mismo tiempo junto a ellas han evolucionado el resto de los elementos necesarios para su implantación manipulación y control, por ello los buques han dispuesto de diferentes modalidades de montaje, en lo que se refiere a número de velas, disposición de estas y número de palos o mástiles que las portan, no es motivo de este trabajo profundizar en el desarrollo de la navegación a vela, pero debe dejarse constancia de que los avances en este campo, pueden ocupar extensas descripciones basadas en estos aspectos.

Debemos mencionar finalmente que con el desarrollo de los barcos de vela se potenció y de hecho surgió la navegación comercial la cual se ha prolongado hasta la actualidad.

3.1.1. Introducción del vapor en la navegación.

Uno de los principales hitos de la navegación ha sido la inclusión de la propulsión en los buques mediante el empleo de máquinas de vapor, realmente se trataba del uso del vapor en la navegación, basado única y exclusivamente en la potencia y aporte de energía de las antiguas máquinas de vapor.

Este ingenio no fue realmente un invento propio de la navegación y ni siquiera surgió para su empleo en los buques, su desarrollo fue aplicada inicialmente para suministrar energía a las necesidades de los recursos propios de la época, en concreto en el campo de la minería del carbón, empleándose la energía del vapor en las primeras bombas de extracción de agua de las minas, sustituyendo las primeras máquinas a la fuerza animal(caballos o mulas), que era la que permitía el transporte del agua y su extracción con bombas.

Es bien conocido como cuestión anecdótica el hecho de que la denominación de “caballos de vapor” (CV) proviene de la época de implantación inicial de la máquina de vapor, en ese momento los vendedores de las primitivas máquinas, para dar idea a sus posibles clientes del rendimiento de sus máquinas, como resultará lógico y fácilmente comprensible, las comparaban en potencia con el número de “caballos o mulas” al cual eran capaces de sustituir, una antigua máquina de vapor, las cuales eran inicialmente de una potencia muy reducida dos, tres o seis CV, con esta comparativa sustituía a la fuerza animal de dos, tres o seis mulas.

El desarrollo de la máquina de vapor en la navegación se ha extendido desde entonces hasta nuestros días, siempre claro está, con mucho mayor desarrollo e implantación en el sector industrial, ya que como es bien sabido, estas máquinas proporcionaron potencia para el movimiento de la maquinaria empleada en la revolución industrial.

La aparición de las máquinas de vapor y el desarrollo paralelo de los equipos de calderas y los continuados avances técnicos en los sistemas de control y

equipamiento auxiliar, tanto de las propias máquinas, como de sus calderas asociadas, conllevó que de una manera lenta pero progresiva las máquinas de vapor se fueran instalando en los buques, al principio de forma lenta y experimental, para posteriormente implantarse de forma generalizada en el campo de la navegación.

Debemos de tener en cuenta que todas estas cuestiones descritas en los párrafos anteriores se desarrollaron de una forma lenta, pero esta lentitud nunca representó un problema para que las antiguas máquinas de vapor “motores de vapor”, formasen junto con sus equipos de calderas primitivas, una parte importante y esencial del equipamiento de los buques.

Al mismo tiempo los avances de los ingenieros en el diseño de equipamiento de control y seguridad de las calderas y el desarrollo de estas durante décadas, prácticamente más de un siglo y medio, ha permitido que la propulsión de los buques se realizase mediante maquinaria basada en máquinas de vapor.

3.1.2. Evolución de la máquina de vapor.

La era de las máquinas de vapor comenzó aproximadamente en el año 1.930 y se prolongó durante unos 130 años.

La máquina de vapor se inventó en 1.765 patentándose por primera vez en el año 1.769 sin embargo la construcción de estos equipos adquirió una importancia significativa a partir de 1.774. Desde mediados del siglo XVII se desarrollaron en los países europeos más avanzados, de manera especial en Inglaterra prototipos de las primeras máquinas de vapor, todas ellas con diversos grados de eficiencia perfeccionándose paulatinamente durante parte del siglo XVII y XVIII, la tarea de desarrollo de estas fue propiciada por el interés de numerosos constructores e ingenieros que participaron en su perfeccionamiento y en el aumento de su grado de rendimiento o eficiencia.

Constructores e ingenieros como Denis Papin 1690, Thomas Savery 1698, Thomas Newcomen 1705, John Smeaton 1774 James Watt 1769 (*¿Quién inventó la máquina de vapor?*, 2018) y otros muchos, propiciaron avances y modificaciones que permitieron que estas máquinas comenzasen a tener un rendimiento mayor de manera que se fueron progresivamente implantando en el tejido industrial de la época.

Mención especial se debe prestar a James Watt, puesto que este mejoró notablemente la máquina de vapor, de manera que su máquina basada en la de Newcomen consumía mucho menor cantidad de carbón que la de este y finalmente desarrollaba cuatro veces más de potencia, el desarrollo de la máquina de vapor está ligado estrechamente a Watt de manera especial por el hecho de haber diseñado un regulador de vapor para estas máquinas que estabilizaba su funcionamiento y un condensador de vapor separado de esta, donde el vapor se enfriaba convirtiéndose nuevamente en agua para ser introducida en el ciclo, intervinieron en el progreso de las máquinas de vapor, otros muchos inventores y diseñadores, para finalmente en el año 1884 Parsons lanzó al mercado una turbina de vapor.

3.1.3. Motores de combustión interna. Constructiva del motor.

La invención del Motor de Combustión Interna propició paulatinamente la consecuente eliminación progresiva de las calderas, estos equipos junto a sus máquinas de vapor asociadas fueron desplazados implantándose rápidamente los motores en el sector marítimo.

Los antiguos equipos de calderas y máquinas de vapor fueron sustituidos por este tipo de propulsión en un corto periodo de tiempo, este tipo de propulsión se asentó finalmente en el sector marítimo con la posibilidad de quemar en los motores combustibles más baratos basados en diferentes tipos de Fueloil y Diesel oíl en algunos casos.

Los equipos de motor instalados eran generalmente de dos tiempos y de cuatro tiempos, de forma general los motores de dos tiempos se han instalado de forma extensa durante un largo periodo en grandes buques mercantes, combinando su instalación con motores auxiliares de cuatro tiempos de un tamaño menor utilizados generalmente para la producción de electricidad necesaria para los diferentes servicios a bordo.

Otros buques de menor porte combinaban motores principales de cuatro tiempos con motores auxiliares también de cuatro tiempos, al principio y según las necesidades y tipo de buque y en concordancia con los bajos precios del combustible de la época, era frecuente en muchos buques, realizar la propulsión y el servicio eléctrico con motores de cuatro tiempos funcionando a Diesel oíl pero progresivamente durante un periodo muy extenso la fabricación de motores se orientó al uso combinado de Diesel y fuel pudiendo quemar la maquinaria de los buques ambos tipos de combustible.

3.1.3.1. Constructiva del motor, descripción general.

Los motores empleados normalmente en la propulsión de un buque tienen elementos comunes, ya sean como motores de propulsión o motores auxiliares a continuación hare una breve descripción general de los elementos:

Bloque: Fabricado en fundición con un tratamiento térmico de estabilizado para la eliminación de tensiones residuales el bloque motor es de gran robustez mecánica estando su diseño orientado a la aplicación diésel. El motor al que hago referencia en este trabajo (Guascor), el bloque es de camisa húmeda es decir que permite la refrigeración de las camisas por medio de un circuito de refrigeración entre ellas y el bloque. La estanqueidad del montaje viene asegurada individualmente en cada cilindro. Dicho bloque se construye con distintas aperturas laterales permitiendo estas una accesibilidad a las partes internas del motor como son bielas, ejes de levas etcétera facilitando el mantenimiento de este.

Camisas: Instaladas sobre el bloque motor, siendo intercambiables permitiendo un fácil mantenimiento. Son de fundición centrifugada.

Cigüeñal: Construido en acero aleado y forjado en prensa con un tratamiento térmico de bonificado general del mismo. Es del tipo suspendido de bloque fijándose con sombreretes de fundición modular y espárragos de acero aleado consiguiendo con esto una gran rigidez al conjunto motor. Los apoyos de bancada y muñequillas de este son templados por inducción consiguiendo con esto un endurecimiento superficial y una mejora de prestaciones y vida del cigüeñal. El cigüeñal está equilibrado dinámicamente por contrapesos incorporados y soporta en uno de sus extremos un volante de inercia y en el otro extremo un amortiguador de vibraciones torsionales para asegurar la regularidad de funcionamiento.

Cojinetes: Los semi cojinetes utilizados en cabeza de biela y cigüeñal están fabricados con base de acero y una banda de rodadura en aleación de aluminio y estaño.

Culatas: Están fabricadas en fundición son individuales, esto es muy ventajoso a la hora de realizar el mantenimiento del motor, aparte de alojar los conductos de admisión y de escape disponen de dos cámaras de agua que integran el circuito de refrigeración del motor, permitiendo la refrigeración a la cámara de combustión. Es en las culatas donde se monta el sistema de válvulas, con cuatro válvulas por cilindro (dos de admisión y dos de escape), asientos de válvula y guías de válvulas, muelles etcétera. Todos los elementos incorporados sobre la culata permiten un fácil recambio y mantenimiento. El inyector de combustible también va instalado en la culata.

Bielas: Las bielas son forjadas de acero aleado y posteriormente bonificadas para así mejorar sus características mecánicas. Son de corte oblicuo y con una unión entre “la cabeza de biela” y la “tapeta” con (dientes de sierra) garantizando un funcionamiento correcto tras el montaje.

Pistones: Los pistones son de aleación de aluminio como el volumen de la cámara de combustión se configura sobre el mismo pistón (sin precámara). La refrigeración de los pistones es por chorro de aceite de refrigeración proyectado desde una galería determinada de presión regulada a la base de este.

Segmentadura: La componen tres aros, aro de compresión trapecial sobre la primera ranura del pistón. Aro rascador de compresión y aro de engrase.

Árbol de levas: Son de acero aleado templados por inducción. Será un árbol de levas en los motores en línea y dos en los motores en V.

Las levas han sido calculadas para optimizar el funcionamiento de toda la distribución del motor. El arrastre del árbol de levas se realiza mediante los engranajes de distribución. Los seguidores de leva son de tipo rodillo montados sobre un balancín basculante.

Distribución: El sistema de arrastre o distribución de los elementos como eje de levas, reguladores, bomba de aceite, bomba de inyección, o bombas de agua u otros es por engranajes rectos en motores en línea y helicoidales en motores en V.

Lubricación: la bomba de aceite es arrastrada por engranajes desde el cigüeñal. Constructivamente es del tipo de engranajes y es base del sistema de lubricación, el cual incorpora filtros intercambiables, regulación termostática de temperatura de aceite en motores en V, refrigeración de aceite, regulación de la presión del aceite de lubricación y otras seguridades, así como filtros centrífugos en función de las aplicaciones.

Refrigeración: La refrigeración del motor es por un circuito cerrado de agua formado por una bomba centrífuga de rodete arrastrada por engranajes desde el cigüeñal, refrigerando el bloque motor, culatas, camisas y colectores de escape y que posteriormente recoge en un colector de salida de agua motor.

Una derivación en paralelo refrigera el aceite motor y el aire de sobrealimentación. Finalmente se dispone de una válvula termostática que regula la temperatura del agua de refrigeración. Un sistema externo, un intercambiador agua/agua o un radiador, permiten la refrigeración del agua motor.

Inyección: Los motores disponen de bombas de inyección en línea con regulador mecánico o electrónico incorporado y arrastradas desde la propia distribución del motor permitiendo la distribución y dosificación de combustible además del suministro en alta presión necesario para la inyección de combustible en la cámara de combustión a través de los inyectores.

Admisión: Todos los motores se suministran con un sistema de filtros de aire en función de las características de la instalación. Los motores en línea sobre alimentados disponen de un turbocompresor de tipo turbina accionada por los gases de escape y un compresor de aire en la línea de admisión. Los motores en V disponen de dos turbocompresores del mismo tipo se instalan posteriormente unos enfriadores constituidos por un haz tubular para el paso de agua de refrigeración y de láminas para el paso del aire de gran rendimiento los colectores de admisión son de aluminio.

Regulación: La regulación de régimen y carga de los motores se realiza en función de la aplicación por el regulador de la bomba de inyección o por reguladores incorporados de tipo hidráulico o electrónico que junto con un equipo adicional nos permiten gestionar la carga de cada motor la sincronización entre motores o motores y red, y la distribución de carga entre varios motores.

El motor dispone de un sistema de alivio de la presión de gases de cárter además se construye con sistemas auxiliares de pre-engrase, vaciado de aceite, control del nivel de aceite, etcétera para así tener una adecuada utilidad para sus diferentes aplicaciones.

3.1.4. Combustibles utilizados en la actualidad.

En la actualidad la flota mercante mundial se centra en el uso de combustibles tales como fueloil y Diesel-oíl, estos combustibles clásicos se están adaptando también a los requerimientos de la legislación mediante el empleo de equipos auxiliares, que tratan los gases de escape de manera que se atenúe o elimine una gran parte de los elementos contaminantes, que salen por los conductos de escape, así como nuevos combustibles con bajo nivel de sulfuro.

Sin embargo, en algunos casos se ha implantado para determinados buques el uso de gas natural, habiéndose adaptado los grandes motores propulsores, generalmente de dos tiempos, el uso de este tipo de combustible.

Las variantes descritas anteriormente se combinan en la flota mundial con la utilización de otros tipos de combustibles tales como hidrógeno, etanol, etc., en la mayoría de los casos, estos combustibles se utilizan en un momento determinado de las rutas, reservando su consumo a rutas cortas precisamente en las zonas restringidas medioambientalmente, de manera que los buques cumplan en estas zonas con la legislación.

Se puede afirmar que la flota mercante mundial y en general todos los tipos de buques que surcan los mares, están actualmente sometidos a unas condiciones medioambientales severas, desde hace relativamente unos pocos años, que se ha comenzado a tener en cuenta.

3.1.5. El mantenimiento en el sector naval.

Al mismo tiempo que aparecieron las primeras máquinas de vapor y estas comenzaron a aplicarse en la minería del carbón y posteriormente en los labores de la revolución industrial, los antiguos oficios artesanales, que ya estaban implantados en la sociedad, de manera muy paulatina, pero

constante, se fueron adaptando a la colaboración en la reparación de las primeras máquinas de vapor, es evidente que esta colaboración fue en realidad el inicio del campo del MANTENIMIENTO.

Efectivamente, es de sobra conocido que los primeros ingenios que usaron el vapor y de manera especial las máquinas de vapor y sus calderas asociadas, requerían un enorme servicio de mantenimiento, es fácil imaginarse las paradas y averías sufridas por estas primeras máquinas, fabricadas de forma artesanal y con una tecnología de los materiales incipientes, con relación a la tecnología actual.

Toda la maquinaria auxiliar asociada a los motores de vapor y calderas carecía de la resistencia estructural suficiente como para garantizar su uso industrial con una mínima seguridad para las personas que operaban estos equipos, las calderas eran de chapa remachada y los protocolos de seguridad ni siquiera existían en su época inicial de implantación en el sector industrial, de igual modo no existían tampoco los protocolos de seguridad y mucho menos las entidades de inspección, clasificadoras ni la reglamentación industrial actual, todo ello consecuentemente provocaba numerosos accidentes de manera que si se analiza la información procedente de estos años de inicio del vapor, el resultado es que en países como Francia, Inglaterra los accidentes y el número de muertos provocados por las averías y “explosiones de las calderas de vapor” eran las catástrofes de la época equivalentes a los accidentes de avión actuales y los accidentes ferroviarios graves de la actualidad, se puede afirmar que hubo un periodo en el que los accidentes provocados por calderas eran los acontecimientos de mayor gravedad a los que se podía enfrentar un país en fase de industrialización. Pues bien, los primeros gremios y talleres reparadores, equivalentes a los Servicios Técnicos actuales, surgieron paralela y progresivamente a la implantación de esta tecnología en el ámbito industrial hasta llegar a la actualidad.

De igual modo debido a la aparición de las máquinas y sus avances tecnológicos asociados surgió la necesidad de conservación y reparación de las instalaciones, esta cuestión se vio acentuada con las diferentes guerras surgidas, siendo estos episodios, los que motivaron la necesidad de mantener la maquinaria de guerra en servicio, de manera especial en el campo de la aviación y en general en la totalidad de la maquinaria bélica.

Desarrollándose a lo largo de los años los diferentes tipos de mantenimiento, desde sus inicios tales como: Mantenimiento CORRECTIVO, PROGRAMADO, PREVENTIVO, PREDICTIVO, PRODUCTIVO (TPM) ETC.

Las tareas reparadoras en el sector marítimo se llevan a cabo mediante las técnicas y tipos de mantenimiento implantado y desarrollado durante siglos en el sector industrial, tal y como se ha detallado en los párrafos anteriores el mantenimiento surgido con aquellas antiguas máquinas de vapor se ha desarrollado hasta nuestros días siendo algo cotidiano y necesario en el sector industrial actual, por todo ello estas técnicas han tenido una repercusión importante y se han introducido en el sector naval.

Cada uno de los tipos de mantenimiento con posibilidad de aplicación en un buque debe seleccionarse de acuerdo a varios aspectos que forman parte de las peculiaridades del sector, por ejemplo en el sector pesquero podemos decir que el mantenimiento siempre ha sido tenido como algo de menor importancia, evidentemente hay barcos pesqueros que por su complejidad (factorías pesqueras), gran porte y trabajo internacional, han sido y siguen siendo sometidos a unas tareas de mantenimiento importantes y eficaces que garantizan su operatividad, en las mejores condiciones, durante largos periodos de tiempo.

3.1.6. El mantenimiento en la flota pesquera.

Es evidente que estas condiciones no se cumplen para otra parte de la flota pesquera de menor porte, en la cual se puede decir con rotundidad que el mantenimiento de los buques se lleva de forma precaria, escasa o simplemente, se basa en la reparación de las averías que van surgiendo para así ir tirando.

Llegados a este punto es necesario resaltar que el mantenimiento es una actividad, que está directamente ligada a la economía de la empresa que lo aplica, motivo por el que una gran parte de la flota pesquera, la cual pasa por altibajos y problemas con los caladeros y las cuotas pesqueras, siendo realistas, se puede afirmar que realiza un mantenimiento inadecuado y precario.

Resulta frecuente, como es el caso de la avería que se trata en este Trabajo de Fin de Grado, que en el sector pesquero la avería imprevista de un motor acarree una serie de problemas añadidos que retrasen y acrecienten el problema planteado y que contribuyen al aumento del periodo de inactividad del buque, incluso más allá de lo previsible o normal, para este tipo de casos.

Este caso descrito, tiempo atrás no habría representado un problema tan grave, como el que presenta en la actualidad, puesto que la fabricación y posterior suministro de equipos motores era muy diferente al actual, ahora no se mantienen piezas ni motores en stock, de manera que cuando se avería un componente esencial y muchas veces ni siquiera esencial, el suministro no está garantizado, estas últimas décadas los plazos de entrega de equipos y de recambios se han venido alargando cada vez más, de manera que si se sufre la avería de un motor y este queda invalidado para su función, puedan plantearse dos situaciones diferentes anteriormente mencionadas.

Es difícil de asegurar de manera rigurosa el número de horas de servicio que puede realizar un motor antes de que sea necesario cualquier intervención en el mismo. Estas horas preestablecidas no habrá que sobrepasarlas para no

correr el riesgo de anulación de la garantía. Más que recomendable leer al completo el documento técnico antes de arrancar por primera vez el motor.

El comportamiento de los diferentes órganos de un motor depende de una variedad de factores, los más conocidos y principales son:

Modo de utilización de un motor.

Presión y temperatura ambiente.

Número de horas de utilización a plena carga.

Número de horas de utilización a pleno régimen.

Calidad de combustible y de aceite.

Regularidad de los vaciados y de los cambios de filtro.

Atención tenida durante el calentamiento del motor después del arranque.

Cuidados habidos durante los diferentes reglajes y durante el montaje.

Parámetros de motor: temperaturas de refrigeración, caudales, avance de inyección...

3.2. DESCRIPCION DE LA OBRA.

Una vez puestos en antecedentes y habiendo localizado la avería junto con los problemas que conlleva la misma, paso a desarrollar los trabajos que se van a realizar.

3.2.1. Motor propulsor.

Se cambiará el motor actual, Mitsubishi S6R2 T2MPTK, tarado a 720 CV, por un motor Guascor SF 240 TA tarado a 750 CV, así como su reductora que se mantendrá a excepción de los equipo auxiliares conectados.

El buque dispone en la actualidad de un único motor principal, (*S6r2-t2mptk - motor intraborda by mitsubishi equipment europe | nauticexpo, s. f.*), con las siguientes características reflejadas en la tabla uno:

Tabla 1: Características del motor Mitsubishi S6R2 T2MPTK.

MARCA	MITSUBISHI
MODELO	S6R2-T2MPTK
CABALLOS	720 CV
TIEMPOS	4 TIEMPOS
POTENCIA TARADA	530kW@1400 rpm
CILINDROS	6 EN LINEA
CILINDRADA	30000 CC
DIAMETRO X CARRERA	170 x 220 mm
PESO	2890 kg

Fuente: Elaboración propia.

Para conocer su cilindrada comenzaremos definiendo lo que se entiende por cilindrada de un motor, siendo el volumen que queda comprendido entre el punto muerto superior y el punto muerto inferior del pistón, esto es para un cilindro, en este caso como son seis será el de uno de ellos multiplicado por los seis totales. Por lo tanto, llego a esta conclusión a través de un cálculo con la siguiente formula:

$$V_T = \pi * \frac{D^2}{4} * C * N$$

Siendo:

V_T = Cilindrada total

D= Diámetro

C= Carrera

N= Numero de cilindros

$$V_T = \pi * \frac{170^2}{4} * 220 * 6$$

$$V_T = 29961369.1 \text{ mm}^3$$

Pasando los mm^3 a cm^3 (cc)

$$V_T = 29961369.1 \text{ mm}^3 * \frac{1 \text{ cm}^3}{10^3 \text{ mm}^3} = 29961 \text{ cc} \cong 30000 \text{ cc}$$

Para saber sus Caballos (C.V.) lo averiguó a través de una conversión de KW a C.V. con la siguiente proporción:

$$1 \text{ Kw} = 1,3596 \text{ Cv}$$

Siendo para este motor 530 KW multiplicado por 1,3596 C.V. dando como resultado 720 C.V.

$$530 \text{ Kw} * 1,3596 \text{ Cv} = 720.588 \text{ Cv}$$

Este motor cumple con las últimas regulaciones del nivel dos de la OMI se caracteriza por alta potencia y eficiencia energética. Las culatas del motor se dividen individualmente por cilindro, su bomba de inyección de combustible y turbocompresor aportan una excelente combinación de combustión con un regulador hidráulico o electrónico para proporcionar un control óptimo del motor. El dimensionamiento del motor se puede apreciar en los anexos en su plano de servicios y físicamente del exterior en la ilustración cuatro.

Dispone de un método de refrigeración con un circuito de refrigeración de alta y baja temperatura separado; un refrigerador de aire de carga refrigerado directamente por agua de mar.

Una relación de compresión de 14.0:1 queriendo decir esto que la mezcla se ha expandido 14 veces su volumen después de arder. Cada cilindro tiene su propia culata y el motor cuenta con grandes tapas de inspección en el cárter. De inyección directa.

La salida de escape, con silenciador de entrada de aire que tiene pre limpiador. Un sistema eléctrico de 24 voltios.

Un enfriador de aceite con termostato además un enfriamiento de pistón a través de inyectores de aceite.

Ilustración 4: Motor Mitsubishi S6R2 T2MPTK.



Fuente: Manual de especificaciones técnicas.

Dicho motor será sustituido por uno Guascor SF 240 TA (*Guascor naval* -, 2022). toda su información la citamos en la tabla dos detallada. La cual la podremos usar para comparar con el Mitsubishi y así valorar cuál de los dos motores sería el más rentable si el Mitsubishi reacondicionado o el Guascor Nuevo.

Tabla 2: Características del motor Guascor SF 240 TA.

MARCA	GUASCOR
MODELO	SF 240 TA
CABALLOS	750 CV
TIEMPOS	4 TIEMPOS
POTENCIA TARADA	552kW@1600 rpm
CILINDROS	8 EN LINEA
CILINDRADA	24000 CC
DIAMETRO X CARRERA	152 x 165 mm
PESO	3500 kg

Fuente: Elaboración propia.

Como hemos citado anteriormente la definición de cilindrada, a continuación, aplicamos la fórmula para saber la cilindrada del nuevo motor y así poder comparar entre ambas.

$$V_T = \pi * \frac{D^2}{4} * C * N$$

Siendo:

V_T = Cilindrada total

D= Diámetro

C= Carrera

N= Numero de cilindros

$$V_T = \pi * \frac{152^2}{4} * 165 * 8$$

$$V_T = 23952507.7 \text{ mm}^3$$

Pasando los mm^3 a cm^3 (cc)

$$V_T = 23952507.7 \text{ mm}^3 * \frac{1\text{cm}^3}{10^3\text{mm}^3} = 23952\text{cc} \cong 24000\text{cc}$$

Para saber sus Caballos (C.V.) lo averiguó a través de una conversión de kW a C.V. con la siguiente proporción:

$$1\text{Kw} = 1,3596\text{Cv}$$

Siendo para este motor 552 kW multiplicado por 1,3596 C.V. dando como resultado 720 C.V.

$$552\text{Kw} * 1,3596\text{Cv} = 750.49\text{Cv}$$

Este tipo de motor Guascor se ha diseñado para conseguir altas prestaciones en duras condiciones de trabajo, los materiales y componentes son de alta calidad y han sido sometidos a rigurosas pruebas de esfuerzo y ensayos el diseño además cumple con las últimas regulaciones del nivel dos de la OMI.

Los motores tienen culatas individuales y amplias puertas de registro en el bloque para así poder acortar el tiempo de intervención en el mantenimiento y reparación motor son de cuatro tiempos, con inyección directa sobrealimentados y post-enfriado con cuatro válvulas por cilindro.

Este motor al igual que el Mitsubishi tiene una relación de compresión de 14.0:1 queriendo decir esto que la mezcla se ha expandido 14 veces su volumen después de arder.

Se dotan de una turbo alimentación en la aspiración y un post-enfriado con un tipo de rotación antihoraria. Un nuevo tipo de diseño de pistón con sistemas

de refrigeración de camisas y culatas garantizando un equilibrio térmico evitando así desgastes y aumentando la duración de los componentes del motor. El dimensionamiento del motor se puede apreciar en los anexos en su plano de servicios y físicamente del exterior en la ilustración cinco.

Ilustración 5: Motor Guascor SF 240 TA.



Fuente: Manual de especificaciones técnicas.

3.2.2. Servicios acoplados, Desmontaje y Montaje.

El cambio será del motor, así como de sus servicios acoplados, por lo que se cambiarán los actuales por nuevos equipos:

Se puede considerar que los pesos del material a instalar equivalen a los pesos del material a retirar, así como su posición.

La realización de la obra será a través de una apertura de cesárea abatible en el costado de babor mediante embisagrado para poder cerrar diariamente como se puede apreciar en la ilustración seis. Seguido de un desmontaje del piso de planchas, apreciándose en la ilustración siete. Toda la obra será en seco, dado que se verificará el estado del eje y la hélice pudiendo llegar a la modificación de estos si fuese necesario, por lo que se desarrollarán las

siguientes etapas, para poder identificar las diferentes partes del motor y tener una referencia (Kates, 2021).

Ilustración 6 y 7: Cesárea para extracción del motor y retirada de planchas.



Fuente: Aportación Propia.

Desconexión y extracción de tuberías y bombas de los servicios del motor actual: combustible, agua salada, escapes, lubricación se pueden apreciar todas la tuberías en la ilustración ocho.

Ilustración 8: Desconexión de las tuberías del motor a la sala maquinas.



Fuente: Aportación propia.

Desconexión y retirada de los servicios de los sistemas de gobierno, eléctrico-electrónico junto con el panel de control, la consola de visualización en puente de mando, además de todo el cableado de estos y el que comunican la superestructura con la sala de máquinas.

Desconexión y extracción de las líneas y tuberías de la sala de máquinas siendo estas las de agua salada de alimentación, línea de agua de

alimentación al motor principal, tubería de alimentación a bombas de baldeo, contraincendios, achique, combustible pudiendo observar la salida de combustible en la ilustración nueve, bomba de servicios generales y las tuberías de descarga de las anteriormente citadas.

Ilustración 9: Tuberías de combustible de la sala de máquinas.



Fuente: Aportación propia.

Desconexión y extracción del eje de cola, desacoplamiento interno de la reductora del plato de acoplamiento como se aprecia en la ilustración 10 siendo esta con el eje acoplado a la reductora y la ilustración 11 desacoplado del eje a la reductora, para continuar con la retirada del eje de cola.

Ilustración 10 y 11: Desconexión del eje de cola



Fuente: Aportación Propia.

Es la ilustración 12 se muestra la reductora vieja con el plato de acople al motor.

Ilustración 12: Acople reductora- motor.



Fuente: Aportación propia

En la ilustración 13 y 14 vemos la otra parte de la reductora que es la que sustenta el eje de cola desconectada.

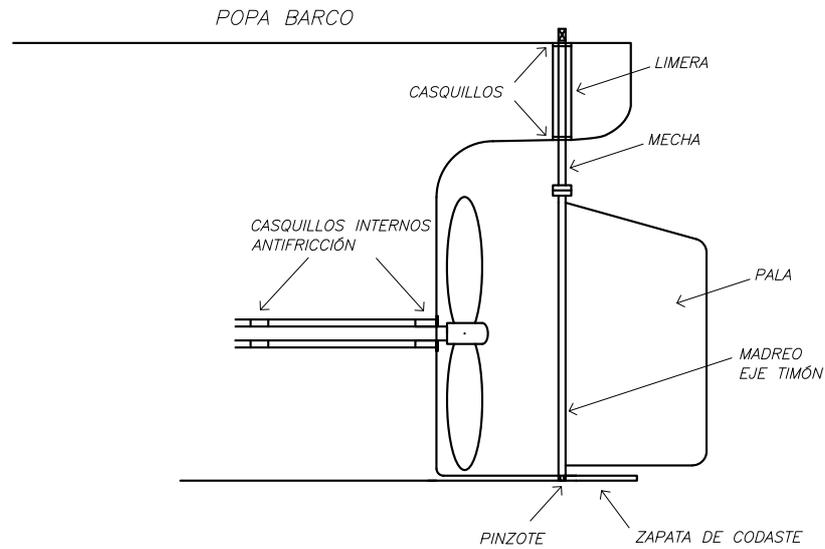
Ilustración 13 y 14: Acople reductora-eje.



Fuente: Aportación propia

Desmontaje y extracción del timón, comenzando por una retirada de la pala con un desacople del plato superior de la madre a la mecha superior del timón, acto seguido se desconectará la mecha del mecanismo de accionamiento. Para así poder comprobar el pinzote y su casquillo de alojamiento, por el lado opuesto se comprueba los casquillos de ajuste que se encuentran en la sobre la mecha en la limera. Para un mejor entendimiento en la ilustración 15, 16 y 17, las diferentes partes del timón y la hélice pudiéndose observar en los anexos.

Ilustración 15: Partes del sistema de gobierno y propulsión.



Fuentes: Diseño propio en AutoCAD.

Ilustraciones 16 y 17: Timón y eje.



Fuente: Aportación Propia.

Desmontaje y retirada de la hélice, extrayendo la tuerca de esta para examinar el chavetero (cono), núcleo, chaveta casquillos antifricción pudiéndose observar el conjunto de estos en la ilustración 18 y 19.

Ilustración 18 y 19: Tuerca de hélice, Eje sin hélice.



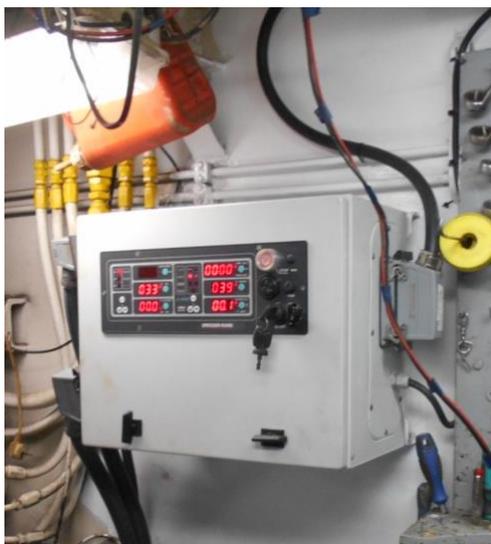
Fuente: Aportación propia.

Desconexión del motor de su bancada y retirada de este a través de la apertura de cesárea.

Una vez terminada las labores de desconexión y retirada de todo lo mencionado se realiza la verificación de algunos equipos y partes de la máquina, para así poder reutilizarlos y valorar su cambio si fuese necesario, comenzamos entonces el montaje de los componentes y la nueva unidad del motor.

El emplazamiento del nuevo motor será en la misma ubicación del actual, corrigiendo únicamente la altura de las patas de la bancada, de forma que se adapte a las alturas del nuevo motor, respetando la misma posición de línea de propulsión y reductora. Debido a que es un motor de marca y modelo diferente se instalará un nuevo armario de control junto con una nueva instalación de consola de visualización en el puente de mando renovando todo el cableado desde la sala de máquinas al puente, un ejemplo del armario en la sala de máquinas sería la ilustración 20.

Ilustración 20: Nuevo armario de control



Fuente: Aportación propia.

Introducir el nuevo motor y la reductora viéndose estos en las ilustraciones 21 y 22.

Ilustración 21 y 22: Motor nuevo y Reductora nueva.



Fuente: Elaboración propia.

Modificar la bancada-polín del motor de acuerdo con las diferencias longitudinales y verticales entre las patas de anclaje de los dos motores. Un ejemplo del ajusta es la ilustración 23 y 24.

Ilustración 23 y 24: Ajuste de bancada.



Fuente: Aportación propia.

Se ajustará la bancada y alineará el motor-reductora a la línea de ejes. Como muestro en las ilustraciones 25 y 26.

Ilustración 25 y 26: Ajuste de reductora.



Fuente: Aportación propia.

Taquear el motor y fijar los pernos de forma definitiva apreciada en la ilustración 27 y 28.

Ilustración 27 y 28: Fijación de pernos definitiva de motor y reductora.



Fuente: Aportación propia.

Conectar los nuevos servicios del motor (tuberías) adaptándolos a la posición actual es decir que será aprovechada la del motor retirado para el nuevo motor, no siendo necesaria más que su modificación de forma que se adapten a la posición de conexión, sin embargo, se respetarán las medidas nominales actuales (diámetros, longitudes), y únicamente se corrigen los tramos iniciales para lograr la comunicación con el motor. Un ejemplo de su conexionado se muestra en las ilustraciones 29,30,31.

Ilustración 29, 30,31: Conexión del motor a la refrigeración, escape.



Fuente: Aportación propia.

Siendo nuevas las conexiones (tuberías/líneas) de la sala de máquinas para el nuevo motor (alimentación y descarga de: combustible, agua salada, lubricación, escapes conexión de los servicios auxiliares), la alimentación de agua salada para refrigerar el motor se muestra en la ilustración 32,

apreciándose una puntualización de esta línea en el anexo “plano orientativo de las Líneas/ tuberías a cambiar del sistema de agua salada de refrigeración al motor”. Se instalará una toma de fuerza de polea por proa del motor para el acoplamiento de bombas para así poder realizar la conexión de los mecanismos de achique, contra incendios, hidráulica.

Ilustración 32: Líneas de la sala de máquinas de refrigeración.



Fuente: Aportación propia.

Montaje de eje, hélice y timón con resultado en la ilustración 33 y 34.

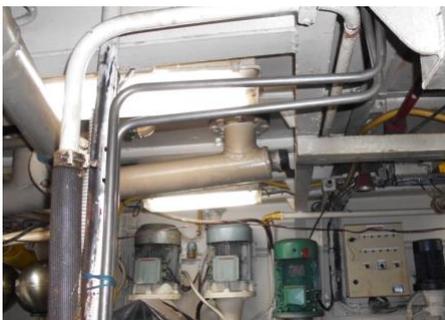
Ilustración 33 y 34: Eje nuevo de la hélice y pala del timón.



Fuente: Aportación Propia.

Conexión de los servicios de los sistemas de gobierno, eléctrico- electrónico, seguridad, agua dulce, ventilación, etcétera que comunican la subestructura y sala de máquinas se aprecia las canaletas metálicas en la ilustración 35.

Ilustración 35: Canaletas de conexión del armario sala maquinas/ puente.



Fuente: Aportación propia.

Montaje y soldadura de piso de planchas seguido de un cierre y soldadura de la cesárea de popa apreciada en la ilustración 36.

Ilustración 36: Cierre de cesárea.



Fuente: Aportación propia.

Limpiar, cepillar y sanear la soldadura de la cesárea y pintar la zona con imprimación previa.

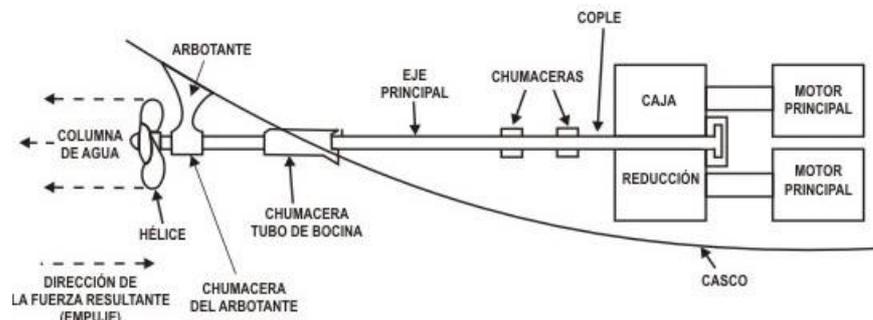
Realizar pruebas de funcionamiento del nuevo motor propulsor y todos los servicios afectados a la obra.

Las modificaciones no afectan a las características principales del buque, ni a la estructura, número de tripulantes y su habilitación, capacidad de pesca ni arque.

3.2.3. Línea de ejes. (Cálculo de diámetro, Esfuerzos).

La conexión entre el propulsor “hélice” y la maquina propulsora “maquina principal” es el sistema de ejes el cual debe mantenerse operativo durante toda la vida del buque sin fallar. Este sistema efectúa la conversión del movimiento de rotación de la maquinaria principal en potencia de empuje para poder propulsar la embarcación. Toda la información recopilada ha sido con (Amé, 2021) todo el libro en si ha sido utilizado. Para tener perspectiva más acertada se consigue a través de la ilustración 37.

Ilustración 37: Unidad propulsora.



Fuente: Archivo ricepropulsion.com

La línea de ejes debe de cumplir una serie de propósitos básicas para conseguir la mejor operatividad del buque, los propósitos son:

- Aguantar el peso de la hélice.
- Transmisión correcta de la potencia de la maquina principal al propulsor.
- Impedir la formación de vibraciones perjudiciales.
- Capacidad de soportar la carga de operaciones con seguridad, así como cambios de marcha y maniobras de alta velocidad.

- La facultad de transmitir el empuje desarrollado por el propulsor al casco.

En la ilustración 38 y 39 se muestra el eje de cola extraído del barco, junto con el plato de acople para a la hélice y el chavetero, que será sometido a un pulido y verificación de medidas, para a continuación durante el montaje alinear el sistema hélice – chumacera – reductora.

Ilustración 38 y 39: Eje de cola.



Fuente: Aportación propia.

3.2.3.1. Cálculo de diámetros de la línea de ejes.

Los ejes de propulsión y las hélices deben estar de acuerdo con los requisitos aplicables de las “reglas para la construcción y clasificación de buques de acero”, este auto para los buques de menos de 30,5 m (100 pies) de longitud.

El cálculo del diámetro mínimo del eje (que soportaría la maquina) a raíz del cual todos los demás diámetros posibles serian válidos.

$$d = c \sqrt[3]{\frac{K * H}{R}}$$

d= diámetro del eje en mm.

K= factor de servicio de la tabla 26.1. En la ilustración 40.

H= caballos de fuerza a la velocidad nominal.

R= revoluciones del eje por minuto a la velocidad nominal.

C= una constante de la tabla 3.

Tabla 3: Para la obtención de C.

Unidades Métricas		
Tipo de eje	K<75	K=>75
Eje de línea	23.13 (0.95)	20.32 (0.80)
Eje de hueco	25.40 (1.00)	24.13 (0.95)
Eje de cola	25.40 (1.00)	25.40 (1.00)

Fuente: Elaboración propia.

Se tendrá en cuenta especialmente como alternativa, el eje diseñado con un factor de seguridad de al menos 2.0 basado en un análisis detallado de fatiga.

Ilustración 40: Tabla: Factor K.

TABLE 26.1
Service Factor *K*

Shaft Material	Minimum Yield Strength at 0.2% offset kg/mm ² (psi)	Minimum Elongation in 50 mm (2 in.) %	Yachting Service	Commercial Vessels up to 20 m (65 ft)	Commercial Vessels 20 m (65 ft) to 30.5 m (100 ft)
Carbon and Alloy Steels (unprotected)	21 (30,000)	20	49	61	90
Carbon and Alloy Steels (protected)	21 (30,000)	20	43	50	75
Austenitic Stainless Steels	24.6 (35,000)	40	43	50	75 ¹
Age Hardened Martensitic Stainless Steels	73.8 (105,000)	16	23	35	45
Nickel Copper Alloys	73.8 (105,000)	20	23	35	45

Notes

- 1 Increased dimensions may be required where critical-speed or vibratory torque arrangements are not favorable.
- 2 The shaft material specification together with physical properties is to be indicated on the submitted shafting drawings and the material specification is to be stamped on the forward end of the shaft. When alloys not represented in Table 26.1 are proposed as shafting material, both the material and shaft size will be subject to special consideration.
- 3 The thickness of shaft coupling flanges is not to be less than the minimum required diameter of the coupling bolts, and the fillet radius at the base of the flange is not to be less than one-eighth of the shaft diameter.
- 4 Carbon and alloy steel shafts are considered to be protected when fitted with continuous liners or equivalent such as an oil-lubricated bearing arrangement or when fiberglass reinforced plastic is applied by approved means between non-continuous liners.
- 5 The service factors for protected carbon and alloy steel shafts are to be used in the calculation of line shafting.

Fuente: Libro de normas para la construcción y clasificación de buques (American Bureau of Shipping)

3.2.3.2. Esfuerzos a los que es sometido el eje.

Son tres los esfuerzos a los que se somete el eje: Toda la información aportada en este apartado ha sido ampliada y verificada gracias a (*Timoshenko, 1980*).

- **Torsión**
- **Flexión**
- **Empuje**

Esfuerzo axial (esfuerzo de compresión y tracción son un resultado de las cargas axiales:

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

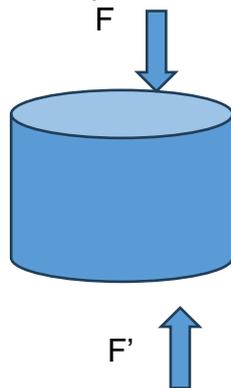
Esfuerzo axial

Siendo nuestro caso ejes circulares y sección hueca la fórmula será la siguiente:

$$\sigma = \frac{4 * F}{\pi * d^2}$$

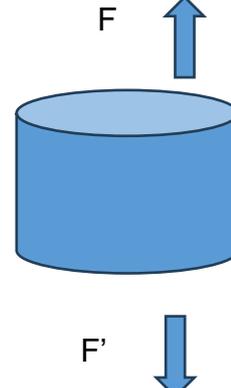
Esfuerzo axial para sección circular hueca

Ilustración 41: Compresión



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 42: Tracción



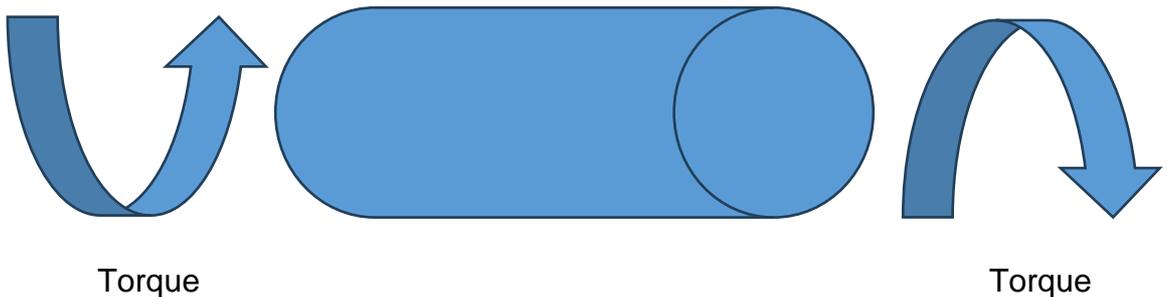
Fuente: Elaboración propia

Siendo $F=F'$ por la condición de equilibrio (Ley de Newton).

Esfuerzo de torsión estas fuerzas se producen como consecuencia del par torsor siendo originadas por el motor propulsor al girar y la resistencia

oponente al giro del eje. Después de la aplicación del momento torsor las deformidades se mantienen planas, siendo una deformación elástica la que corresponde a la rotación de una sección con respecto al anterior manteniéndose la forma geométrica del eje cilíndrico cabe citar que la torsión pura el reparto de las tensiones cortantes es inexistente en el centro y máxima en el diámetro.

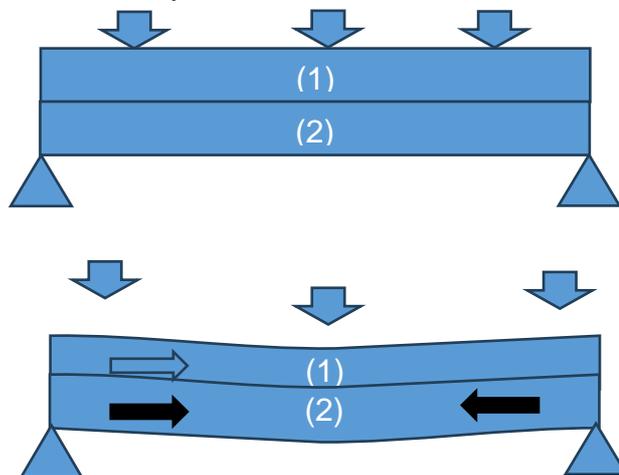
Ilustración 43: Esfuerzo de torsión.



Fuente: Elaboración propia.

Esfuerzo de flexión resistencia que opone un cuerpo a ser doblado por una fuerza que actúa en dirección perpendicular a su eje.

Ilustración 44 y 45: Esfuerzo de flexión



Fuente: Elaboración propia.

(1) Compresión

(2) Tracción

La flexión pura se considera tal cuando las secciones transversales no se modifican manteniendo sus formas planas.

La teoría de la resistencia de materiales define el esfuerzo máximo a la flexión que debe soportar el eje según la siguiente ecuación:

$$\sigma = \frac{32 * M_f * d}{\pi * d^3}$$

Esfuerzo máximo a flexión

M_f -Momento flector al que está sometido el eje (Nmm).

Para calcular el diámetro del eje tomaremos la carga más favorable dada en operación y la peor actitud del material. Tendremos en cuenta que la fuerza que exige más diámetro es la de torsión puesto que es la que compromete más el eje siendo la axial y la de flexión menos restrictivas.

Continuaremos con la fórmula de la tensión cortante:

$$\tau_c = \frac{16 * M_f * D}{\pi * d^3} \text{ (Nmm)}$$

Tensión cortante

Con esta ecuación despejamos D para así poder hallar el diámetro exterior. Obteniéndose el diámetro mínimo para el eje según la resistencia de materiales se llegaría a la conclusión de que todos los diámetros a partir de este mínimo serían válidos.

El **empuje** es la fuerza con la que la hélice tira del barco hacia delante siendo distinto el empuje si utilizamos distintas hélices e incluso el empuje varía con una misma hélice cuando el barco se mueve a diferentes velocidades.

El empuje será mayor cuanto más masa de agua salga expulsada creciendo al aumentar la velocidad a la que sale proyectada hacia atrás. De esto es la hélice la única responsable.

3.2.4. Reductora. (Tipos, Selección).

La reductora es un elemento de máxima importancia para que la hélice trabaje correctamente siendo un mecanismo de alta fiabilidad su misión es la de transmitir la potencia del motor propulsor hasta la propulsión de una manera eficaz para que pueda girar en ambos sentidos.

Existen diferentes tipos dependiendo del tipo de barco y de las potencias de motor, y la reductora es una pieza compacta que lleva dentro varios engranajes teniendo un eje de entrada (absorbe el movimiento del motor a una velocidad elevada) siendo los engranajes internos los encargados de transmitir el movimiento final a un eje de salida.

3.2.4.1. Tipos de reductoras.

Las podemos clasificar en cuatro grupos dependiendo del mecanismo interno utilizado.

- Sin fin-corona: Este tipo de reductoras está limitado debido a la que tiene mucha pérdida de potencia caracterizada por tener como eje de entrada intermitente un tornillo sin fin girando en contacto con una corona dentada.

Siendo el número de dientes el condicionador del coeficiente de reducción de velocidad.

- De Engranajes: cabe destacar que este tipo de reductoras tiene una elevada eficacia, requiere poco mantenimiento y un tamaño reducido. Conjunto de par o más pares de engranajes relacionados entre sí,

consiguiendo en cada pareja de engranajes una reducción de la velocidad en los engranajes anteriores.

- **Cicloidales:** caracterizadas estas reductoras por su baja fricción comparada con los normales formando una leva excéntrica un conjunto de cojinetes un disco cicloidal y un eje de salida.
- **Planetarios:** este tipo de reductoras cada vez es más utilizado. Compuesto por un engranaje llamado “corona interna” en el centro del mecanismo, alrededor del que gira múltiples engranajes denominados satélites o planetas. Como ventajas diremos que dispone de mayor precisión repetibilidad, mayor eficiencia y durabilidad, así como su versatilidad. Así como la reducción del ruido del motor y la mejora de la transmisión de par.

3.2.4.2. Selección de reductora.

Para realizar una selección de la reductora en un proyecto deberemos tener en cuenta las siguientes puntualizaciones:

Fijar una relación de reducción que permita que el propulsor como el motor funcionen en las velocidades determinadas en el proyecto del propulsor y de las especificaciones del motor evitaremos así cargas en estos.

Se evitará que la reductora absorba una potencia superior a lo estrictamente necesario ayudando a esto a evitar un aumento de peso de la reductora disminuyendo el encogimiento de esta dentro de la sala de máquinas.

La reductora elegida deberá de ser capaz de mantener su integridad al absorber la potencia máxima que le ha sido generada por el motor propulsor.

Deberá tener la posibilidad de instalar una “toma de fuerza” para conectar un alternador.

Optaremos por un inversor/reductor Guascor serie R-240, un ejemplo visual de la reductora seleccionada se aprecia en la ilustración 46.

Ilustración 46: Reductora Guascor R-240



Fuente: Especificaciones técnicas de manual de reductoras Guascor.

Está concebido para que funcione exclusivamente con un aceite monogrado de viscosidad SAE 30. La serie 240 está adaptado para la instalación de indicadores de presión y de temperatura, se recomienda la instalación de indicadores de presión de aceite. El inversor/reductor de la serie 240 lleva incorporado un filtro de aceite tipo limpiable, debiéndose realizar la limpieza en cada cambio de aceite que se realice al equipo.

En la tabla 4 encontramos las características de las reductor.

R 240

Tabla 4: Características R 240

RED.	RPM MAX	PESO	ROTACION	POTENCIA kW/HP		
				1200	<u>1600</u>	1800
2,90	2500	1035	L/R	343 /467	458/622	515/622
3,91	2500	975	L/R	343 /467	458/622	515/622

RED.	RPM MAX	PESO	ROTACION	POTENCIA kW/HP		
				1200	<u>1600</u>	1800
4,95	2500	970	L/R	343 /467	458/622	515/622
2,90	2500	1035	L/R	378/513	503/684	566/770
3,91	2500	975	L/R	378/513	503/684	566/770
<u>4,95</u>	<u>2500</u>	<u>970</u>	<u>L/R</u>	378/513	<u>503/684</u>	566/770

Fuente: Elaboración propia.

Dentro de las posibles reductoras tenemos tres opciones según su reducción una de 2,90 de reducción otra de 3,91 de reducción y por último 4,95 de reducción, a su vez también varía dependiendo de las revoluciones 1200 rpm, 1600 rpm, o 1800 rpm por lo tanto para saber cuál sería la más adecuada a nuestro motor que es de 1600 revoluciones haríamos el siguiente cálculo las revoluciones entre la reducción para así saber cuántas vueltas da el motor para que la hélice de una.

A continuación, calculo cuál de las tres reducciones sería la óptima para 1600 rpm. Cuantas menos vueltas de la hélice mejor.

$$Rev_{Helice} = \frac{RPM}{Reducción}$$

$$Rev_{Helice} = \frac{1600}{2,90} = 551,72$$

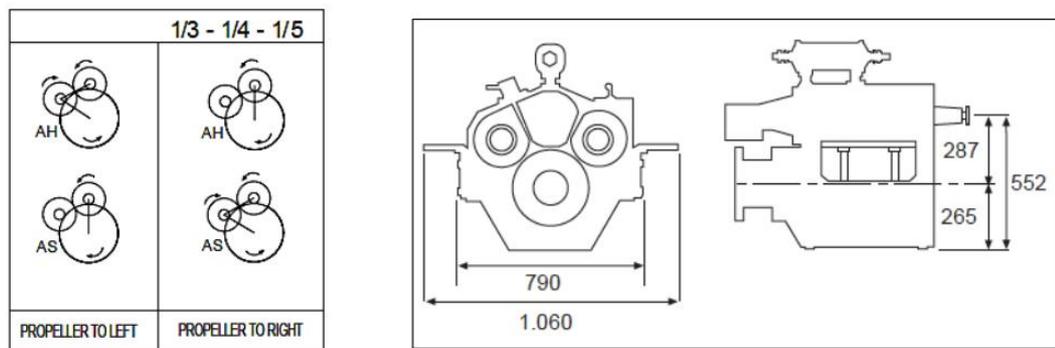
$$Rev_{Helice} = \frac{1600}{3,91} = 409,20$$

$$Rev_{Helice} = \frac{1600}{4,95} = 323.23$$

Con los cálculos realizados llego a la conclusión de que la reductora correcta sería 4,95:1 a 1600 rpm, 503Kw, 603Hp.

En una primera puesta en marcha, hay que evacuar la cantidad de aceite que se acumula en el fondo del cárter de aceite (cárter inferior) del inversor/reductor durante el periodo de almacenaje e instalación, teniendo este cárter una capacidad de 25 litros. (Guascor naval -, 2022). En la ilustración 47 se encuentran las dimensiones de nuestra reductora R-240 y el funcionamiento según la dirección de giro.

Ilustración 47: Dimensiones de la reductora Guascor R 240 y sentido de giro



Fuente: Especificaciones técnicas de manual de reductoras Guascor.

3.2.5. Hélice (Tipos y Selección, Ajuste).

Partiendo como definición de propulsión al “conjunto de maquinaria” necesaria para transformar la energía rotativa que sale del motor en movimiento que llega a la hélice, generando esto una fuerza perpendicular al eje de rotación de dicha hélice (empuje) que provoca el movimiento del buque.

3.2.5.1. Tipos de hélice.

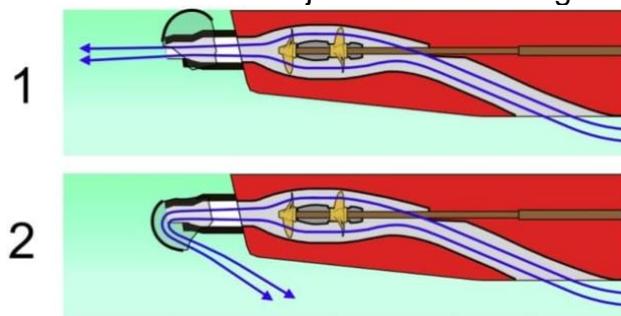
A continuación, describo los diferentes tipos de hélice que se pueden encontrar dependiendo de sus características: Esta información se ha

encontrado («¿Qué tipos de Hélices para Barcos existen?» 54) siendo de gran ayuda para el entendimiento de estas.

- Hélices de paso fijo (FPP): Las hélices de paso fijo o de paso constante son las más comunes por su bajo coste económico (remolcadores, arrastreros, pesqueros). Son aquellas cuyo paso es único y no es modificable por mecanismo alguno. Siendo fáciles de fabricar, poseen un núcleo de pequeño tamaño, la raíz de la pala determina la longitud del núcleo, la potencia absorbida varía con la velocidad de la hélice. La energía del motor es distribuida por igual en todo el aspa de la hélice a excepción de los ángulos.
- Hélices de paso variable: Serán para grandes barcos o embarcaciones deportivas en las que se necesiten alcanzar altas velocidades, las hélices necesitan que la energía que pase de manera diferente según su radio generalmente se reduce el paso en la punta para que la hélice tenga menos presión.
- Hélices de paso controlable (CPP): Son este tipo de hélices las que permiten al capitán poder ajustar el paso de energía desde el motor gracias a un mecanismo hidráulico o asistente de propulsión mecánico que hace que las aspas giren sobre su propio eje. Tienen muchas ventajas, pero el coste económico es elevado.
- Hélices con tobera o hélice carenada: Para un entendimiento mejor he accedido a este tipo de hélice gracias a («Principales Sistemas de Propulsión en Buques» 55). Son hélices rodeadas por un perfil hidrodinámico que incrementa el empuje hasta un 40 %y mejorando la eficiencia, las hay diseñadas para que el empuje sea hacia delante o hacia ambas direcciones. Solo deberían ser instaladas en embarcaciones de baja velocidad(dragas).

- Propulsor Azimutal: Estos son los sistemas los que giran 360°, por lo que son sistemas de gran utilidad para los buques en los que la maniobrabilidad es muy necesaria.
- Hidrojets o chorro de agua: Son sistemas que trabajan de manera muy similar al de una bomba de succión para la propulsión de una embarcación utilizados generalmente en buques de alta velocidad (patrulleras) viendo su manera de trabajar en la ilustración 48.

Ilustración 48: Hidrojets o chorro de agua



Fuente: Archivo centramar.es

- Hélices contra rotativas (CRP). Utilizadas estas hélices en torpedos y en bote rápidos por su gran eficiencia gracias a sus propiedades hidrodinámicas funcionando con la posibilidad de contra rotación que ahorra hasta un 15 % de potencia.
- Hélices CLT: Con este tipo de hélices se ha verificado un ahorro en el consumo de combustible de más de un 10 % la diferencia con los modelos convencionales viene dada por la que en los extremos de las palas hay unas placas de cierre que genera una presión en esta zona.
- Propulsores de eje vertical Voith-Schneider: Su nombre viene dado por su inventor un ingeniero austriaco (1926) y la empresa que lo fabrica (Alemana). Estos propulsores poseen una rueda con paletas articuladas y piezas hidrodinámicas gracias a las cuales, cuando giran, consiguen un empuje positivo.

- Rueda de Paletas: Es uno de los sistemas de propulsión más antiguos, usado en los primeros barcos de vapor. Las primeras paletas eran de madera posteriormente dieron paso al hierro, teniendo un núcleo central del que parten los radios hacia el exterior.

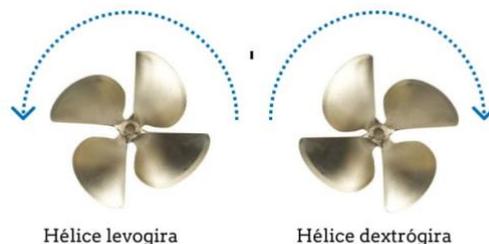
Tomando como clasificación el número de palas de la hélice nos encontramos con:

- Hélices monopalas; sólo cuenta con una pala adecuada para modelos de embarcaciones de velocidad pura.
- Hélices bipalas; con dos palas es sencilla y eficaz, para veleros al no generar resistencia al avance de la embarcación.
- Hélices tripalas; con tres palas colocadas a 120° son más estéticas que funcionales.
- Hélices de más de tres palas; son las más frecuentes en los grandes buques mercantes.

Otra clasificación para tener en cuenta sería la dada por el sentido de giro de las hélices apreciado en la ilustración 49.

- Hélice levógira; las palas de este tipo de hélice giran al sentido contrario de las agujas del reloj (hacia el lado izquierdo).
- Hélice dextrógira; las palas de este tipo de hélice giran en sentido de las agujas del reloj (hacia el lado derecho).

Ilustración 49: Tipos de hélice según su giro.



Fuente: Archivo centramar.es

Según la forma y el material de construcción de la hélice pueden ser:

- Hélices modulares: hélices formadas por piezas diferentes que se ensamblan, usadas en grandes barcos dado que su tamaño va en proporción al buque.
- Hélices moldeadas; en estas hélices son una única pieza montada directamente sobre el eje de esta.

Seleccionando una materia prima correcta para hacer una hélice será de gran importancia para su futuro rendimiento, para mucho tiempo las aleaciones de cobre y níquel – aluminio, el bronce es siempre la primera opción usada ampliamente en la fabricación de hélices marinas. Las hélices pueden ser de los siguientes materiales:

Aluminio: el más utilizado y barato.

Bronce: muy resistente.

Acero inoxidable: muy duro ligero y resistente al agua mejora en gran medida el rendimiento de la hélice.

Acero al carbono: mayor resistencia a los golpes, resistente al agua y pesa poco.

Carbono: empleado para equipos de alto rendimiento con precio excesivo.

Materiales compuestos: combinan varios materiales mejorando el precio, pero no se reparan en caso de rotura.

Las aleaciones de cobre tienen una buena resistencia a la corrosión.

El latón manganeso, aluminio-manganeso latón también se pueden utilizar en algunos países.

El cuproníquel (Cu_3), tiene un excelente rendimiento ante la corrosión y una gran resistencia a la erosión. A la vez que posee una excelente conductividad térmica y eléctrica, buena resistencia al desgaste y un bajo precio.

En la actualidad se están construyendo hélices íntegramente de materiales plásticos y polímeros basados en las estructuras del nylon.

Otra clasificación sería según el método de instalación de la hélice visualizada en la ilustración 50:

- Hélice de eje estándar; conocido también como eje de cola, es apto para hélices de paso fijo y de paso controlable.
- Hélice contra rotativa; instalación de dos hélices (una frente a la otra) en el mismo eje rotando en sentido contrario para ahorrar pérdida de flujo.
- Hélice canalizada; también llamada hélice de boquilla, se instala la hélice sobre una boquilla redonda que la hace más eficiente.

Ilustración 50: Hélices según su método de instalación



Fuente: Archivo centramar.es

Se optará por seleccionar un propulsor para instalar en el buque, por lo que debemos conocer cuál será la función o la finalidad de este. Debemos conocer las distintas condiciones de navegación a las que será sometido para así optar por un propulsor que aún estando en las condiciones de navegación más críticas desarrolle el máximo rendimiento.

Para evitar la resonancia de las vibraciones torsionales en la línea de ejes es recomendable que el número de palas no sea divisor entre el número de cilindros del motor.

Cuanto menos palas tenga el propulsor aumenta el rendimiento. Teniendo en cuenta que un número reducido de estas causa vibraciones en el casco, para buques medianos se recomienda cuatro o cinco palas.

Por lo general optaremos por un propulsor de mayor tamaño dentro de la geometría del casco del buque puesto que al permitir menores revoluciones por minuto (rpm) del propulsor se obtiene un mayor rendimiento de este.

Dicho aumento del diámetro va unido a la distancia longitudinal del propulsor al casco debido a que a mayor distancia entre estos el flujo entra en las hélices con menos perturbaciones provocando una estela uniforme y un aumento del rendimiento del casco.

Al tener en cuenta la distancia entre la hélice y el timón a menor distancia perderemos maniobrabilidad aumentando el posible riesgo de cavitación en la pala del timón buscaremos entonces un equilibrio entre la eficacia de maniobrabilidad y la eficiencia propulsora.

Se debe prestar interés para el cálculo del diámetro propulsor a los huecos entre la hélice y el timón. Estos huecos son la distancia que debe existir entre el casco y la hélice y entre el casco y el timón para evitar la aparición de la cavitación en la superficie del casco siendo esto la causa que provoca las vibraciones y acelera los fenómenos corrosivos.

Se entiende por cavitación cuando una hélice gira sus aspas y expulsa el agua hacia atrás dejando un vacío que es al momento ocupado por nuevas moléculas líquidas.

3.2.5.2. Modificaciones, ajustes y controles realizados en la hélice del buque.

La hélice de propulsión del buque objeto de sustitución de motor, que se ha desarrollado en este Trabajo, es una hélice de paso fijo de cuatro palas, la cual ha sido diseñada y fabricada con el objeto de garantizar las mejores condiciones de operación del buque pesquero, con el máximo rendimiento del motor y manteniendo al mismo tiempo un consumo razonable.

Las pretensiones originales, cuando se procede a la construcción de un buque pesquero y de manera especial en el proceso de selección del motor principal, en cuanto a potencia y revoluciones se refiere, se lleva a cabo en función de las premisas anteriores.

Evidentemente debe tenerse en cuenta que los objetivos anteriores son los pretendidos de manera ideal, la realidad es que al final las condiciones de operación del buque relativas a la actuación del patrón del buque condicionan y modifican el resultado final de todos estos parámetros.

Una mala gestión por parte del patrón de la potencia del motor, en lo que a carga se refiere, puede hacer que el consumo del buque sea elevado y antieconómico, incluso una reiterada actuación negligente puede acarrear y de hecho así sucede en la realidad, problemas de mantenimiento por trabajar el equipo motor, sobrecargado en unos casos y con muy baja carga en otros momentos prolongados en el tiempo.

En muchas ocasiones las hélices de los buques deben ser sometidas a modificaciones, porque el uso que se le da al propio buque no es compatible con los estándares de diseño seleccionados o pretendidos, durante la fase de diseño del propulsor.

Es frecuente que en ocasiones se realicen modificaciones en las hélices, que pueden afectar tanto a sus dimensiones como a su paso, en cualquier caso,

debe tenerse en cuenta que las modificaciones a las que puede ser sometido un propulsor después de haber sido diseñado, para una función determinada, deben realizarse de forma controlada por especialistas y evidentemente tienen un límite a partir del cual debe determinarse que el propulsor no es válido. Deberá fabricarse una nueva hélice con un diseño nuevo.

Son muchos los motivos, por lo que no es habitual que los fabricantes y diseñadores de hélices, accedan con facilidad a modificarlas.

En primer lugar, los fabricantes de hélices están centrados en la fabricación de propulsores de acuerdo a las condiciones de diseño que le impone la ingeniería que ha intervenido en el diseño del propulsor, pero la realidad en el caso de las hélices en muchas ocasiones es muy diferente a las condiciones de funcionamiento pretendidas, no siendo necesario incluir en este Trabajo los numerosos motivos que pueden hacer que un propulsor vaya mal y no cumpla su función satisfactoriamente, o bien que presente problemas relacionados con fenómenos de corrosión, erosión, cavitación y otras cuestiones, que pueden afectar negativamente a su funcionamiento, integridad y rendimiento.

Las cuestiones anteriores que se han planteado pueden dar una idea de la dificultad y alcance del problema, que se presenta en un buque y a un fabricante fundidor de hélices y a su vez al diseñador de estas, cuando el propulsor no funciona o no va bien o cuando presenta alguno de los numerosos inconvenientes planteados.

En muchas de estas ocasiones resulta muy difícil la identificación de los problemas que presentan los propulsores en la fase posterior a su instalación en el buque, en ocasiones la fuente del problema no es única y es frecuente que confluyan en el desarrollo del problema varios motivos o causas, que hacen que su resolución sea dificultosa.

Esta cuestión implica que en muchas ocasiones el ajuste o modificación de alguno de los parámetros de una hélice, no se pueda llevar a cabo en la práctica dando como resultado que el propulsor deba ser desechado y fabricar otro distinto al proyectado inicial. Siendo en otros casos frecuente modificar la hélice radicalmente, incluso cambiando el número de palas y otras características fundamentales del propulsor.

En definitiva, la resolución de problemas en hélices después de finalizado el proceso de diseño y una vez que esta ha sido puesta en función en el buque, es un asunto muy complejo que muchos fabricantes no se atreven o no quieren afrontar, de igual manera es habitual que ni siquiera los diseñadores muchas veces tengan al alcance una solución válida para el problema presentado.

Por último, debemos indicar que en una hélice efectivamente se pueden ejecutar diversas soluciones, siempre claro está, que el problema que presenta el propulsor esté dentro de lo admisible o aceptable, a modo de ejemplo se afrontarán dos casos concretos en los que, introduciendo pequeñas modificaciones en el propulsor, se puede aportar algún tipo de solución al problema.

En el caso de buques pesqueros, en muchas ocasiones el diseño de la hélice termina bien sobrecargando y en otras ocasiones aligerando la carga del motor, por lo cual este en este caso se ve sometido a sobrecarga, se dice entonces que la hélice va muy dura. En otros casos la potencia del motor no se ve lo suficientemente contrarrestada por la hélice (hélice muy blanda) y esto motiva que el motor opere a muy baja carga o al menos por debajo de su límite recomendable.

En caso de sobrecarga del motor continuada no es recomendable desde el punto de vista del mantenimiento, evidentemente se puede bajar carga

desacelerando la máquina propulsora, pero esto siempre repercute en una bajada de la velocidad del buque, lo cual a veces es desaconsejable.

En ambos casos siempre que el margen sea admisible, se pueden adoptar dos soluciones en forma de variación de los parámetros del propulsor, una de ellas es la de variar el paso de las palas, cambiando este en las zonas extremas de las palas que coinciden con las zonas en las que el espesor del material es menor.

Estos procesos deben realizarse bien manualmente mediante sistemas de palanca, deformando las palas convenientemente de manera que el paso cambie en esas zonas seleccionadas y accesibles para realizar esta labor, en este caso las deformaciones efectuadas en cada una de las palas deben ser realizadas con aplicación de calor sobre la zona a deformar, de forma que esta entre en un estado de maleabilidad que permita realizar la deformación requerida.

Otra solución es la del empleo de sistemas hidráulicos, bien con aplicación de calor o en frío si es posible, logrando así que la deformación confiera más o menos paso a estas zonas de manera que se varíe la capacidad de empuje del propulsor.

En otros casos la única solución posible a adoptar es la de eliminar superficie de las palas eliminando una parte del material de los bordes de pala de forma que el empuje se disminuya, al disminuir la superficie de la pala esta solución solamente sería aplicable si lo requerido es que el propulsor aumente de vueltas de funcionamiento.

Debe entenderse que cualquiera de las soluciones que implique una modificación radical (de envergadura) en alguno de los parámetros de la hélice, de forma significativa sería inviable adoptando estas medidas descritas, siendo como se podrá comprender muy complicado alcanzar una

solución en la primera modificación realizada, por lo que es habitual que estas reparaciones o alteraciones se hagan de forma escalonada a base de prueba y error.

Debemos comprender que proceder a una nueva fase de diseño para poder llevar a cabo estas modificaciones resultaría antieconómico y mucho menos someter a nuestro propulsor a procesos de ensayo y pruebas en canales de experiencias, para conseguir el fin de mejora o ajuste pretendido.

En nuestro caso concreto la hélice de propulsión de este buque ha sido trasladada al fundidor original para que, en base a las actuaciones descritas, modifique el paso en zonas del borde externo de las palas, realizando un control dimensional seguido de un pulido, de manera que se ajuste lo mejor posible a las pequeñas variaciones derivadas de la instalación del nuevo motor, de diferente marca y modelo del original instalado en el buque.

En la ilustración 51 y 52 se aprecia la hélice en el torno modificándose el paso de las palas.

Ilustración 51 y 52: Hélice en torno y pulida.



Fuente: Aportación propia.

4. PRESUPUESTO.

4.1. INTRODUCCION.

A continuación se detallará el presupuesto correspondiente a la reparación, el mismo será desarrollado por partidas individuales, detallando los costes unitarios de los componentes, equipos y materiales, utilizados en la labor reparadora o de reacondicionamiento, este conjunto de material, equipo y la mano de obra aplicada conformará el presupuesto final de los diferentes conjuntos o grupos de obra de reparación del equipo y el conjunto de componentes sobre el que se haya efectuado aporte de trabajo materiales o equipo.

Se distinguirá en el presupuesto la parte correspondiente a mano de obra, personal y horas de trabajo empleadas en la labor reparadora, de manera que en el presupuesto se alcance el suficiente detalle como para poder valorar y estimar de forma individual los costes globales de reparación. Al mismo tiempo se pretende que en caso necesario se puedan estimar y calcular fácilmente los valores y costes de reparación de las diferentes áreas objeto de reparación.

Seguidamente citare ciertas aclaraciones y aspectos esenciales para tener en cuenta, con respecto a la labor de elaboración y presentación de este presupuesto.

En la actualidad cuando se solicitan costes para la realización de una obra de reparación (solicitud de los servicios de un Taller Reparador o Servicio Técnico), el resultado es que cuando se recibe la propuesta de Factura Proforma (presupuesto de estas entidades), en numerosas y frecuentes ocasiones el mismo no está convenientemente detallado.

Es muy frecuente que los presupuestos se presenten por partidas generales, es decir se describen los trabajos de reparación de forma descriptiva en lo referente a los trabajos a efectuar, que en muchos casos es escasa y

generalista, para finalmente presentar un importe económico global, que plasma el valor de la totalidad de lo descrito anteriormente, con una cantidad única, que al fin y al cabo es el valor total de la obra.

De esta manera los presupuestos no contienen la información suficiente como para valorar el alcance de la obra y mucho menos sus peculiaridades individuales, este caso es muy frecuente, de manera que cualquier alteración de la obra no quede definida. El tema de descuento de cantidades del presupuesto o aumento de este presenta graves incertidumbres y numerosos inconvenientes, que dificultaran la labor de ponerse de acuerdo en el alcance real de la obra y presentará una gran dificultad en los casos en que haya que valorar bien un aumento o disminución de la mano de obra y de algunos otros aspectos de este presupuesto.

Para poder conseguir un entendimiento y facilitar estos acuerdos posteriores, de forma que ambas partes queden satisfechas, es esencial que los trabajos a realizar, los necesarios para la realización de la obra estén perfectamente detallados con antelación y hayan podido ser objeto de comentario e incluso discusión, si no se realiza un informe detallado del alcance de la obra, los materiales empleados (al menos previstos en la obra de reparación), la mano de obra aportada, consumibles, dietas, transporte, traslados de personal, aporte de medios auxiliares (andamios, grúas, medios de elevación) etc., el resultado final puede ser controvertido.

A pesar de que las cuestiones anteriormente descritas deberían de ser la buena práctica del sector, cierto es que cada vez se entregan los presupuestos de reparación con menos información, un presupuesto que no presente el detalle mínimo necesario para ser fácilmente entendido y evaluado por el cliente, no debería de ser admitido ni aceptado.

Estas cuestiones detalladas que muy posiblemente deberían de parecer aspectos innecesarios a tratar son precisamente fundamentales en la

elaboración del presupuesto de una obra de reparación de gran alcance. Como es la generada en un proceso de cambio de motor de un buque, parecería lógico que este tipo de trabajo pretendido se simplificaría con la frase siguiente: "Sustitución del motor propulsor de un buque pesquero", ojalá fuese una cuestión tan simple como la que se podría interpretar de esta frase, desgraciadamente la realidad es muy distinta siendo realmente una cuestión que económicamente no solo incluye la aportación de un motor y su correspondiente labor de montaje sino que conlleva una serie de trabajos, imprevistos y complicaciones que hacen siempre que el coste económico se dispare debido a la inclusión en la factura final de imprevistos, aportaciones de trabajos y equipos, cuyo importe económico no se contaba ni se preveía.

4.2. CAMBIO DEL MOTOR.

El presupuesto correspondiente al motor propulsor sustituido se deberá componer de los siguientes apartados, según para cada caso, ya sea motor nuevo o motor reacondicionado.

4.2.1. Motor nuevo. Guascor SF 240 TA.

- Suministro del motor propulsor Marca GUASCOR, modelo SF 240 TA, potencia 550 CV.

Coste: 120.000,00 €

El motor GUASCOR deberá ser adquirido con los sistemas de control y equipo de armario de alarmas y supervisión, que forman parte del suministro del fabricante, en cuyo caso el coste no será tenido en cuenta, pero si deberá valorarse la instalación de este equipo (armario de control).

- Instalación a bordo de armario de control del motor, instalación del

cableado de alimentación del equipo, conexión a tensión de 220V C.A. y 24 V C.C. respectivamente.

Coste: 560,00 €

- Instalación de estructura para el soporte de armario, con estructura soldada de angular 60X60 mm.

Coste: 240,00 €

- Conexión con canalización de soporte a través del techo de sala de máquinas e instalación de canaleta de bajada vertical y soporte en plano de sentina. Elaboración de soportes de angular de 40x40 mm, soldadura y tornillería de amarre del sistema de canaleta de paso de cableado, instalación en entramado de planchas de máquinas y techo de compartimento.

Coste: 750,00 €

- Consola de visualización en puente de mando, con instalación de pantalla y mandos de arranque y parada, visión de parámetros de operación, indicador r.p.m., presión, temperatura y parada de emergencia.

Coste: 1.780,00 €

- Cableado de instalación desde la sala de máquinas al puente a través del paso de cableado atravesando las cubiertas, tendido de cableado, mano de obra y conexionado.

Coste: 640,00 €

- Transporte a instalaciones de montaje, camión grúa, valoración 0,60 €/Km, 70 €/h 300 Km.

Coste: 1.040,00 €

- Bomba de prelubricación de aceite manual, suministro con instalación y sistema de bombeo a presión.

Coste: 380,00€

- Bomba de prelubricación eléctrica.

Coste: 820,00€

- Suministro del cuadro arrancador de la bomba de prelubricación, opción manual y automática (presostato de control con conexión y desconexión). No se suministrará cableado de alimentación eléctrica.

Coste: 645,00€

- Suministro de latiguillos de conexionado a la alimentación y retorno de gasoil a pie de motor, con racores para acoplamiento al sistema de alimentación de combustible (longitud 1.500mm).

Coste:380,00€

- Partida correspondiente a la verificación, comprobación, sustitución y adaptación de tuberías de suministro, tanque diario a pie de motor y sistema de retorno (tubería rígida, racores y latiguillos de acople), se incluyen los sistemas de grapas, sujeciones y fijación de tuberías.

Coste: 1,800,00€

- Suministro si se precisa de intercambiador de enfriamiento de combustible gasoil en el tramo de retorno al tanque de diario (control temperatura del sistema de almacenamiento), sistema OPCIONAL, no incluido en el presupuesto.

Coste: 2.450,00€

- Suministro de latiguillos de conexión de aceite de entrada y retorno al enfriador externo, dotados con racores para acoplamiento al circuito general de aceite lubricante.

Coste: 680,00€

A continuación, para poder facilitar un mejor entendimiento del presupuesto del motor nuevo a instalar realizaré una tabla cinco con todas las tareas a realizar y los costes económicos de las mismas de cómo debería ser entregada al cliente.

Tabla 5: Presupuesto del motor Nuevo.

CONCEPTOS	TOTAL, EUROS
1 Motor propulsor Marca GUASCOR, modelo SF 240 TA, tarado a 550 CV. <ul style="list-style-type: none">• Manuales• Certificado de potencia de freno.• Cuadro de instrumento• Caja de accesorios.	120.000,00
Instalación armario de control del motor, instalación del cableado conexión a tensión de 220V C.A. y 24 V. C.	560,00

CONCEPTOS	TOTAL, EUROS
Instalación de estructura SOPORTE de armario, con estructura soldada de angular 60X60 mm.	240,00
Conexionado con canalización de soporte e instalación de canaleta de bajada vertical y soporte en plano de sentina. Elaboración de soportes de angular de 40x40 mm, soldadura y tornillería de amarre del sistema de canaleta de paso de cableado, instalación en entramado de planchas.	750,00
Consola de visualización en puente de mando, con instalación de pantalla y mandos de arranque y parada, visión de parámetros de operación, indicador r.p.m., presión, temperatura y parada de emergencia.	1.780,00
Cableado de instalación desde la sala de máquinas al puente, tendido de cableado, mano de obra y conexionado.	640,00
Transporte a instalaciones de montaje, camión grúa, valoración 0,60 €/Km, 70 €/h 300 Km.	1.040,00
1 Bomba de prelubricación de aceite manual, suministro con instalación y sistema bombeo a presión.	380,00
1 Bomba de prelubricación eléctrica.	820,00
1 Cuadro arrancador de la bomba de prelubricación (presostato de control con conexión y desconexión).	645,00
Latiguillos de conexionado a la alimentación y retorno de gasoil, con racores para acoplamiento 1.500mm.	380,00

CONCEPTOS	TOTAL, EUROS
Tubería rígida, racores y latiguillos de acople, incluyendo los sistemas de grapas, sujeciones y fijación de tuberías de suministro a tanque diario y sistema de retorno con verificación, comprobación, sustitución y adaptación.	1.800,00
Intercambiador de enfriamiento de combustible gasoil (control de temperatura del sistema de almacenamiento), sistema OPCIONAL	2.450,00
Latiguillos de conexión de aceite de entrada y retorno al enfriador externo, con racores para acoplamiento al circuito general de aceite lubricante.	680,00
IMPORTE TOTAL DEL PRESUPUESTO (euros)	131.785

Fuente: Elaboración propia.

4.2.2. Motor reacondicionado. Mitsubishi S6R2 T2MPTK.

- Suministro del motor propulsor RECONDICIONADO marca MITSUBISHI, modelo S6R2 T2MPTK, potencia 720 CV.

Coste: 67.500,00€

- Transporte a instalaciones de montaje camión grúa, valoración 0,60 €/Km, 70€/h 300 Km.

Coste: 1.040,00€

- Bomba prelubricación de aceite manual, suministro con instalación y sistema de bombeo a presión.

Coste: 380,00€

- Bomba prelubricación eléctrica.

Coste: 820,00€

- Suministro cuadro arrancador de la bomba de prelubricación, opción manual y automática (presostato de control con conexión y desconexión). No se suministrará cableado de alimentación eléctrica.

Coste:645,00€

- Suministro de latiguillos conexionado a la alimentación y retorno de gasoil a pie de motor con racores para acoplamiento al sistema de alimentación de combustible (longitud unitaria 1.500mm).

Coste: 380,00€

- Suministro de latiguillos de conexionado de aceite entrada y retorno a el enfriador externo, dotados con racores para acoplamiento al circuito general de aceite lubricante.

Coste: 680,00€

A continuación, se detallará la descripción de las labores de REACONDICIONAMIENTO y del material sustituido/aportado en el proceso de reacondicionamiento del motor además de los trabajos de verificación llevados a cabo.

- Desmontaje completo del motor, lavado y limpieza con elementos desengrasantes de la totalidad de las piezas. Duración del trabajo 24 horas.

Coste: 960,00€

- Verificación de culatas, prueba hidráulica. Duración del trabajo 10 horas.

Coste: 400,00€

- Descarbonización de culatas, sustitución de válvulas y asientos, sustitución de guías de válvula, instalación de válvulas de escape y admisión, esmerilado y ajuste. Tiempo empleado 24 horas.

Coste: 960,00€

- Desmontaje de bloque motor, verificación y medida de alojamientos de cojinetes. Tiempo empleado ocho horas.

Coste: 320,00€

- Desmontaje y verificación de eje/s de levas y cigüeñal, incluye medición y cumplimentación de Protocolo. Tiempo empleado ocho horas.

Coste: 320,00€

- Verificación y desmontaje de distribución, verificación de rodamientos, casquillos y trenes de engranajes. Duración del trabajo siete horas.

Coste: 280,00€

- Verificación de bomba de aceite y sustitución de casquillos. Tiempo empleado cuatro horas.

Coste: 160,00€

- Verificación de bomba A/D, cambio de rodete, sello mecánico y sistema de rodamientos y retenes. Tiempo empleado ocho horas.

Coste: 320,00€

- Verificación de bomba de A/S, cambio de rodete, sello mecánico y sistema de rodamientos y retenes. Duración del trabajo ocho horas.

Coste: 320,00€

- Desmontaje, verificación, limpieza y prueba hidráulica del radiador del intercambio de calor del sistema de intercooler. Duración del trabajo seis horas.

Coste: 240,00€

- Desmontaje, verificación, comprobación en banco equilibrado y sustitución de cojinetes de turbocompresor/s. Tiempo empleado cuatro horas.

Coste: 160,00€

- Desmontaje y verificación de bielas, alineación, comprobación del estado de apoyos en cabeza y pie de biela, encasquillado y sustitución de cojinetes. Tiempo empleado 35 horas.

Coste: 1.440,00€

- Desmontaje de pistones y camisas del bloque motor para la instalación de elementos nuevos, verificación de apoyos en bloque y cambio de juntas de estanqueidad verificando las cajas de alojamiento. Duración del trabajo 24 horas.

Coste: 960,00€

- Montaje del cigüeñal, sistema de cojinetes de sustentación en la bancada, empujes y retenes de cierre de aceite. Duración del trabajo 24 horas.

Coste: 960,00€

- Montaje de camisas en bloque motor. Tiempo empleado 12 horas.

Coste: 240,00€

- Montaje del bloque motor, juntas y elementos de juntas de unión nuevas, así como pasta de juntas en zonas que precise. Tiempo empleado 12 horas.

Coste: 480,00€

- Montaje de pistones y amarre de bielas sobre el cigüeñal motor. Duración del trabajo 12 horas.

Coste: 480,00€

- Montaje de trenes y engranajes de distribución, verificación y control de huelgos e interferencia de dientes en piñones. Duración del trabajo 12 horas.

Coste: 480,00€

El total de horas estimadas con los costes de mano de obra de reacondicionamiento del motor son de 242,00 horas por un importe total de 9.480,00€.

El importe anterior en cuanto a la estimación de mano de obra de 242,00 horas por importe de 9.480,00€ no incluye ningún margen de beneficio comercial, simplemente intenta plasmar los costes de mano de obra netos, que se derivarían de una operación de reacondicionamiento equivalente a la empleada para la reconstrucción de este motor.

A continuación, para poder facilitar un mejor entendimiento del presupuesto del motor nuevo a instalar realizaré una tabla seis con todas la tareas a realizar y los costes económicos de las mismas de cómo debería ser entregada al cliente.

Tabla 6: Presupuesto del motor Reacondicionado.

CONCEPTOS	TOTAL, EUROS
Motor propulsor REACONDICIONADO marca MITSUBISHI, modelo S6R2 T2MPTK, potencia 720 CV. <ul style="list-style-type: none"> • Manuales • Certificado de potencia de freno. • Cuadro de instrumento • Caja de accesorios. 	67.500,00
Transporte a instalaciones de montaje, camión grúa, valoración 0,60 €/Km, 70 €/h 300 Km.	1.040,00
1 Bomba de prelubricación de aceite manual, suministro con instalación y sistema bombeo a presión.	380,00
1 Bomba de prelubricación eléctrica.	820,00
1 Cuadro arrancador de la bomba de prelubricación (presostato de control con conexión y desconexión).	645,00

CONCEPTOS	TOTAL, EUROS
Latiguillos de conexionado a la alimentación y retorno de gasoil, con racores para acoplamiento 1.500mm.	380,00
Latiguillos de conexionado de aceite de entrada y retorno al enfriador externo, con racores para acoplamiento al circuito general de aceite lubricante.	680,00
Desmontaje completo del motor, lavado y limpieza con elementos desengrasantes.	960,00
Verificación de culatas, prueba hidráulica.	400,00
Descarbonización de culatas, sustitución de válvulas y asientos, sustitución de guías de válvula, instalación de válvulas de escape y admisión, esmerilado y ajuste.	960,00
Desmontaje de bloque motor, verificación y medida de alojamientos de cojinetes.	320,00
Desmontaje y verificación de eje/s de levas y cigüeñal, incluye medición y cumplimentación de Protocolo.	320,00
Verificación y desmontaje de distribución, verificación de rodamientos, casquillos y trenes de engranajes.	280,00
Verificación de bomba de aceite y sustitución de casquillos.	160,00
Verificación de bomba A/D, cambio de rodete, sello mecánico y sistema de rodamientos y retenes.	320,00
Verificación de bomba de A/S, cambio de rodete, sello mecánico y sistema de rodamientos y retenes.	320,00

CONCEPTOS	TOTAL, EUROS
Desmontaje, verificación, limpieza y prueba hidráulica del radiador del intercambio de calor del sistema de intercooler.	240,00
Desmontaje, verificación, comprobación en banco equilibrado y sustitución de cojinetes de turbocompresor/s.	160,00
Desmontaje y verificación de bielas, alineación, comprobación del estado de apoyos en cabeza y pie de biela, encasquillado y sustitución de cojinetes.	1.440,00
Desmontaje de pistones y camisas del bloque motor, verificación de apoyos en bloque y cambio de juntas de estanqueidad verificando las cajas de alojamiento.	960,00
Montaje del cigüeñal, sistema de cojinetes de sustentación en la bancada, empujes y retenes de cierre de aceite.	960,00
Montaje de camisas en bloque motor.	240,00
Montaje del bloque motor, juntas y elementos de juntas de unión nuevas, así como pasta de juntas.	480,00
Montaje de pistones y amarre de bielas sobre el cigüeñal motor.	480,00
Montaje de trenes y engranajes de distribución, verificación y control de huelgos e interferencia de dientes en piñones.	480,00
IMPORTE TOTAL DEL PRESUPUESTO (euros)	80.925,00

Fuente: elaboración propia.

4.3. CAMBIO DE TUBERIAS/ LINEAS.

Esta partida se corresponde con los dos supuestos que ya han sido planteados previamente en apartados anteriores, en el primer caso el importe económico de estos trabajos y componentes se generará como consecuencia de la adopción de instalar un motor de diferente modelo y fabricante al originalmente instalado en el buque. En segundo lugar, la instalación del mismo motor original reacondicionado con sus trabajos y nuevos componentes.

En ambos planteamientos deberá incluirse un importe de reparación generado como consecuencia del lógico deterioro que se presentará en los conjuntos de tubería instalados en el buque, aspecto este que siempre deberá tenerse en cuenta en este tipo de intervenciones, por tanto debe considerarse que en condiciones normales, tal y como ha sido el caso que nos ocupa, han transcurrido varios años desde la intervención anterior en el buque en el mismo motor ya sea para una reparación general del mismo, como para su sustitución, en realidad el tiempo transcurrido siempre implica que la instalación de tuberías presente deterioros y defectos graves, que indudablemente deberán ser reparados en esta intervención de sustitución, independientemente de que tipo de motor se instale.

Deberá por tanto establecerse un coste aproximado que deberá ser necesariamente asignado a esta labor de renovación de tuberías, de manera que la situación real implicará la sustitución aproximada de un 60% de la instalación del sistema de tuberías de agua salada.

Este sería, sin embargo, el porcentaje de renovación sin incluir en estos los costes de tareas de modificación y fabricación de nuevas líneas o modificaciones de las líneas ya existentes, obras que necesariamente deberán ser afrontadas, cuando se decide como es nuestro caso, acometer la sustitución del motor dañado, por otro modelo de motor de marca diferente al original.

4.3.1. Elementos de tuberías y líneas de renovación/modificación.

Como consecuencia de la obra realizada se realizan las siguientes operaciones de mantenimiento y fabricación en las líneas y elementos de tuberías:

- Renovación del tramo transversal del colector de agua salada de alimentación, colector transversal de tubería de ocho pulgadas de diámetro y 7.500 mm de longitud.

Suministro de bridas de acoplamiento con válvulas de fondo y montaje de 4 injertos de 6" incluyendo bridas, 4 injertos de 4".

Coste fabricación colector tramo 1: 1.800,00€

Coste fabricación colector tramo 2: 1.600,00€

Costes del proceso de galvanizado por inmersión, antes de ensamblado: 1.150,00€

Costes totales tubería colector transversal: 4.550, 00€

- Renovación del tramo de tubería de servicio de agua alimentación de M/P. Tubería de 4" de 6.000 mm de longitud.

Coste de fabricación: 1.780,00€

Coste del galvanizado de colector de alimentación fabricado: 650,00€

Costes totales de la tubería de alimentación del M/P: 2.430,00€

- Renovación completa de la tubería de alimentación de bombas de baldeo y contra incendios, compuesta en tres tramos. Tramo de 2.500

mm de longitud para la alimentación de la bomba de baldeo de 4" de diámetro con reducciones, para servicio en acoplamiento de bombas y montaje de conjuntos de bridas de acople.

Coste de fabricación de este tramo: 680,00€

Coste de galvanizado: 380,00€

Coste total: 1.060,00€

- Tramo de la tubería de 3.500mm de longitud para la alimentación de las bombas contra incendios y achique de 4" de longitud con sus correspondientes bridas de acople.

Coste de fabricación de este tramo: 790,00€

Coste de galvanizado tramo: 420,00€

Coste total: 1210,00€

- Tramo de la tubería a la bomba de servicios generales de longitud 3.600mm y 4" de diámetro, con acoplamientos de brida adecuados a esta bomba.

Coste de fabricación del tramo: 820,00€

Coste de galvanizado del tramo: 525,00€

Coste total de tramos: 3.615,00€

- Renovación de tramos de tubería de descarga.

Tramo de 4.500mm de tubería de descargas para bombas de achique.

Coste de fabricación: 1.120,00€

Tramo de 5.200mm de tubería para descarga del sistema de baldeo.

Coste de fabricación: 1.430,00€

Tramo de 6.200mm de tubería para descarga de servicios generales.

Coste de fabricación: 1.550,00€

Coste total de tuberías a fabricar: 4.100.00€

Coste de Galvanizado de los tres tramos: 1.770,00€

Coste total de fabricación más galvanizado: 5.870,00€

- Instalación en isométricos de tubería, de las tomas para la instalación de ánodos de sacrificio, siendo 16 unidades de racor soldado de 3/4" para situar ánodos de protección.

Coste de instalación de tinteros para ánodos: 320,00€

- Coste de instalación de seis unidades de 1/2" de tomas de manómetro: 180,00€
- Fabricación del tramo de tubería de descarga de A/S del motor principal de 7.800mm de longitud y 8" de diámetro, (fabricación, bridas y accesorios).

Coste de fabricación: 1.760,00€

Coste del proceso de galvanizado del tramo: 740,00€

Coste total de fabricación y galvanizado: 2.500,00€

- Suministro de doce válvulas de intercomunicación de cuña en cuerpo de fundición de diferentes medidas (válvula y asiento insertado en bronce):

Cuatro válvulas de intercomunicación de cuña en cuerpo de fundición de 6", válvula y asiento insertado en bronce.

Coste: 1.940,00€

Cuatro válvulas de intercomunicación de cuña en cuerpo de fundición 4", válvula y asiento insertado en bronce.

Coste: 1.740,00€

Cuatro válvulas de intercomunicación de cuña en cuerpo de fundición 3", válvula y asiento insertado en bronce.

Coste: 1.540,00€

Costes total de las válvulas de 6", 4", 3": 5.220,00€

- Revisión completa, sustitución de prensas de estanqueidad, verificación de rosca de husillo, cambio de juntas, limpieza, verificación con ajuste de asiento y componente de las válvulas de fondo. Dos unidades.

Coste total para dos unidades: 370,00€

- Revisión completa, sustitución de prensas de estanqueidad,

verificación de rosca de husillo, cambio de juntas, limpieza, verificación con ajuste de asiento y componente de las válvulas de contra fondo. Dos unidades.

Coste total para dos unidades: 370,00€

- Revisión, limpieza, verificación de canasta de filtración, cambio de junta de estanqueidad e instalación de ánodos de sacrificio en las dos unidades de toma de fondo de costados.

Coste total para dos unidades : 350,00€

- Revisión completa, sustitución de prensas de estanqueidad, verificación de rosca de husillo, cambio de juntas, limpieza, verificación con ajuste de asiento y componente de las válvulas de descarga al costado siendo antirretorno.

Coste de la válvula de descarga de refrigeración del M/P: 135,00€

Coste de la válvula de descarga de motores auxiliares: 120,00€

Coste de la válvula de descarga de la maquina frigorífica: 80,00€

Coste de la válvula de descarga de compresores: 80,00€

Coste de la válvula de descarga del tanque séptico: 80,00€

Coste total de válvulas de descarga: 495,00€

- Costes totales de los materiales necesarios para la realización de la obra de reparación de los equipos de tubería: Material vario, tornillería, arandelas, válvulas, juntas, pasta hermética, grasa, cáñamo, cinta

teflón etc: 820,00€

- Coste total de la mano de obra de los operarios de montaje encargados de esta partida de reparación: 5.680,00€.

A continuación, para poder facilitar un mejor entendimiento del presupuesto de los elementos de tuberías y líneas de renovación/modificación realizaré la tabla siete con todas la tareas, los materiales puntualizando los costes económicos totales de cómo debería ser entregada al cliente.

Tabla 7: Presupuesto de renovación de tuberías/ líneas.

CONCEPTOS	TOTAL, EUROS
Colector transversal de tubería de ocho pulgadas de diámetro y 7.500 mm de longitud, con bridas de acoplamiento, válvulas de fondo y montaje de 4 injertos de 6" incluyendo bridas, 4 injertos de 4".	4.550,00
Tubería de servicio de agua alimentación del M/P de 4" de 6.000 mm de longitud y galvanizado.	2.430,00
Tramo de tubería de 2.500 mm de longitud para la alimentación de la bomba de baldeo de 4" de diámetro con reducciones, montaje de conjuntos de bridas de acople y galvanizado.	1.060,00
Tramo de tubería de 3.500mm de longitud para la alimentación de las bombas contra incendios y achique de 4" de longitud con sus correspondientes bridas de acople y galvanizado.	1.200,00
Tramo de tubería a la bomba de servicios generales de longitud 3.600mm y 4" de diámetro, con acoplamientos de brida y galvanizado.	3.615,00

CONCEPTOS	TOTAL, EUROS
Renovación de tramos de tubería de descarga, fabricación más galvanizado con medidas de 4.500mm,5.200mm,6.200mm.	5.870,00
16 unidades de racor soldado de ¾" para situar ánodos de protección e instalación de estas.	320,00
6 unidades de ½" de tomas de manómetro	180,00
Fabricación del tramo de tubería de descarga de A/S del motor principal de 7.800mm de longitud y 8" de diámetro, (fabricación, bridas y accesorios) más galvanizado.	2.500,00
4 válvulas de intercomunicación de cuña en cuerpo de fundición de 6", 4", 3". (válvula y asiendo insertado en bronce).	5.220,00
2 Unidades con revisión completa, sustitución de prensas de estanqueidad, verificación de rosca de husillo, cambio de juntas, limpieza, verificación con ajuste de asiento y componente de las válvulas de fondo.	370,00
2 Unidades con revisión completa, sustitución de prensas de estanqueidad, verificación de rosca de husillo, cambio de juntas, limpieza, verificación con ajuste de asiento y componente de las válvulas de contra fondo.	370,00
2 Unidades con revisión, limpieza, verificación de canasta de filtración, cambio de junta de estanqueidad e instalación de ánodos de sacrificio.	350,00
Revisión completa, sustitución de prensas de estanqueidad, verificación de rosca de husillo, cambio de juntas, limpieza,	495,00

CONCEPTOS	TOTAL, EUROS
verificación con ajuste de asiento y componente de las válvulas de descarga antirretorno (M/P, motor auxiliar, maquina frigorífica, compresores, tanque séptico).	
Materiales varios, tornillería, arandelas, válvulas, juntas, pasta hermética, grasa, cáñamo, cinta teflón etc.	820,00
Mano de obra de los operarios de montaje	5.680,00
IMPORTE TOTAL DEL PRESUPUESTO (euros)	35.030,00

Fuente: Elaboración propia.

4.4. TRABAJOS DE VERIFICACIÓN Y PUESTA A PUNTO DEL SISTEMA DE EJE DE PROPULSIÓN.

Esta parte del trabajo nos indica las actuaciones a seguir para poner a punto el sistema de eje de propulsión detallando los costes económicos del mismo, comenzando con el desmontaje de pala de timón.

- Desmontaje de los elementos internos del sistema hidráulico de accionamiento de la mecha de timón.

Coste: 240,00€

- Revisión, ajuste, limpieza y verificación de las rótulas de accionamiento del sistema de yugo de mando de la mecha del timón.

Coste: 120,00€

- Verificación con líquidos penetrantes del lado superior de control de la mecha y de los mecanismos de palancas de accionamiento.

Coste: 160,00€

Se verificará el estado de los vástagos de accionamiento (botellas hidráulicas) y la holgura de las rótulas esféricas, si se detecta algún tipo de defecto durante la verificación del conjunto de accionamiento hidráulico y se realizando en ese supuesto los trabajos de reparación, facturándose aparte estos trabajos.

- Desmontaje del plato superior de acoplamiento de la madre o eje de timón a la mecha superior, fijación de la pala del timón mediante empleo de medios de elevación, previamente al desmontaje y retirada de la pala, se desconectará la mecha del mecanismo de accionamiento, para una vez extraída la pala, retirar la mecha para su inspección.

Costes: 300,00€

- Verificación, una vez desmontado el conjunto de la mecha, mediante líquidos penetrantes, comprobación del pinzote y su casquillo de alojamiento, se comprobará al mismo tiempo el estado de los casquillos de ajuste sobre la mecha instalados en la limera, incluyéndose en el trabajo la revisión y sustitución para ajuste de estos componentes.

Coste de los trabajos de verificación y control: 3,50 horas: 140,00€

- Coste de los materiales necesarios para efectuar esta reparación (bronce o thordon indistintamente) con mecanizado y ajuste de los componentes empleados en la reparación: 135,00€

Coste de los trabajos de mecanizado en taller a 60€/h: 160,00€

Coste de montaje después de la reparación: 1.680,00€

Coste total:1.975,00

- Desmontaje de la tuerca de la hélice, retirada de la misma con medios de elevación e intervención de camión grúa para traslado al taller.

Costes mano de obra de 6 horas, 2 operarios: 480,00€

Costes de transporte al taller para revisión y tiempo de operación:
320,00€

Coste total:800,00€

- Extracción del eje de cola, desacoplamiento interno de la reductora del plato de acoplamiento, retirada del eje mediante empleo de elementos de sustentación y grúa para carga y transporte.

Coste de mano obra de trabajo realizado 2 operarios, 4,5 horas:
360,00€

Coste de operación del camión grúa 1,50 horas: 120,00€

Mano de obra de montaje una vez revisado en taller 2 operarios 6 horas: 480,00€

Coste total:960,00€

- Limpieza, verificación y extracción del casquillo de antifricción de la bocina y sistema interno de prensa y casquillo, verificación, medición, ajuste de mecanizado y fundición de un nuevo casquillo de bocina renovando antifricción.

Coste de mano de obra: 480,00€

Coste de labores de mecanizado del casquillo de antifricción: 190,00€

Costes del material antifricción del casquillo: 740,00€

Costes de mano de obra en limpieza, pulido y verificación de medida y alineación del eje: 820,00€

Ensayo con líquidos penetrantes en conos de eje, chaveteros, chavetas y roscas de extremos.

Coste: 340,00€.

Costes de labores de montaje del conjunto una vez preparado en taller.
3 operarios a 10 horas: 1.600,00€.

Coste total: 4.171,00€

- Coste de los trabajos de montaje de hélice una vez verificada, realizado el pulido y el equilibrado: 360,00€.

A continuación, para poder facilitar un mejor entendimiento del presupuesto de los trabajos de verificación y puesta a punto del sistema eje propulsor realizaré la tabla ocho con todas la tareas, los materiales puntualizando los costes económicos totales de cómo debería ser entregada al cliente.

Tabla 8: Presupuesto del eje de propulsión.

CONCEPTOS	TOTAL, EUROS
Desmontaje de los elementos internos del sistema hidráulico de accionamiento de la mecha de timón.	240,00

CONCEPTOS	TOTAL, EUROS
Revisión, ajuste, limpieza y verificación de las rótulas de accionamiento del sistema de yugo de mando de la mecha del timón.	120,00
Verificación con líquidos penetrantes del lado superior de control de la mecha y de los mecanismos de palancas de accionamiento.	160,00
Desmontaje del plato superior de acoplamiento del eje de timón a la mecha superior, desmontaje y retirada de la pala, retirada de la mecha para su inspección, verificación y reparación.	300,00
Verificación, revisión y sustitución de la mecha, pinzote, su casquillo de alojamiento, los casquillos de ajuste sobre la mecha instalados en la limera.	140,00
Materiales de reparación (bronce o thordon indistintamente) con mecanizado y ajuste de los componentes	1.975,00
Desmontaje de la tuerca de la hélice, con medios de elevación e intervención de camión grúa.	800,00
Extracción y montaje del eje de cola, desacoplamiento interno de la reductora del plato de acoplamiento, retirada del eje, grúa para carga y transporte.	960,00
Limpieza, verificación y extracción del casquillo de antifricción de la bocina y sistema interno de prensa y casquillo, verificación, medición, ajuste de mecanizado y fundición de un nuevo casquillo de bocina renovando antifricción.	4.171,00

CONCEPTOS	TOTAL, EUROS
Coste de los trabajos de montaje de hélice una vez verificada, realizado el pulido y el equilibrado.	360,00
IMPORTE TOTAL DEL PRESUPUESTO (Euros)	9.226,00

Fuente: Elaboración propia.

4.5. TRABAJOS REALIZADOS EN LA HÉLICE.

Para finalizar el presupuesto detallamos los ajustes realizados en la hélice para corregir las diferencias que surgen al cambiar de marca y modelo de motor con distinta cilindrada.

- Verificación mediante el control dimensional del propulsor, comprobación del paso de la hélice, el estado general de las palas y elementos integrantes, comprobando la chaveta, chavetero (cono), núcleo, corrosión, desgastes, cavitación etc.

Coste: 460,00€

- Modificación del paso de la hélice en zonas de borde externo de palas, para contrarrestar las diferencias introducidas como consecuencia de la sustitución del M/P del buque por una nueva unidad (Taller Especializado en Hélices Fundición y Fabricación).

Coste:1.690,00€

- Verificación con líquidos penetrantes de la hélice una vez realizadas las modificaciones, control dimensional final, ajuste dimensional, pulido y embalaje final de protección para transporte.

Coste:480,00€.

Para terminar y así poder facilitar un mejor entendimiento del presupuesto de los trabajos realizados en la hélice realizaré la tabla 10 con todas la tareas y los materiales puntualizando los costes económicos totales de cómo debería ser entregada al cliente.

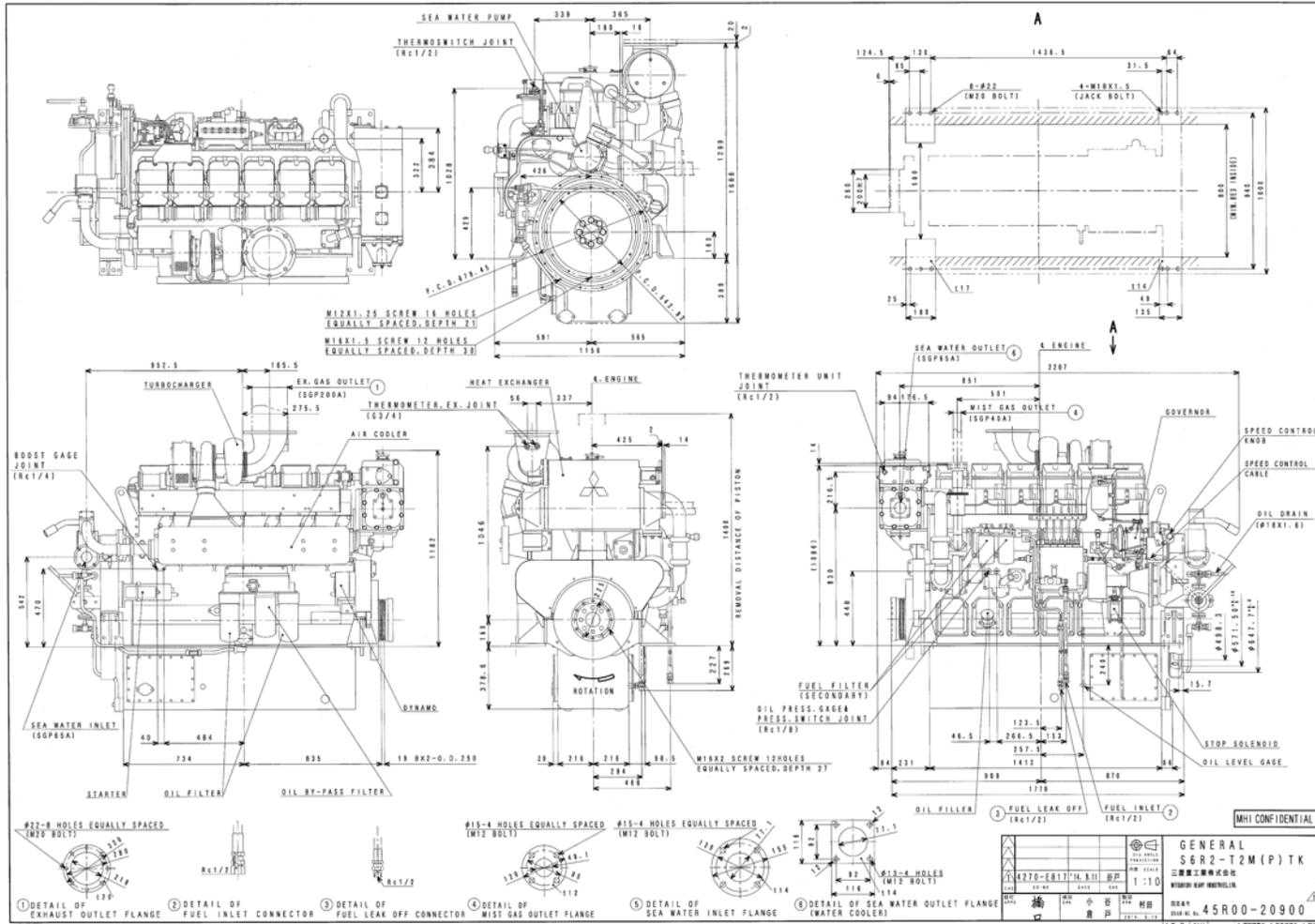
Tabla 10: Presupuesto de la hélice.

CONCEPTOS	TOTAL, EUROS
Verificación mediante el control dimensional del propulsor, comprobación del paso de la hélice, el estado general de las palas y elementos integrantes.	460,00
Modificación del paso de la hélice en zonas de borde externo de palas.	1.690,00
Verificación con líquidos penetrantes de la hélice una vez realizadas las modificaciones, control dimensional final, ajuste dimensional, pulido y embalaje.	480,00
IMPORTE TOTAL DEL PRESUPUESTO (Euros)	2.630,00

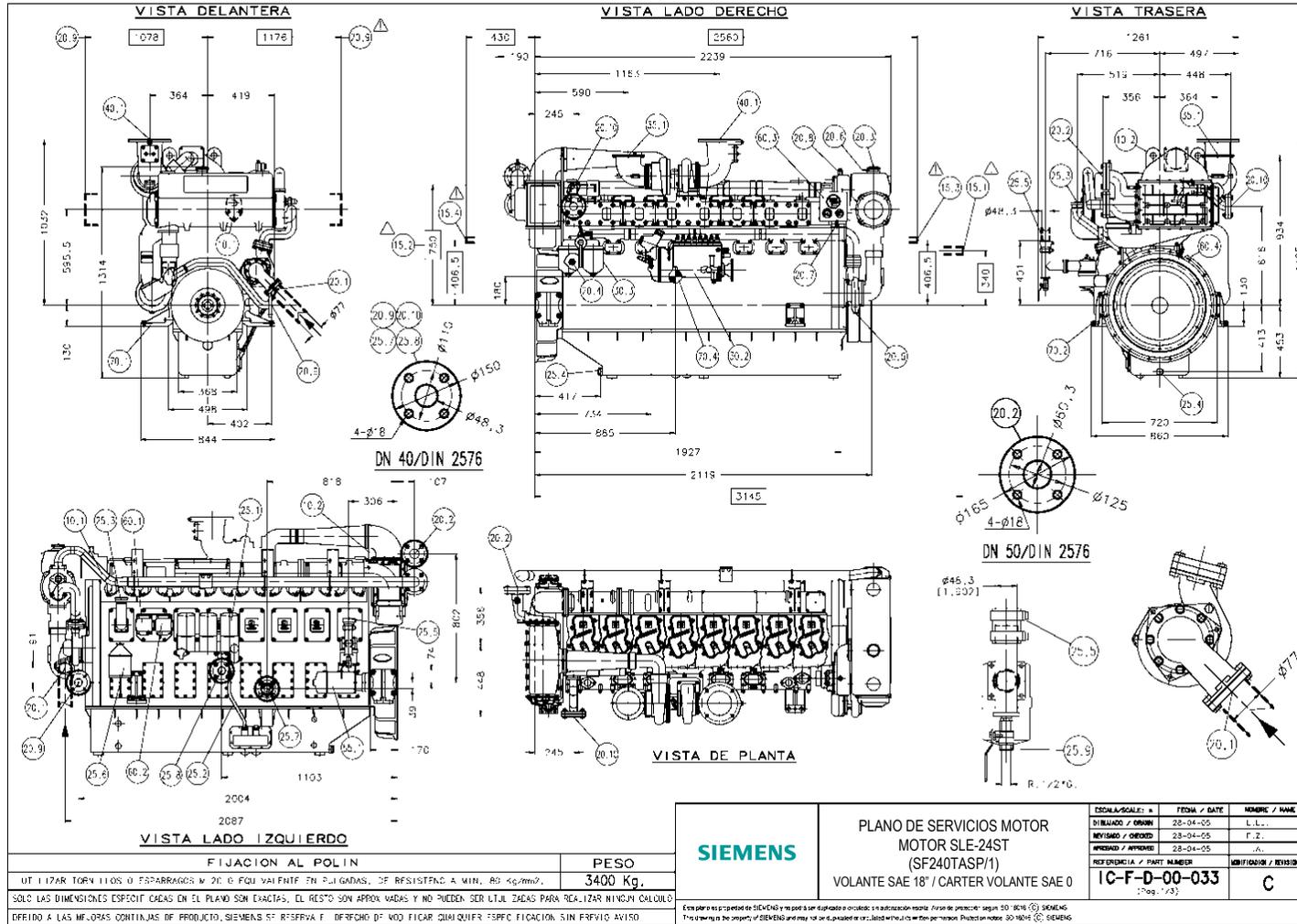
Fuente: Elaboración propia.

ANEXOS

Plano de medidas del motor viejo Mitsubishi S6R2 T2MPTK.



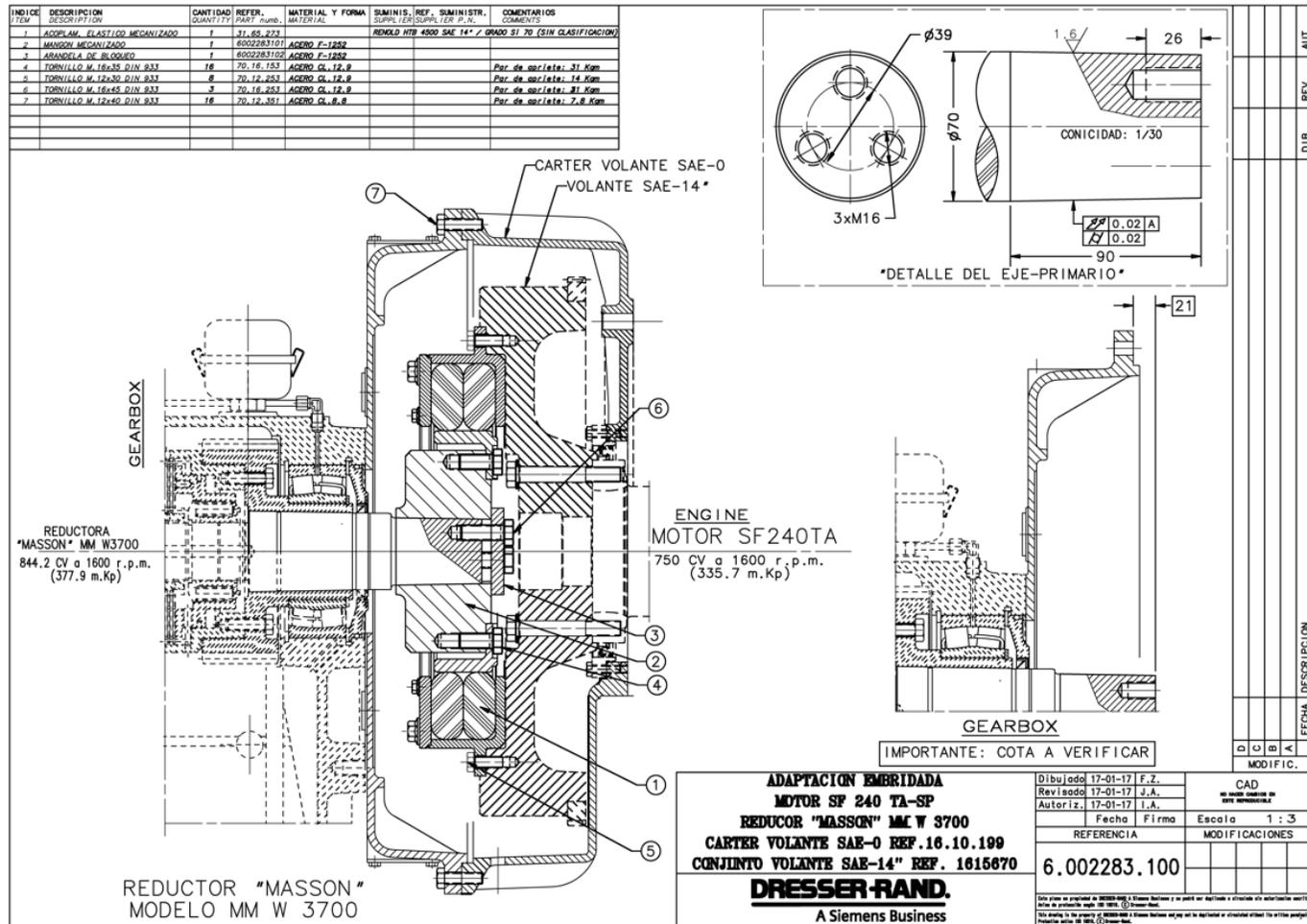
Plano de medidas del motor nuevo Guascor SF 240 TA.



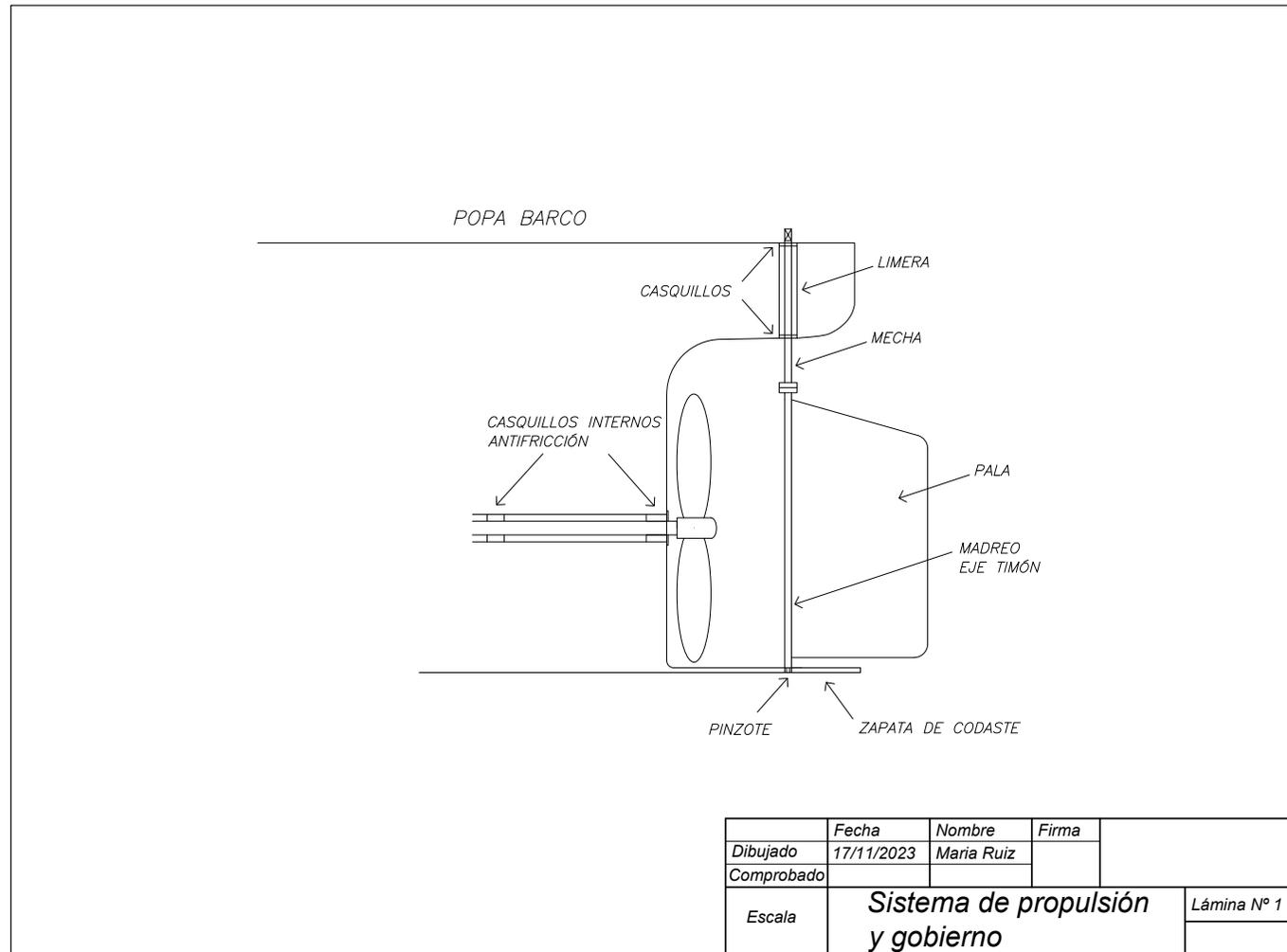
SIEMENS	PLANO DE SERVICIOS MOTOR MOTOR SLE-24ST (SF240TASP/1) VOLANTE SAE 18" / CARTER VOLANTE SAE 0		
	FECHA / SCALE: *	FECHA / DATE	NUMERO / NAME
	DISEÑADO / DRAWN	28-04-05	L. L...
	REVISADO / CHECKED	28-04-05	F. Z...
APROBADO / APPROVED	28-04-05	...	
REFERENCIA / PART NUMBER	1C-F-D-00-033 (709.1/3)	MODIFICACION / REVISION	C
<small>Esta es propiedad de SIEMENS y no podrá ser duplicada o copiada sin autorización escrita. Antes de producir según ISO 9001 (C) SIEMENS This drawing is the property of SIEMENS and may not be duplicated or copied without written permission. Protect on notes. ISO 9001 (C) SIEMENS</small>			

Protection class: UNRESTRICTED

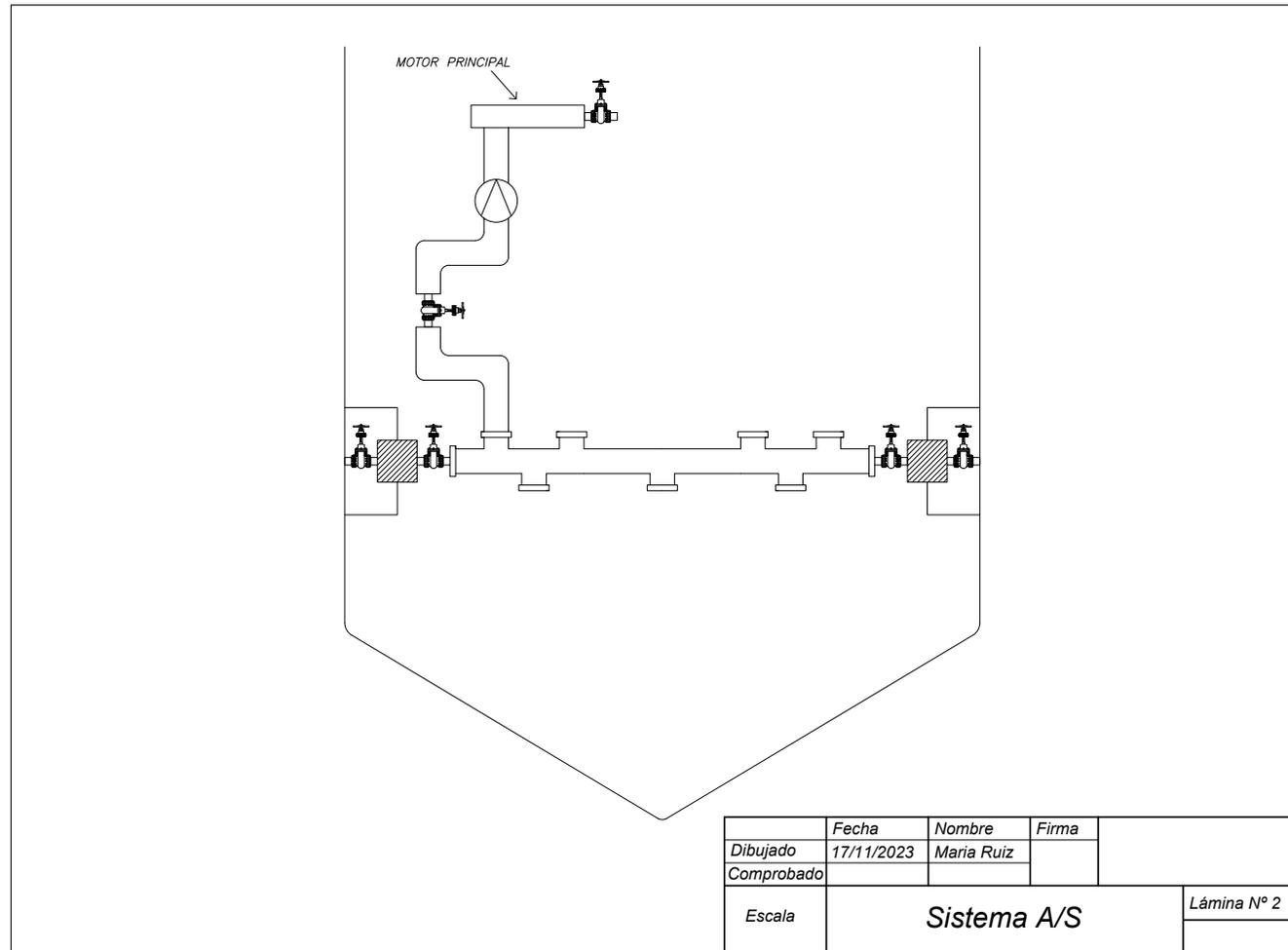
Plano de medidas de la adaptación del motor Guascor a la reductora R 240.



Plano descriptivo del sistema de propulsión y gobierno auto realizado en AutoCAD.



Plano orientativo de las líneas/ tuberías a cambiar del sistema A/S de refrigeración al motor, auto realizado en AutoCAD.



CONCLUSIONES

Una vez desarrollado el trabajo de selección del motor propulsor del buque y después de llevarse a efecto las reparaciones necesarias para conferir a la instalación propulsora unas condiciones óptimas de operación de forma satisfactoria, eficaz y segura de la instalación, podemos alcanzar las conclusiones siguientes:

PRIMERA:

Cuando la avería en un buque que se encuentra en pleno proceso de explotación se presenta de forma inesperada e imprevista, el factor de tiempo de paralización de la actividad extractora de pesca del buque, debe dilatarse el menor tiempo posible, puesto que el tiempo tiene una repercusión económica muy negativa en la economía de la empresa pesquera (pérdida de beneficios por no pescar).

SEGUNDA:

La correcta elección del equipo a sustituir, en nuestro caso el motor principal del buque es esencial a la hora de garantizar que el buque no va a sufrir una merma en alguno de los factores que intervienen directamente en su rendimiento ya sea, potencia, consumo, velocidad y cualquiera de las cuestiones esenciales que caracterizan a una embarcación pesquera.

TERCERA:

Se ha determinado y es fácilmente comprensible que cuando por deficiencias en el mantenimiento, se produce una avería que paraliza el buque, se entra en una fase de incertidumbre, que no favorece ni contribuye a que la toma de decisiones de vital importancia para la empresa, se lleven a cabo correctamente, corriendo el peligro de que factores como la prisa, imprevisión, costes imprevistos y averías de alcance mucho mayor del previsto, contribuyan a generar problemas graves tanto económicos como de personal

a bordo del buque (si el buque permanece inactivo mucho tiempo, los tripulantes pierden las bonificaciones económicas derivadas de del porcentaje de pesca extraído).

Aunque aspectos como la avería inesperada no debieran de acarrear costes imprevistos o desmesurados, la realidad es muy distinta, esta incertidumbre acarrea siempre un aumento de costes en la totalidad de las obras a realizar en el buque, incrementando notablemente las tareas y costes de mantenimiento y reparación.

CUARTA:

Debemos de afirmar rotundamente que el incumplimiento de las labores periódicas de reparación de un buque no es una forma correcta ni sensata de llevar el mantenimiento de este tipo de instalaciones, porque estamos convencidos de ello que la no realización de forma correcta de las tareas de mantenimiento en un buque representa una notable merma de la seguridad de la instalación y del propio bienestar y seguridad del personal que se encuentra a bordo.

QUINTA:

En muchas ocasiones las deficiencias de mantenimiento de la instalación principal y equipo auxiliar, acumulan tal cantidad de defectos que en muchos casos imposibilitan la recuperación satisfactoria, en el lógico proceso de reparación del equipo, llegando a ser de tal alcance los defectos que hacen inviable afrontar su reparación y deberá adoptarse la decisión de instalación de un equipo nuevo, llegados a este punto de incumplimiento del mantenimiento, se afrontan procesos de reparación de equipos sobre los que no se debió de actuar, en su reacondicionamiento, el factor económico puede hacer tomar decisiones erróneas sobre equipos que sensatamente nunca debieron de repararse.

SEXTA:

Hemos llegado a la conclusión en este Trabajo de Fin de Grado de que el mantenimiento de la instalación, en ningún caso debe extenderse en sus periodos de aplicación, cuando se trata de elementos vitales del motor, (cilindros, pistones, culatas, sistema de inyección y en concreto en elementos vitales como aceite lubricante, refrigeración y cojinetes de bancada y biela), para así evitar sobrecostes económicos y periodos de inactividad del buque.

SEPTIMA:

Consideramos que sería muy conveniente, que se establecieran convenios y normas de obligado cumplimiento en materia de la realización de presupuestos, añadiendo en estos posibles imprevistos de obra, claro está que no sean las típicas normas de relación generalistas y lógicas, sino que se guiasen por el sentido común y por la claridad para contribuir a una relación comercial sana.

BIBLIOGRAFIA.

Agrelo Castro, J. M. (2013). *La historia de la navegación y la transformación de barcos*. [La Coruña] J.M. Agrelo D.L. 2013.

Amé, R. M. (2021). *Mecánica aplicada al diseño de los elementos de máquinas temas básicos de resistencia de materiales aplicables al diseño de árboles y ejes*. Nobuko.

Caplen, P. F. (1992). *Diesel engine maintenance*. Helmsman Books.

Guascor naval -. (2022, marzo 2). <https://talleresgl.com/guascor-naval/>

Hélices marinas; conoce en profundidad las hélices de tu barco para sacarles el máximo partido. (s. f.). Recuperado 23 de octubre de 2023, de http://www.fondear.org/infonautic/Equipo_y_Usos/Equipamiento/Helices/Helices_marinas.htm

Kates, E. J. (2021). *Motores Diesel y de gas de alta compresión* (J. Vilardell, Trad.; Segunda edición.). Editorial Reverté.

Martínez de la Calle, J., & González Pérez, J. (1997). *Propulsores marinos*. Oviedo Universidad de Oviedo.

Mutton, B. (1983). *Mecanismos de halar para embarcaciones pesqueras pequeñas*. Food & Agriculture Org.

Principales sistemas de propulsión en buques. (2022, febrero 22). *Centramar*. <https://www.centramar.es/sistemas-de-propulsion-en-buques/>

¿Qué tipos de Hélices para Barcos existen? (2022, julio 15). *Centramar*. <https://www.centramar.es/tipos-de-helices-de-barcos/>

¿Quién inventó la máquina de vapor? (2018, abril 10). Muy Interesante.
<https://www.muyinteresante.es/historia/34712.html>

S6r2-t2mptk—Motor intraborda by mitsubishi equipment europe | nauticexpo.
(s. f.). Recuperado 27 de octubre de 2023, de
<https://www.nauticexpo.es/prod/mitsubishi-equipment-europe/product-31369-471019.html>

Timoshenko, S. P. (1980). *Resistencia de materiales. V. I* (14a ed.). Espasa-Calpe.
Tormos, B. (2012). *Diagnóstico de motores diesel mediante el análisis del aceite usado*. Reverté.

Yumpu.com. (s. f.). *Historia de guascor power*. yumpu.com. Recuperado 2 de noviembre de 2023, de
<https://www.yumpu.com/es/document/read/12283309/historia-de-guascor-power>

AGRADECIMIENTOS

Quiero aprovechar este espacio, para expresar mi gratitud a todas las grandes personas /profesionales que me han ayudado a llevar a cabo este Trabajo de Fin de Grado, así como la motivación a ser un gran oficial y luchar por mis sueños sin jamás rendirme.

A mi padre por su paciencia y esfuerzo económico, a mi madre su entusiasmo y aliento.

A mi tutor D. Manuel Alfredo Girón Portilla por el ánimo y el empuje, motivándome a seguir adelante.

A todos los profesores de la escuela Técnica Superior de Náutica que me han instruido y formado.

Al Jefe de máquinas D. Luis Flores por la confianza depositada en mi persona y la formación para ser un gran profesional.

A los responsables de Los Reginas por la oportunidad laboral que me han brindado contribuyendo con ella a mi formación profesional.

A Talleres Gabriel López S.L.L. de Málaga por su ayuda desinteresada para completar y concluir este trabajo.