



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA, MÁQUINAS Y
RADIOELECTRÓNICA NAVAL

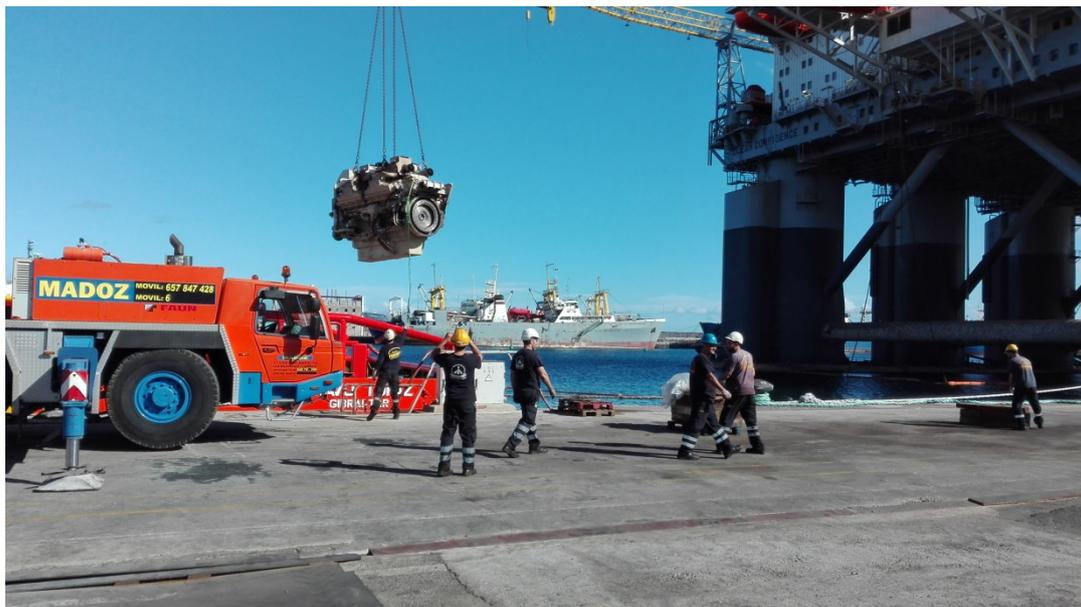
TRABAJO FIN DE GRADO

**EXPLICACIÓN – ETAPAS PARA LA REMOTORIZACIÓN DE UN
MCI EN UNA PLANTA DE PROPULSIÓN GENÉRICA**

Samuel Bonilla Reyes

Junio 2016

EXPLICACIÓN – ETAPAS PARA LA REMOTORIZACIÓN DE UN MCI EN UNA PLANTA DE PROPULSIÓN GENÉRICA



Directores:

María del Cristo Adrián de Ganzo

Federico Padrón Martín

Nombre: Samuel Bonilla Reyes

Grado: Tecnologías Marinas

Junio 2016

Dr. D. Federico Padrón Martín, profesor ayudante doctor del área de ingeniería de los procesos de fabricación, perteneciente a la unidad departamental de ingeniería marítima de la universidad de La Laguna. Certifica que:

D. Samuel Bonilla Reyes, ha realizado el trabajo fin de grado bajo mi dirección con el título:

“Explicación-etapas para la remotorización de un MCI en una planta de propulsión genérica”.

Revisado dicho trabajo, estimo que reúne los requisitos para ser juzgado por el tribunal que sea designado para su lectura.

Para que conste y surta los efectos oportunos, expido y firmo el presente Certificado.

En Santa Cruz de Tenerife a 06 de Junio de 2016

A handwritten signature in black ink, consisting of several overlapping loops and lines, positioned above the printed name.

Fdo. Federico Padrón Martín

Director del TFG

Dra. Dña. María del Cristo Adrian de Ganzo, profesora asociada del área de construcciones navales, perteneciente a la unidad departamental de ingeniería marítima de la universidad de La Laguna. Certifica que:

D. Samuel Bonilla Reyes, ha realizado el trabajo fin de grado bajo mi dirección con el título:

“Explicación-etapas para la remotorización de un MCI en una planta de propulsión genérica”.

Revisado dicho trabajo, estimo que reúne los requisitos para ser juzgado por el tribunal que sea designado para su lectura.

Para que conste y surta los efectos oportunos, expido y firmo el presente Certificado.

En Santa Cruz de Tenerife a 06 de Junio de 2016

A handwritten signature in blue ink, reading "Mª del Cristo Adrián de Ganzo". The signature is written in a cursive style with a large, sweeping flourish at the end.

Fdo. María del Cristo Adrián de Ganzo

Directora del TFG

Agradecimientos:

Al Dr. D. Federico Padrón Martín y al Dr. D. Servando Luis León por la gran ayuda que me han ofrecido y por los conocimientos que he adquirido en el desarrollo de éste trabajo.

A mis profesores de carrera D. Antonio González Marrero, D. Pedro Rivero Rodríguez, D. Alexis Dionis Melián y Dña. María del Cristo Adrián de Ganzo por la ayuda y los conocimientos aportados durante mi formación académica.

A FEROTHER S.L por facilitarme la información necesaria para el desarrollo de éste trabajo y por haberme permitido formarme profesionalmente. En especial quiero agradecer a Juan Carlos, mi tutor de prácticas durante mi estancia en la empresa y por último a Héctor, ingeniero encargado de la reparación objeto de éste TFG.

Por último quiero agradecer a toda mi familia, por su apoyo incondicional en todo momento, su gran ayuda a lo largo de mi formación y, especialmente por su confianza en mí.

Muchas gracias.

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN.....	4
II.	OBJETIVOS.....	8
III.	REVISIÓN Y ANTECEDENTES	12
	3.1. El barco	12
	3.1.1 La compañía	12
	3.1.2 Características principales del buque “Bravo Topaz”.	16
	3.2 Explicación del proceso.	27
	3.2.1 Avería.	28
	3.2.2 Reparación.....	29
	3.2.3 Remotorización.....	29
	3.3 Motores viejos sustituidos.....	33
	3.3.1 Características.....	33
	3.3.2 Descripción de los diferentes sistemas del motor.	35
	3.4 Motivo de la reparación.....	40
	3.5 Esquemas de los motores nuevos.	42
IV.	METODOLOGÍA	46
	4.1 Documentación bibliográfica.....	46
	4.2 Metodología del trabajo de campo.....	46
	4.3 Marco referencial.....	46
V.	RESULTADOS	50
	5.1. Descripción del proceso de REMOTORIZADO.	50
	5.1.1 Preparativos para la maniobra de izada.	51
	5.1.2 Maniobra de izada de los motores viejos.....	58
	5.1.3 Preparativos para la maniobra de embarque.....	68
	5.1.4 Embarque de los motores nuevos e instalación.	73
	5.1.5 Modificaciones de la instalación.	81
	5.1.6 Alineado de los motores.	87
	5.1.7 Taqueado.	94
	5.1.8 Reparación de la reductora.	102
	5.1.9 Sustitución del acoplamiento elástico (Vulkan).	109
	5.1.10 Pruebas de mar.	111
VI.	CONCLUSIONES.....	114
VII.	BIBLIOGRAFÍA.....	118

I. INTRODUCCIÓN

I. INTRODUCCIÓN

Éste trabajo fin de grado nace de mi experiencia durante mis prácticas en la empresa de reparación naval FEROTHER. Durante las cuales tuve la suerte de poder asistir y observar el proceso de remotorización de un motor. Aspecto que en nuestro mundo profesional no es una tarea habitual. De ahí el interés que he mostrado durante ésta ejecución y que me ha llevado a realizar éste trabajo fin de grado sobre ésta temática.

En el capítulo de *Objetivos* me planteo los objetivos específicos que me han motivado para el desarrollo de éste TFG.

En el capítulo *Revisión y Antecedentes* he desarrollado una descriptiva del buque que he tomado como marco referencial de éste trabajo fin de grado. Para lo cual he incluido características técnicas de los equipos de la sala de máquinas. También he desarrollado una visión global comenzando con el concepto de avería, para una avería hay una reparación siendo un caso particular de la reparación la remotorización (cambio de un equipo por otro de características similares).

En el capítulo *Metodología* he incluido tres apartados, documentación bibliográfica, metodología del trabajo de campo y el marco referencial. Sobre éste marco referencial comentar que la operación de remotorizado ha sido buque “*Bravo Topaz*”.

En el capítulo *Resultados* he realizado una descripción por etapas del proceso de remotorizado de un motor explicando cada una de las mismas y añadiendo fotografías propias de éste trabajo para que el lector tenga una visión específica y global del proceso. De tal manera que hemos intentado plasmar y señalar una metodología donde se visualiza paso a paso el remotorizado de un motor.

En el sexto capítulo de éste TFG *Conclusiones*, hemos plasmado las conclusiones que se han obtenido de la doble experiencia tanto la profesional como la académica en el desarrollo de éste TFG.

En el capítulo *Bibliografía* se aportan manuales y referencias web (Webgrafía) en relación al contenido de éste TFG.

ABSTRACT

This essay of final project degree comes out of my experience during my practices in the naval construction, repair and maintenance FEROTHER.

During these practices I had the opportunity of being witness of a process of removal engine. This is an important aspect in our professional task, consequently I paid special attention to this realization, it was very interesting and educational, and led me to do my final project in this matter.

In chapter of *Good*, I planned the specific objectives that motivated me to do this TFG.

In chapter of *Revision and antecedents*, I have developed a description of the vessel that I have taken as a referential guide throughout this work. There are I have included technical characteristics of engine room equipments. A global vision has also been developed, beginning with the concept of breakdown. These is a process of repairing for each breakdown so, in this particular case, the repairing process is the removal of the engine (the change of an equipment for another with similar characteristics).

In chapter of *Methodology*, I have included three points bibliographic documentation, methodology in field research and a referential guide. About the last, I must say that the engine removal was realized in the vessel “Bravo Topaz”.

In chapter of *Achievements*, I make a description by phases of the process of engine removal, giving explanation of each phase and adding my own pictures so that the reader can have a specific and global vision of the process, therefore we tried to capture and create a methodology to be able to visualise the process step by step.

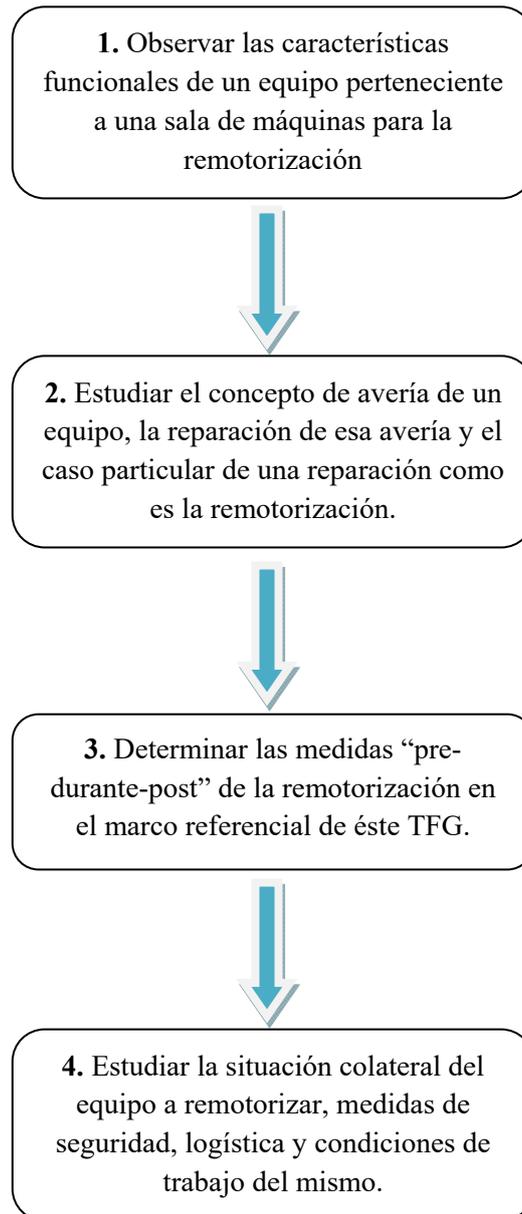
In the chapter of *Conclusion*, I have included a completion obtained from the double experience professional and academic.

In the last chapter of *Bibliography*, I have provide manuals and references (Webgraphic) in relation to the content of this TFG.

II. OBJETIVOS

II. OBJETIVOS

Los objetivos que se pretenden alcanzar con éste TFG son los siguientes:



III. REVISIÓN Y ANTECEDENTES

III. REVISIÓN Y ANTECEDENTES

3.1. El barco

La planta de propulsión genérica, objeto de la remotorización estudiada en éste trabajo pertenece al buque llamado “Bravo Topaz”.

El “Bravo Topaz” desarrolla su actividad profesional en aguas noruegas, se dedica a prestar soporte sísmico offshore. Éste barco pertenece a la compañía noruega “Grupo Opstad”. [1]

3.1.1 La compañía

El Grupo Opstad se fundó en la década de 1960 en Molde Noruega, creándose inicialmente la empresa "Brødrene Opstad" (Hermanos Opstad).

Ilustración n°1. Logotipo de la compañía.



Fuente: [2]

Su historia comienza en el comercio costero noruego, pero debido a los cambios originados en la naturaleza de los requisitos comerciales de los clientes y la aparición de una vía de trabajo de futuro, el grupo Opstad optó por entrar en el mercado de apoyo sísmico en 1999.

Un contrato a largo plazo con Aker Geo sísmica proporcionó la base para este cambio de operación en la compañía, llegando a obtener reconocimientos internacionales por su buena labor en el sector. En octubre de 2014 Opstad implanta un sistema de gestión de la calidad ISO 9001:2008 certificado por la sociedad de clasificación italiana RINA (Registro Italiano Navale), muestra del compromiso de ésta compañía por prestar un servicio de calidad. [3]

Ilustración n°2. Certificación sistema de gestión de la calidad.

Fuente: [4]

Opstad, hoy en día, sigue proporcionando buques para la industria offshore y se ha especializado en el mercado del soporte sísmico.

La flota actual de ésta compañía se compone de tres buques de apoyo mar adentro (Offshore support vessels), los cuales aseguran de forma altamente cualificada la capacidad y flexibilidad para las operaciones, incluyendo áreas especializadas, como el Ártico. Éstos son, Bravo Supporter, Bravo Sapphire y “Bravo Topaz”. [1]

Bravo Supporter**Ilustración n°3.** Barco Bravo Supporter.

Fuente: [1]

<u>BRAVO SUPPORTER</u>	
Eslora total	51 metros (m)
Eslora entre P.P	55,6 metros (m)
Manga	11,2 metros (m)
Calado	4,80 metros (m)
Arqueo Bruto	1109 toneladas
Peso Muerto	1180 toneladas (t)
Potencia Propulsora	2450 c.v
Velocidad Máxima	12 nudos
Año de construcción	2004
Número IMO	9195644
Bandera	Gibraltar
Estado actual	Activo

Fuente: [5]

Bravo Sapphire

Ilustración nº4. Barco Bravo Sapphire.



Fuente: [1]

<u>BRAVO SAPPHIRE</u>	
Eslora total	57,4 metros (m)
Eslora entre P.P	55,6 metros (m)
Manga	14 metros (m)
Calado	4 metros (m)
Arqueo Bruto	1428 toneladas
Peso Muerto	1200 toneladas (t)
Potencia Propulsora	4002,7 c.v
Velocidad Máxima	13 nudos
Año de construcción	2008
Número IMO	9486037
Bandera	Gibraltar
Estado actual	Activo

Fuente: [6]

Bravo Topa

Ilustración nº5. Barco “Bravo Topaz”.



Fuente: [1]

Como se ha comentado anteriormente el “Bravo Topaz” es el buque marco referencial de éste TFG (Trabajo de Fin de Grado), por lo que a continuación se realizará una descripción más extensa de las características del mismo. Además como también se ha explicado

anteriormente su actividad profesional se basa en prestar soporte sísmico offshore en aguas noruegas desde su construcción en el año 2010.

El “Bravo Topaz” fue construido en los astilleros ubicados en Miri, ciudad que pertenece al estado de Sarawak en Malasia. Éste barco fue botado en Julio del año 2010, pero en su proa el nombre que aparecía era otro diferente. El barco tras ser construido y botado en Malasia se llamó Roxanne 42, el cual tenía un gemelo el buque Roxanne 43. En el mismo año, en el mes de noviembre la compañía grupo Opstad decide cambiar el nombre a éste barco, Roxanne 42. El motivo de éste cambio es que los tres barcos de su flota comiencen sus nombres por el prefijo “Bravo”, pasando a llamarse “Bravo Topaz” en Noviembre de 2010. [7], [8]

Ilustración n°6. “Bravo Topaz” abarloado a su gemelo Roxanne 43.



Fuente: [9]

3.1.2 Características principales del buque “Bravo Topaz”.

<u>DIMENSIONES PRINCIPALES</u>	
Eslora total	58 metros (m)
Eslora entre P.P	55,6 metros (m)
Manga	13,8 metros (m)
Calado	4,50 metros (m)
Arqueo Bruto	1452 toneladas / tonelaje de Suez 1669 toneladas (t)

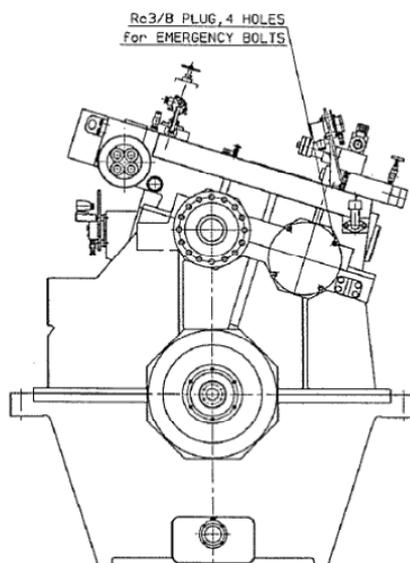
La planta de propulsión del buque “Bravo Topaz” cuenta con dos motores principales, construidos por el fabricante americano Cummins. El modelo de éstos motores es el QSK 60, el cual nos proporciona una potencia propulsora igual a 2200 C.V a 1800 rpm. Éste motor será descrito en profundidad en el apartado 3.3, ya que es protagonista de la remotorización estudiada en éste trabajo de fin de grado.

Ilustración nº 8. Motor Cummins QSK 60.



Fuente: [12]

La transmisión entre los motores principales y eje de la hélice se realiza mediante una reductora por motor de la marca Hitachi. Según la disposición del barco la reductora de estribor varía con respecto a la de babor, en que ésta trae incorporado un modulo para el acople de un alternador de cola. Sus características principales son las siguientes:

Ilustración nº 9. Plano reductora Hitachi.

Fuente: [13]

REDUCTORA HITACHI (MGR1227VA)	
Modelo	MGR1227VA
Potencia de salida	2200 c.v
Relación de transmisión	7.50
Velocidad nominal de entrada	1800 rpm
Presión de aceite	2,3 – 2,5 MPa Aceite del embrague 0,07- 0,4 MPa Aceite de lubricación
Temperatura de aceite	65 °C Max
Volumen de aceite	150 litros

Fuente: [13]

Ilustración n° 10. Imagen reductora Hitachi.

Fuente: [14]

El barco está dotado de un propulsor CPP (Controllable Pitch Propeller) por motor, es decir, de dos hélices de paso variable.

Los sistemas de propulsión hoy en día en buques, al igual que el resto de sistemas, deben obtener el mayor rendimiento posible al menor coste. Para conseguir esto las hélices de paso variable tienen mucho que ver.

Con ellas obtenemos un rendimiento del propulsor más elevado que el que se obtendría con una hélice de paso fijo, optimizando prestaciones como la velocidad y el consumo. Además éste tipo de hélices nos proporcionan mejor maniobra (pasar de marcha avante a marcha atrás sin necesidad si necesidad de efectuar una inversión de giro en el motor, únicamente cambiando el paso de la hélice), menor consumo de combustible (ya que el motor siempre trabaja a un régimen fijo de revoluciones), entre otras. [15]

Ilustración nº 11. Hélice de paso variable.



Fuente: [16]

La reductora de estribor cuenta con salida para un alternador de cola. El alternador de cola instalado en el “Bravo Topaz” es un Stamford de 800 kW.

El alternador de cola como su nombre indica se trata de un alternador, cuya finalidad es generar energía eléctrica. La peculiaridad que tienen los alternadores de cola es que generan corriente eléctrica únicamente cuando el buque está navegando, ya éstos van acoplados al eje de cola, aprovechando el giro de éste eje para producir la energía. [10] [17]

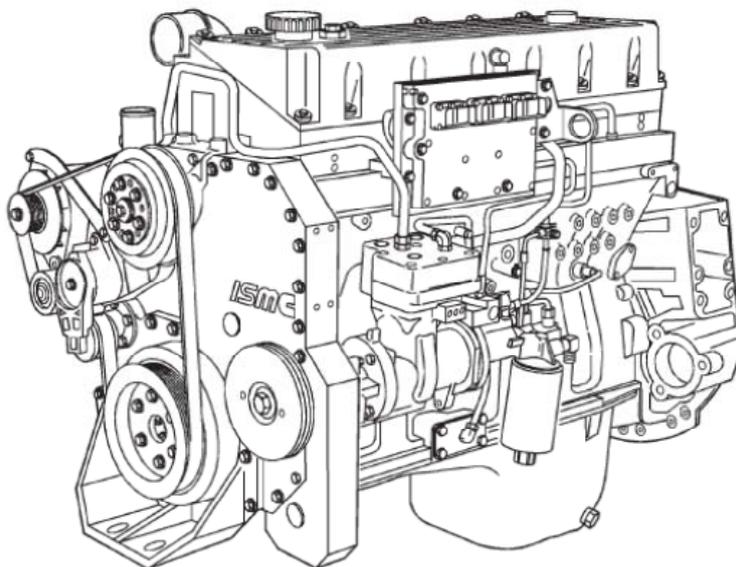
Ilustración n°12. Alternador de cola “Bravo Topaz”.

Fuente: [18]

<u>PLANTA AUXILIAR</u>	
Motores Auxiliares	2 x Cummins 250 kW/ QSM 11 DM
Gen. Emergencia	1 x Cummins 80 kW / 6BT5.9DM
Hélice de Proa	Schottel, 600 kW – 8 toneladas
Aparato de gobierno (Steering gear)	2 x independientes (Kobelt)
Timón	2 x timón Becker

Fuente: [10]

La maquinaria auxiliar con la que cuenta el barco es la que se expone en la tabla anterior. Está compuesta por 2 motores auxiliares Cummins QSM 11 DM que tienen como finalidad generar energía eléctrica, mediante un alternador que lleva acoplado cada motor auxiliar.

Ilustración n°13. Plano motor auxiliar Cummins QSM 11 DM.

Fuente: [19]

Las características principales de los motores auxiliares son las siguientes:

AUXILIAR CUMMINS	
Modelo	QSM 11 DM
Configuración	6 cilindros en línea, 4 tiempos
Aspiración	Turbocompresor / Después enfriador
Desplazamiento	10,8 L
Diámetro y carrera	125 x 147 mm
Rotación del cigüeñal (frente)	En sentido de las agujas del reloj
Peso del motor	Seco: 940 kg Húmedo: 996 kg
Orden de encendido	1 – 5 – 3 – 6 – 2 - 4
Velocidad del motor	Ralentí: 600 – 800 rpm Nominal: 1500 rpm
Potencia de salida	265 kW, 355 c.v
Consumo de combustible	Velocidad Nominal: 65,0 L/h ISO: 32,1 L/h

Fuente: [19], [20], [21]

*El consumo medio de combustible basado en la norma ISO 8178 Ciclo E3 de prueba estándar se basa en modelos de velocidad variable y el 8178 Ciclo D2 prueba estándar ISO lo hace en modelos de velocidad fija. [19]

Ilustración n° 14. Fotografía motor auxiliar Cummins QSM 11 DM.

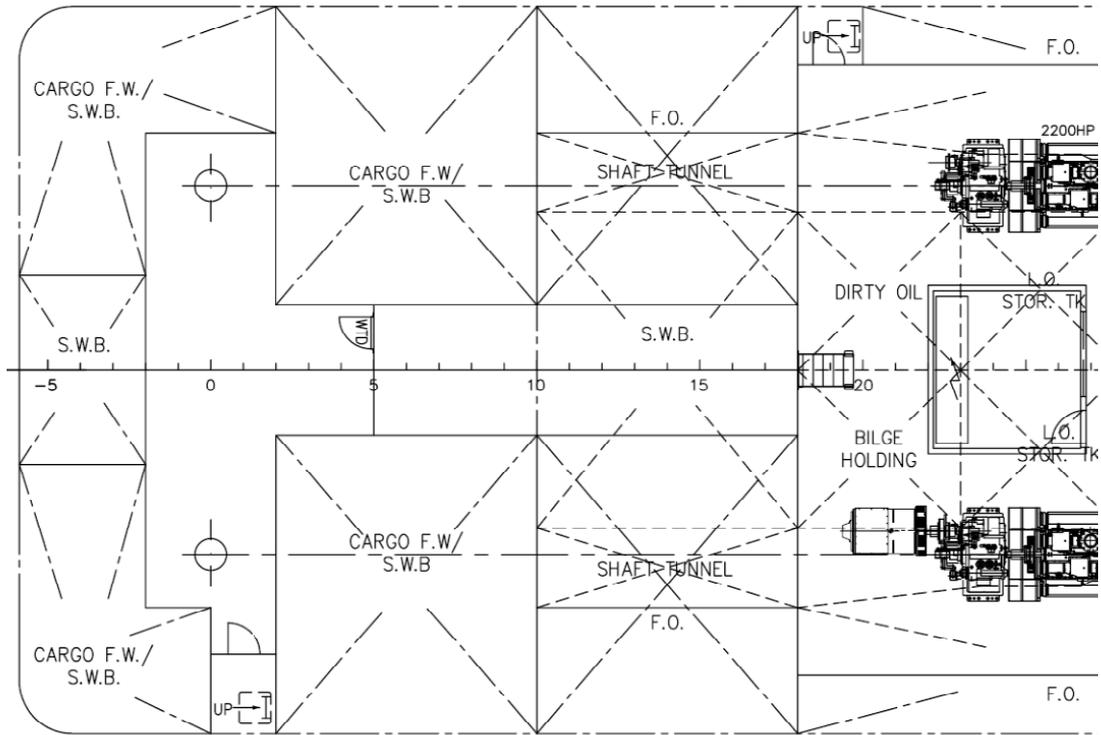


Fuente: [22]

<u>CAPACIDADES</u>	
Gasoil Marino	1040,4 m ³ (Tanques de diario + almacén)
Carga de agua	150,0 m ³
Agua dulce	237,2 m ³
Agua potable	113,7 m ³
Agua de lastre	206,2 m ³
Caudal bomba combustible	150 m ³ / h
Caudal bomba agua dulce	100 m ³ / h
Carga en cubierta	5 t / m ²

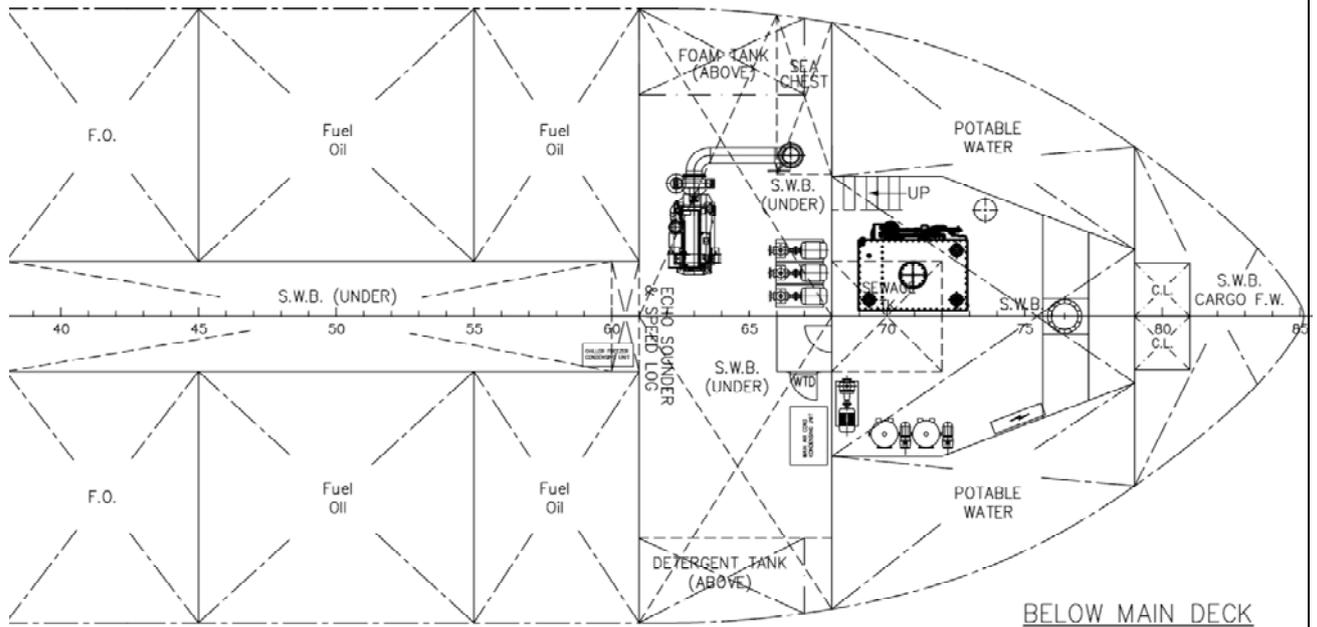
Fuente: [10]

Ilustración nº15. Plano de los diferentes tanques del barco.



Fuente: [11]

Ilustración nº16. Plano de los diferentes tanques del barco.



Fuente: [11]

Ilustración nº 17. Fotografía tapa de registro tanque “Bravo Topaz”.

Fuente: [18]

<u>CLASE</u>	
Buque de apoyo Offshore,	Buque de apoyo sísmico Offshore
Sociedad de Clasificación:	RINA
Construcción:	Julio de 2010
Distintivo de llamada:	ZDKA9
Bandera:	Gibraltar
Puerto de matrícula:	Gibraltar
Número IMO:	9421556
Estado actual:	Activo

Fuente: [10]

Los datos que aparecen en la sección de Clase, son los que identifican al barco frente a la administración de bandera y la sociedad de clasificación que lo certifica.

<u>VELOCIDAD Y CONSUMO</u>	
Máxima velocidad	12 nudos
Velocidad de servicio	11 nudos
Bollad Pull	50 toneladas

Fuente: [10]

“*Bollard Pull*”, también conocido por tracción a punto fijo es la cantidad de fuerza que un barco puede ejercer a remolque. Bollard Pull es el resultado de la fuerza impulsora que proporciona la hélice o el propulsor que disponga el barco. En la prueba de Bollard Pull se coloca un dinamómetro en el cabo que va a ejercer el remolque para medir dicha la cantidad de fuerza nombrada anteriormente. Por lo que, el barco “Bravo Topaz” es capaz de remolcar al menos hasta 50 toneladas. [23]

<u>ACOMODACIÓN</u>	
Camarotes	6 camarotes y un total de 36 literas
Dotación mínima de seguridad	6 personas
Nº Total de pasajeros	36 personas
Nº Pasajeros viaje corto	50 personas

Fuente: [10]

3.2 Explicación del proceso.

El objeto de éste trabajo es la reparación de una avería que se dio lugar en el barco “Bravo Topaz”. Antes de explicar en qué consistió el proceso explicaré que es una avería, en qué consiste reparar una avería y por último en qué consiste el tipo de reparación realizada en éste barco, una “remotorización”.

3.2.1 Avería.

La avería de un elemento, es el estado de incapacidad para realizar la función requerida o para la que ha sido diseñado, debido a un estado interno. Por tanto, cuando se dice que un dispositivo, elemento o equipo se encuentra averiado significa que en éste se ha producido un fallo, que puede ser del propio elemento o que se haya producido en cualquier fase de la vida de éste (diseño, fabricación o mantenimiento). Además la palabra averiado implica que el elemento o equipo sufre una o más averías. [24]

Las averías se pueden manifestar de diversas formas y afectar a distintas funciones de elementos u objetos. Para diferenciar los tipos de averías que se pueden producir, es necesario, saber cuáles son las funciones del elemento u objeto.

Todo elemento u objeto tiene tres tipos de funciones:

- Funciones principales. Función para la que ha sido diseñado el elemento.
- Funciones secundarias. Son funciones que sirven de soporte o apoyo a las principales.
- Funciones terciarias. Son las que se centran en la imagen del elemento y no intervienen tanto en su funcionamiento.

Teniendo en cuenta ésta clasificación las averías se clasifican en:

- Avería crítica. Afecta a las funciones principales del elemento. Por tanto el equipo quedaría totalmente inoperativo.
- Avería parcial. Afecta a una parte las funciones, pero no a todas. Por tanto el equipo funcionaría de manera anormal, no llegando a desarrollar su función al 100%.
- Avería reducida. Afecta al elemento, pero sus funciones principales y secundarias no se ven afectadas. Por tanto, el equipo no funcionaría al 100%, pero sería capaz de desarrollar su función. [25]

3.2.2 Reparación

Se entiende por reparación, a el acto de de reparar algo (elemento u objeto) que está averiado o fuera de servicio.

Una reparación surge de la previa aparición de una avería o fallo, por lo tanto, ambas están íntimamente relacionadas. Una avería conlleva a una reparación posterior y viceversa. [24]

Las reparaciones pueden ser diferentes, puede haber tantos tipos de reparaciones como de averías existan. Por lo tanto, cada avería exigirá un tipo o variante concreta de reparación, siempre manteniendo su esencia original la cual es solucionar el problema originado en el elemento, objeto, equipo o sistema y dejarlo listo para realizar su función original. Sin embargo, las reparaciones se suelen clasificar en dos grandes grupos:

- Reparaciones provisionales. Normalmente cuando se produce una avería es necesario restaurar el equipo afectado lo antes posible. El motivo puede ser por falta de tiempo o de repuestos. Por lo tanto se considera reparación provisional a aquella que no haya conseguido restaurar el equipo por completo, es decir, obtener su condición inicial.
- Reparaciones definitivas. Una reparación definitiva es aquella que logara restaurar un equipo averiado a su condición inicial, solucionando el fallo causante de la avería acontecida. [24]

3.2.3 Remotorización

Como se ha mencionado anteriormente las reparaciones pueden ser diferentes en función del tipo de fallo o avería. En éste caso la avería tiene lugar en los dos motores principales del buque de apoyo “Bravo Topaz”. De acuerdo a la definición dada de reparación, aparece un tipo de ésta, la “*remotorización*”. Surge de la necesidad de solucionar la avería originada en los motores principales de éste barco.

Una remotorización consiste en sustituir un motor por otro. El motor de sustitución puede ser idéntico al que se pretende sustituir (misma marca y modelo) o sin embargo, puede ser diferente (diferente marca y modelo) siempre y cuando se adapte a

los sistemas auxiliares existentes y sea válido para la instalación en la que se pretende instalar.

Como todo proceso técnico una remotorización conlleva a seguir una serie de pasos o requisitos para su correcta realización. En éste caso, nombraré los pasos seguidos durante la realización de la remotorización de los MCI (Motores de Combustión Interna) en el buque “Bravo Topaz”, la cual puede desarrollar durante mi periodo de prácticas académicas en el taller de reparación naval FEROTHER y de la cual ha sido adquirida mi experiencia.

3.2.3.1 Pasos a seguir en una remotorización

Los pasos que se llevaron a cabo durante la reparación se estudiarán en profundidad en el apartado V. Resultados, de éste TFG (Trabajo Fin de Grado), fueron los siguientes:

1. Desinstalación de los motores a retirar en el buque.

Desconectar cableado eléctrico, tuberías de combustible, agua salada y dulce, desacoplar de la reductora, desconectar escapes y aflojar tornillos de fijación a la bancada.

2. Retirada de tuberías y conductos que dificultaban la maniobra de izada.

Éste paso consistió en retirar aquellos conductos y tuberías que dificultaban izar el motor desde su ubicación hasta su salida a través de la escotilla.

3. Maniobra de izada de los motores.

Izado a mano mediante tecles desde la posición del motor hasta el punto en el que la grúa pudiera engancharlo.

4. Acondicionamiento de la bancada y conexiones para la instalación de los nuevos motores.

Limpieza de la bancada entre otras tareas de acondicionamiento.

5. Maniobra de embarque de los nuevos motores.

Misma operación que el izado pero inversa.

6. Realización de modificaciones necesarias para la instalación de los nuevos motores.

Modificación en tuberías, soportes del motor y filtros.

7. Alineado de los motores.

Alineación del motor con respecto a la reductora.

8. Taqueado de los mismos.

Cálculo y operación de taqueado.

9. Conexión del motor.

Conexión de combustible, lubricación, agua dulce y salada de refrigeración, escape de gases, reductora, cableado eléctrico).

10. Prueba de puerto y de mar.

Pruebas realizadas por el técnico fabricante de los motores. [17]

Ilustración nº18. Fotografía proceso de remotorizado.



Fuente: [26]

Cabe a destacar que ésta remotorización fue realizada con el barco a flote atracado en el interior de las instalaciones de ASTICAN (Astilleros de Canarias). Ésta condición supone un plus de dificultad en la operación, ya que a la hora del izado y embarque de los motores, había que tener en cuenta el balance al que estaba sometido el buque con respecto al muelle, donde se encontraba la grúa, pero a la vez proporcionaba mayor fiabilidad de cara a la alienación, que en la condición de buque en seco.

3.2.3.2 Normativa

Para llevar a cabo una operación tan compleja como una re motorización, y más en éste caso en concreto, tratándose de la sustitución de los motores principales de un buque, no basta únicamente con retirar el motor a sustituir e instalar el sustituto. Detrás de la operación física y técnica de llevar a cabo éste proceso, se encuentra todo un campo relacionado con la legislación, normativas y certificaciones.

Para poder realizar una sustitución de un equipo a bordo por otro, es necesario:

- Emitir una solicitud de desinstalación (del equipo, motor en éste caso a sustituir) a la administración de bandera del buque.

Con éste documento se desvincula el equipo del barco al que se encontraba adscrito.

- Emitir una solicitud de instalación (del nuevo equipo, motor a instalar) a la administración de bandera del buque.

Al mismo tiempo, una vez desinstalado el equipo viejo del buque, la administración de bandera y la sociedad de clasificación inspeccionaran que se ha realizado dicho trabajo con éxito y respetando la normativa.

A la hora de instalar el nuevo equipo la administración de bandera y la sociedad de clasificación requerirán al barco los siguientes documentos:

- Informe técnico del motor (proporcionado por el fabricante).
- Fichero técnico del motor.
- Documento de emisiones del motor.
- Certificado de instalador autorizado (a la empresa que realice el trabajo, FEROSHER en éste caso).

Además de éstos documentos una vez el trabajo de instalación terminado el barco recibirá una inspección por parte de la administración de bandera y de la sociedad de clasificación. [27]

3.3 Motores viejos sustituidos.

Los motores sustituidos en el buque “Bravo Topaz” eran 2 Cummins QSK60-M.

Cummins Inc. es una compañía estadounidense que se dedica al diseño, manufactura y distribución de motores diesel. Su sede principal se encuentra en Indiana, en los Estados Unidos. La marca Cummins opera en aproximadamente 190 países, incluido España. Cummins es uno de los mayores fabricantes de motores diesel del mundo, que van desde 55 a 300 c.v. Además de fabricar motores marinos, también fabrica motores para la industria, vehículos de carretera y generación de energía. [28] [29]

A continuación se detallan las características de los motores objeto de éste apartado.

3.3.1 Características

<u>CLASE DE MOTOR</u>					
	Potencia de salida			Consumo	
Modelo	kW	c.v	Velocidad rpm	Velocidad Nominal (L/h)	ISO (L/h)
QSK60-M HPI	1641	2200	1800	402,9	278,6

Fuente: [30]

Ilustración nº19. Motores Cummins QSK 60- M HPI.

Fuente: [31]

<u>ESPECIFICACIONES</u>	
Configuración	16 Cilindros en V, 4 Tiempos Diesel.
Diámetro y carrera	159 mm x 190 mm
Desplazamiento	60,2 L
Rotación del cigüeñal (frente)	En contra de la agujas del reloj
Aspiración	Turbocompresor / Después enfriador
Emisiones	IMO Tier I

Fuente: [30] [32]

<u>DIMENSIONES</u>	
Longitud	3357 mm
Anchura	1760 mm
Altura	2409 mm
Peso	8754 kg

Fuente: [32]

Ilustración nº 20. Motor Cummins QSK 60-M HPI

Fuente: [33]

3.2.2 Descripción de los diferentes sistemas del motor.**Diseño del Motor.**

Su diseño se basa en un bloque robusto pensado para un funcionamiento continuo y de larga durabilidad. Juntas tóricas, sellos y juntas de borde moldeado eliminan las fugas de cualquier fluido en éste motor. El diseño del pistón está constituido por una sola pieza de hierro dúctil con forros y anillos recubiertos de nitruro de excepcional durabilidad. [32]

Circuito de combustible

El sistema de combustible Cummins HPI está constituido por un sistema puramente mecánico, fiable que ofrece una inyección de combustible precisa, logrando obtener un consumo y emisiones aceptables. Siempre teniendo en cuenta las características del sistema mecánico, el cual tiene un rendimiento menor que el que tendría un sistema de inyección de raíl común “Common-Rail”. En el circuito de

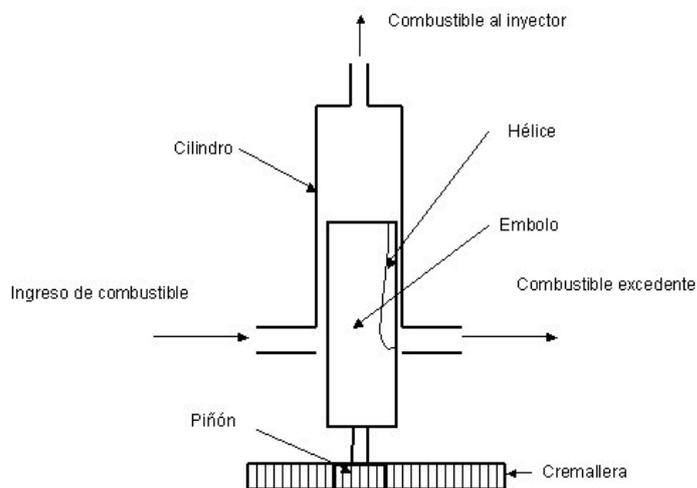
combustible se encuentra la mayor variación entre los motores viejos del “Bravo Topaz” y los que se instalaron nuevos, ya que son exactamente el mismo modelo, incorporando innovaciones tecnológicas como ésta. Los sistemas de inyección diesel convencionales, necesitan que la presión del combustible se produzca individualmente en cada inyección. En cambio, en el sistema Common-Rail, la producción y la inyección de presión se realizan por separado, de manera que el combustible está siempre disponible y con la presión necesaria para su inyección. La producción de presión se realiza en la bomba de alta presión. La bomba comprime el combustible y lo envía hasta el orificio del raíl a través de un conducto de alta presión, que actúa como acumulador de alta presión común para todos los inyectores (de ahí el nombre de "common-rail", raíl común). Desde ahí, el combustible se distribuye en cada inyector que. [32], [34]

Circuito mecánico de inyección de combustible - Motores Diesel.

Este sistema de inyección para combustibles líquidos, utilizado habitualmente en los motores Diesel, es un sistema de inyección a alta presión, (alrededor de los 200 Kg/cm²).

Sirve para inyectar, de acuerdo a la secuencia de encendido de un motor, cierta cantidad de combustible a alta presión y finamente pulverizado en el ciclo de compresión del motor, el cual, al ponerse en contacto con el aire muy caliente (alta temperatura), se mezcla y se enciende produciéndose la combustión.

La función es la de producir la inyección de combustible líquido finamente pulverizado en el momento indicado y en la cantidad justa de acuerdo al régimen de funcionamiento del motor. [35]

Ilustración n° 21. Esquema bomba inyección mecánica.**INYECCION MECANICA DE COMBUSTIBLE**

Fuente: [35]

Este circuito consta fundamentalmente de una bomba con capacidad para inyectar cantidades variables de combustible dada por un diseño especial de los émbolos y con un émbolo por inyector o cilindro del motor. El otro componente importante es el inyector propiamente dicho encargado de la inyección directamente en la cámara de combustión (inyección directa) o en una cámara auxiliar (inyección indirecta). En éste caso se trata de una inyección directa.

El funcionamiento es el siguiente:

El sistema de alimentación suministra el combustible a una bomba alternativa accionada por el mismo motor y sincronizada con éste, para inyectar en cada cilindro en el momento preciso, la bomba, mediante unos émbolos accionados por un sistema de levas (árbol de levas) bombea el combustible por una tubería hasta los inyectores que con la presión ejercida por el fluido, abren e inyectan el combustible que ingresa en la cámara de combustión del motor, finamente pulverizado. La cantidad de combustible que inyecta cada émbolo de la bomba se regula haciendo girar el émbolo por medio de un sistema de piñón y cremallera, con este giro del émbolo, se pone en comunicación la cámara donde se encuentra el combustible ingresado, con una ranura helicoidal

mecanizada en el émbolo, dejando salir el excedente de combustible de regreso a su depósito original, limitando así la cantidad inyectada al motor. La bomba debe estar perfectamente sincronizada con el funcionamiento del motor para asegurar que se inyecte combustible al cilindro correspondiente según una secuencia dada de inyección. [35]

Circuito de refrigeración.

El sistema de refrigeración consigue un post enfriamiento a baja temperatura. El intercambiador de calor montado por Cummins en éstos motores es de placas de titanio proporcionándole una durabilidad superior y un mantenimiento menos exigente. [32]

Circuito de escape.

Este motor cuenta con cuatro colectores de escape seco con blindaje de agua, reduciendo el consumo de combustible y contribuyendo a un mejor funcionamiento del motor. El motor dispone de dos escapes, cada dos colectores de escape desembocan en un escape. [32]

Ilustración nº 22. Escapes barco “Bravo Topaz”.



Fuente: [18]

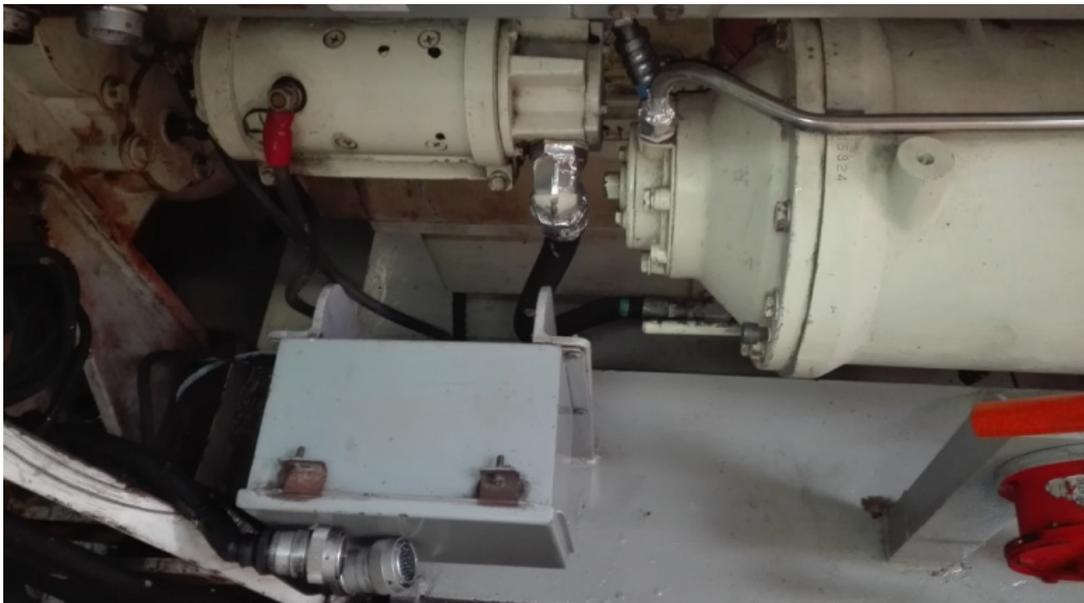
Circuito de Aire.

El sistema de aire está formado por cuatro turbocompresores Cummins, dos por banda, 1 para cada 4 cilindros, optimizados para aplicaciones marinas. Cuatro filtros, uno por turbo y colector. Éste sistema de aire obtiene baja temperatura de post enfriamiento del aire que consigue un funcionamiento eficiente y optimización del rendimiento. [32]

Circuito de lubricación.

El sistema de lubricación dispone de una capacidad de 261 L de lubricante. Cuenta con arranque pre-lubricado, el cual protege al motor de daños debido a los arranques en seco. [32]

Ilustración n° 23. Bomba de aceite motores antiguos.



Fuente: [18]

Electrónica.

Éstos motores poseen un sistema electrónico de control que monitoriza el rendimiento del motor mediante el control operativo de parámetros. Los beneficios de

éste sistema proporcionan al motor protección, menos emisiones de humos y optimización del consumo. [32]

Ilustración n° 24. Cuadro eléctrico motores Cummins QSK 60-M HPI



Fuente: [18]

Certificaciones – Éstos motores cumplen los reglamentos establecidos por la OMI con respecto a emisiones, certificado OMI Tier I. [32]

3.4 Motivo de la reparación.

El motivo de la reparación es que los motores instalados en el barco han alcanzado el número de horas que el fabricante establece para realizarles mantenimiento. Por lo tanto el armador se ve obligado a llevar a cabo un “overhauling” (reparar el motor por completo). [27]

El armador tiene dos posibles soluciones a éste problema. Una es reparar el motor y la otra sustituir el motor por uno nuevo.

A la hora de tomar una decisión, el armador puede enfocar la solución desde dos puntos de vista, los cuales se pueden clasificar de la siguiente manera: Logístico o económico.

- Punto de vista logístico. Esta visión se centra en el tiempo. Si el barco al que tenemos que realizar la remotorización opera en una ruta con un elevado tránsito y volumen de transporte, la compañía no puede permitirse tener en parada el barco durante mucho tiempo. La solución es instalar motores nuevos, mediante un programa de intercambio con el fabricante del motor si se trata de un motor de la misma marca. Con ello el tiempo de parada es menor que si hubiese que reparar los motores instalados ya en el barco. La desventaja de esta alternativa es que el coste de la reparación sería mayor. Pero en éste caso las circunstancias no permiten otra solución.
- Punto de vista económico. Atendiendo a la economía podemos decidir optar por cualquiera de las dos opciones planteadas anteriormente. Reparar el motor, por medio de un “overhauling”, le supone al armador aproximadamente un 50 % del valor de un motor nuevo. Por tanto, el 50 % del motor nuevo es un coste fijo. A eso hay que restarle el valor residual del motor sustituido, una vez entregado al fabricante por medio del “*programa de intercambio*”, con un valor aproximado del 20% del coste de un motor nuevo. Así el armador tendría una diferencia de un 30% del coste de un motor nuevo con respecto a si decidiera repararlo.

Instalar un motor nuevo.

En ésta situación, a el armador le puede interesar más instalar motores nuevos al tener únicamente un 30% de diferencia, con las ventajas de que tendría motores nuevos y éstos volverían a tener periodo de garantía. Todo sin tener en cuenta que si decidiera instalar motores nuevos el tiempo de parada del barco sería menor, por tanto las pérdidas por ello serían menores también.

Reparar el motor.

Reparando el motor, el coste sería del 50 % de un motor nuevo, sin embargo las pérdidas por parada del barco serían mayores. Aún así probablemente sería más económico reparar el motor. [27]

3.5 Esquemas de los motores nuevos.

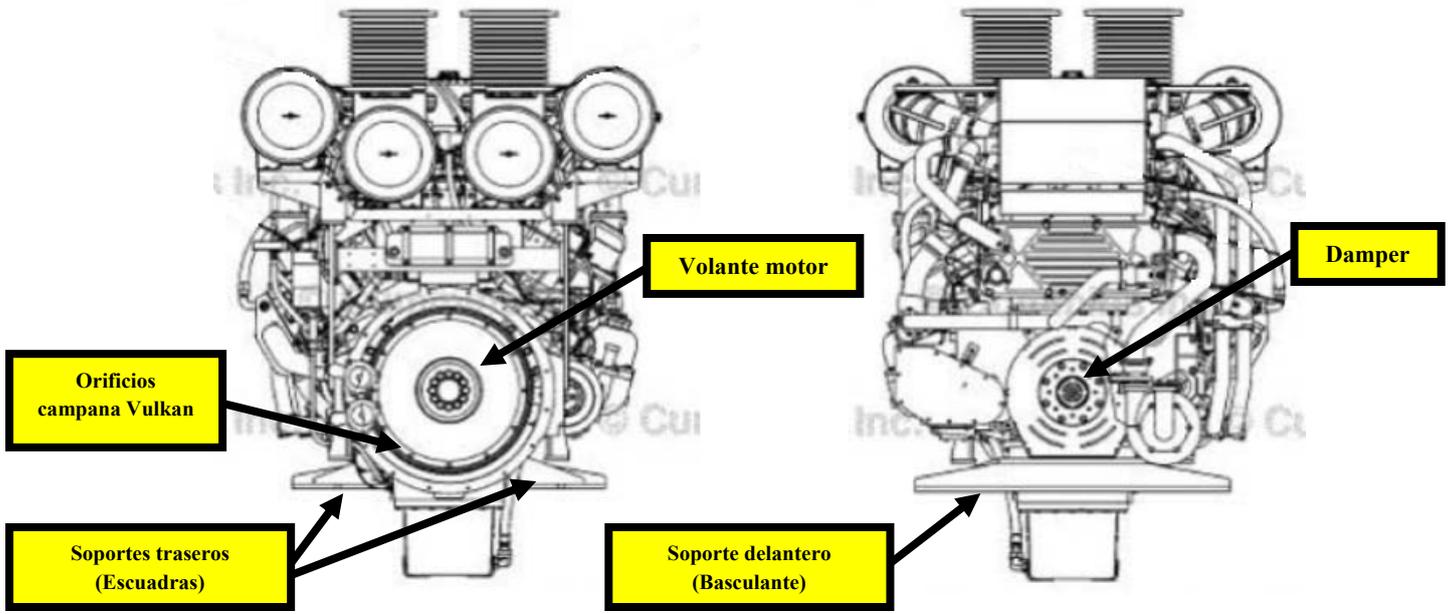
A continuación se muestran las siguientes ilustraciones referentes a los nuevos motores.

Ilustración n° 25: Vista frontal motor

Ilustración n° 26: Vista frontal motor

Popa.

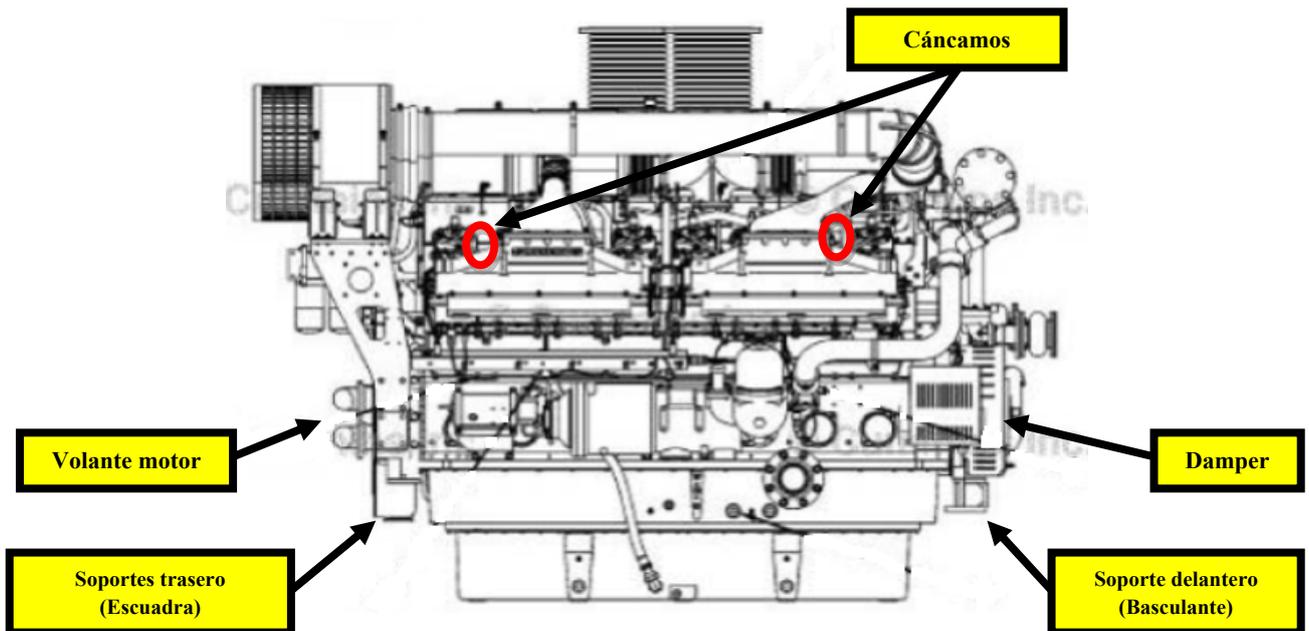
Proa.



Fuente: [36]

Fuente: [36]

Ilustración n° 27: Vista lateral motor.



Fuente: [36]

IV. METODOLOGÍA

IV. METODOLOGÍA

La metodología empleada en referencia a éste trabajo fin de grado la hemos dividido en los siguientes apartados:

4.1 Documentación bibliográfica.

La documentación aparecida en éste TFG, (a partir de ahora Trabajo Fin de Grado), es a partir de una fuente bibliográfica en la que se incluyen páginas web, informes y manuales del buque, etc. Además de los conocimientos adquiridos en mi periodo de prácticas en la empresa FEROTHER. Para los aspectos técnicos de la remotorización del equipo se ha recurrido a los manuales del MCI en concreto

4.2 Metodología del trabajo de campo.

La realización de éste TFG viene de mi experiencia de un trabajo de campo que consistió en describir las etapas del proceso de remotorizado de un MCI a bordo de un buque. Incorporando fotos de elaboración propia con reseñas en las mismas que aportan más claridad al lector de TFG.

4.3 Marco referencial.

Nuestro marco referencial es el buque “Bravo Topaz” y la empresa de reparación naval FEROTHER. En la cual he tenido la experiencia dentro de mi periodo de prácticas para la elaboración de éste TFG.

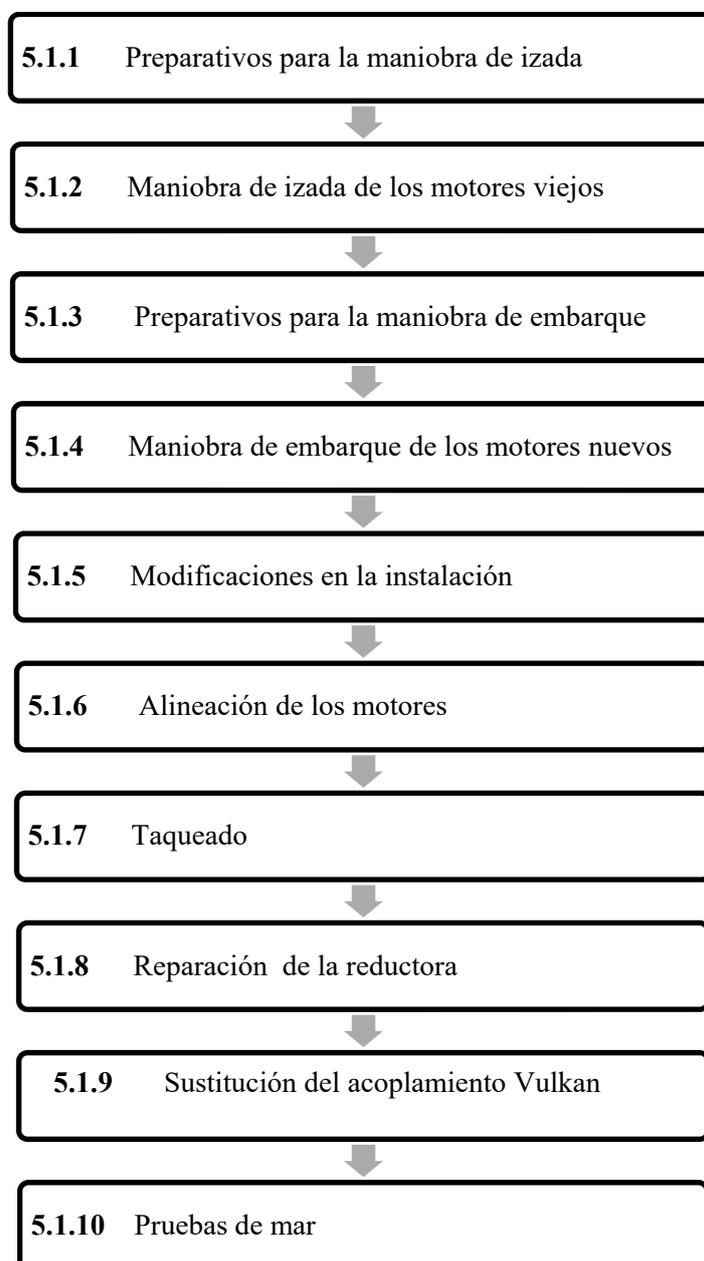
V. RESULTADOS

V. RESULTADOS

En éste apartado se tratará el objeto principal del trabajo de fin de grado, centrándonos en el desarrollo etapa por etapa del proceso de remotorizado.

5.1. Descripción del proceso de REMOTORIZADO.

Al igual que cualquier otro tipo de reparación o en general trabajo técnico, una remotorización implica seguir un determinado modelo de trabajo o instrucción de trabajo, la cual constituye un proceso. El proceso de remotorizado llevado a cabo en la remotorización de la planta de propulsión de barco “Bravo Topaz”, consta de las siguientes etapas:



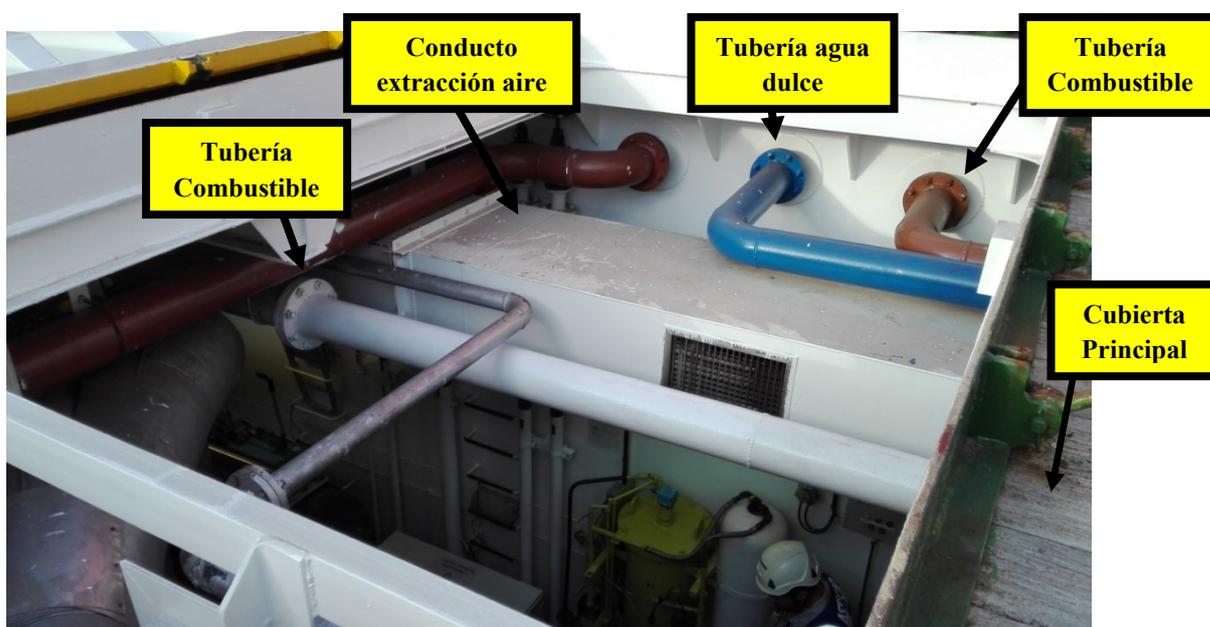
5.1.1 Preparativos para la maniobra de izada.

La maniobra de izada de los motores se realizó a través de dos lumbreras que comunican la sala de máquinas con la cubierta principal. Las lumbreras se encuentran situadas a escasos dos metros a proa de los motores principales, una en la banda de estribor y la otra en la banda de babor. Por tanto, cada motor fue izado por su correspondiente lumbrera.

5.1.1.1 Desmontaje de tuberías y conductos necesarios para la maniobra (lumbrera).

Como se ha mencionado anteriormente los motores fueron extraídos del barco a través de unas lumbreras dispuestas en la sala de máquinas para tal fin, pero éstas normalmente no se encuentran libres. No se encuentran libres debido a que por el tecele superior de la sala de máquinas pasan una serie de conductos coincidiendo con el espacio de la lumbrera. Véase *Ilustración 28*.

Ilustración n° 28. Conductos que obstaculizan la lumbrera de la sala de máquinas.



Fuente: [18]

Como se puede apreciar en la imagen, por la lumbrera pasan una serie de conductos y tuberías. Por tanto para poder realizar la izada de ambos motores fue necesario liberar el espacio de ambas lumbreras.

Los conductos y tuberías que obstruían la salida de los motores por las lumbreras fueron los siguientes:

- **Tubería de color azul.** Agua dulce.

Para retirar ésta tubería, se cerraron las válvulas que alimentaban a ésta tubería y luego se precedió a retirar los tornillos de la brida situada cerca del mamparo, así como la siguiente brida de conexión que nos permitiera salvar el espacio de la lumbrera. Al aflojar los tornillos la tubería comenzó a fugar, fue necesaria la colocación de un balde bajo la fuga. Una vez retirada la tubería se colocaron bridas ciegas en ambos extremos, ahora libres, tras retirar ese tramo de tubería.

- **Tubería de color marrón.** Combustible.

La maniobra de extracción de ésta tubería fue exactamente el mismo que la de la tubería azul, con la diferencia de que el contenido de ésta era combustible. Por tanto, hubo que actuar con más seguridad ya que al aflojar los tornillos la fuga era de combustible. Para ello se colocó un balde bajo la fuga hasta que dejó de fugar. Finalmente se retiró el tramo de tubería y se colocaron bridas ciegas.

- **Conducto de color blanco.** Conducto de extracción de aire de la sala de máquinas.

Para retirar el tramo de conducto que impedía la maniobra de izada, se retiraron los tornillos de sujeción entre ambos tramos y con la ayuda de la grúa del barco se retiró y se colocó en la cubierta.

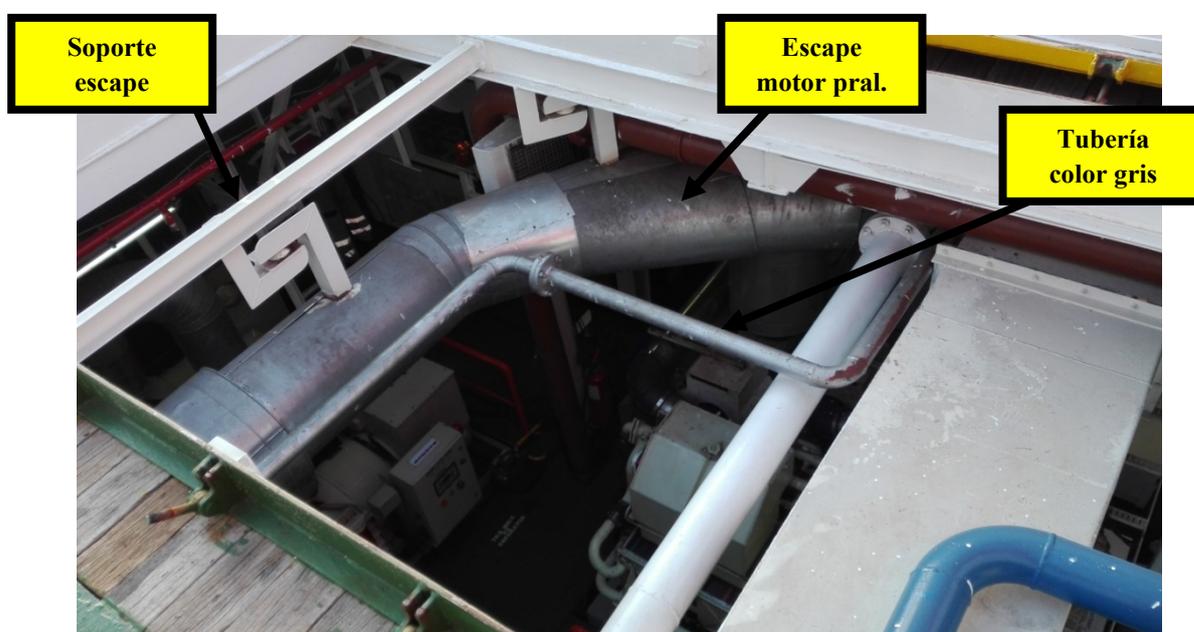
- **Tubería de color gris.** Aire comprimido.

La maniobra para desmontar la tubería gris fue la misma que la seguida con las tuberías anteriores, teniendo en cuenta el tratamiento específico del aire comprimido.

- **Escape y soporte del mismo.**

El desmontaje de los escapes de los motores fue algo más complejo. Primero, se descubrieron los escapes quitando las chapas de protección que los rodean. Una vez retiradas las chapas se procedió a sacar el material aislante, en éste caso se trataba de fibra de vidrio, para el cual hay que llevar un tratamiento especial ya que es un material perjudicial para la salud, a través de la inhalación.

Ilustración n° 29. Lumbrera de la sala de máquinas, otros conductos que obstaculizan.



Fuente: [18]

Luego se retiraron las ampliaciones de los escapes, también se soltó el *tramo de escape* que impedía la maniobra de izada y finalmente se retiró su *soporte del escape*, el cual era una barra situada de lado a lado del hueco de la lumbrera, *véase ilustración 29*.

En la ilustración 30, se observa una visión de la banda de babor de la sala de máquinas en la cual se puede identificar el *escape del motor*, el *conducto de extracción* de la sala, algunas tuberías mencionadas anteriormente y la *lumbrera* que comunica con la cubierta principal, en éste caso cerrada.

NOTA: (Pral. : Motor Principal).

Ilustración n° 30. Vista interior de la sala de máquinas.

Fuente: [18]

Para poder llevar a cabo el desmontaje de las tuberías y conductos mencionados fue necesaria la instalación de andamios en la sala de máquinas.

5.1.1.2 Desconexión de los motores al barco.

Para poder realizar la maniobra de izada de los motores con éxito, es necesario retirar todas las conexiones que ligan el motor al barco (combustible, lubricante, agua dulce, agua salada, cableado eléctrico, pernos de anclaje de las patas del motor al polín y por último desacoplar el eje de salida de potencia del motor mediante el desmontaje del acoplamiento elástico, Vulkan.

- **Combustible.**

Para desconectar las mangueras de combustible del motor fue necesario cerrar la válvula correspondiente previamente, para que al desacoplar la manguera del motor ésta no comenzara a verter combustible. Una vez desconectadas las mangueras, se cubrieron con paños y cinta adhesiva para evitar la contaminación por impurezas en éstas.

- **Lubricante.**

Con las mangueras de lubricante se procedió de la misma manera que con las tuberías de combustible. Se desacoplaron, previamente cerrando las válvulas correspondientes. Por último se cubrieron con paños y cinta adhesiva.

- **Agua dulce.**

Una vez cerradas las válvulas pertinentes, se procedió al vaciado del enfriador de agua (enfriador agua dulce- agua salada). El agua dulce que se extrajo se depositó en un recipiente para su posterior reutilización, ya que, se trata de un agua químicamente tratada. Finalmente se desmontaron las tuberías externas del enfriador para poder ser izado por la lumbrera.

- **Agua salada.**

El proceso de desmonte de conexiones de agua salada fue algo más complejo, debido a que la toma de agua salada sobresalía demasiado del tecele, impidiendo la maniobra de izada del motor. Por ello hubo que desmontar el tramo de tubería que impedía la maniobra. Para ello hubo que levantar las chapas del tecele; cerrar las válvulas convenientes para evitar una fuga de agua salada; desmontar el tramo de tubería; finalmente colocar una brida ciega para poder abrir las válvulas de agua salada las cuales alimentaban a otros sistemas del barco. *Véase Ilustración 31.*

- **Cableado eléctrico.**

Para la retirada del cableado eléctrico el barco disponía de un técnico especialista, el cual se encargó de desmontar toda la instalación eléctrica.

- **Pernos de anclaje al polín.**

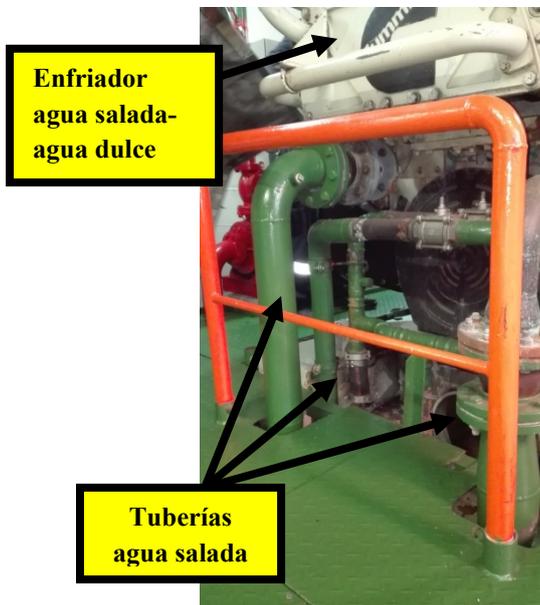
Los pernos de anclaje se aflojaron y se dejaron simplemente presentados hasta que se realizó la maniobra de izada.

- **Acoplamiento Vulkan.**

El acoplamiento Vulkan generalmente es de goma va montado entre el motor y la reductora. Su función es conectar el eje de salida de potencia del motor (volante) con la reductora la cual a su vez conecta con el eje de cola de la hélice. Para realizar el desmontaje de éste elemento, se aflojan los tornillos de la estrella de sujeción del Vulkan, que van atornillados al volante del motor. Con estos tornillos retirados, se puede desmontar con facilidad el vulkan dejando el motor desacoplado de la reductora.

Ilustración nº 31. Conexiones

de agua salada del motor.



Fuente: [18]

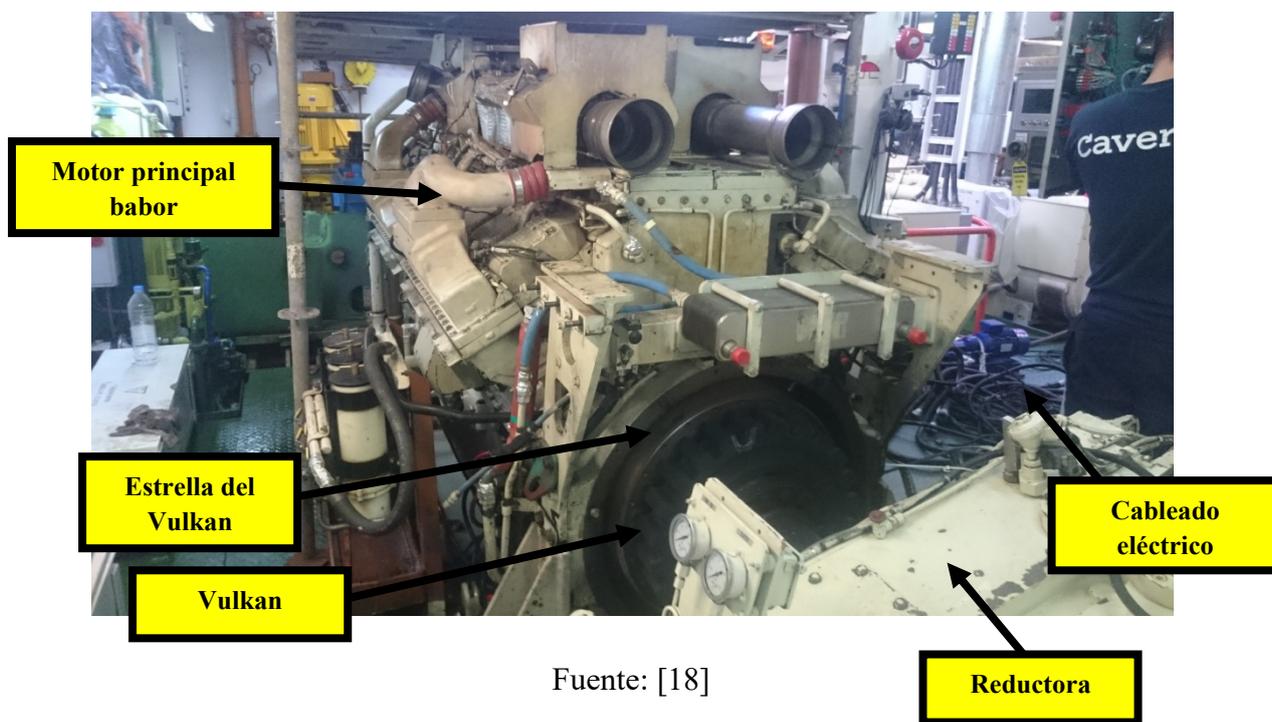
Ilustración nº 32. Conexiones

de combustible del motor.



Fuente: [18]

Ilustración nº 33. Desconexión del cableado eléctrico.



Fuente: [18]

5.1.1.3 Comprobación de la alineación.

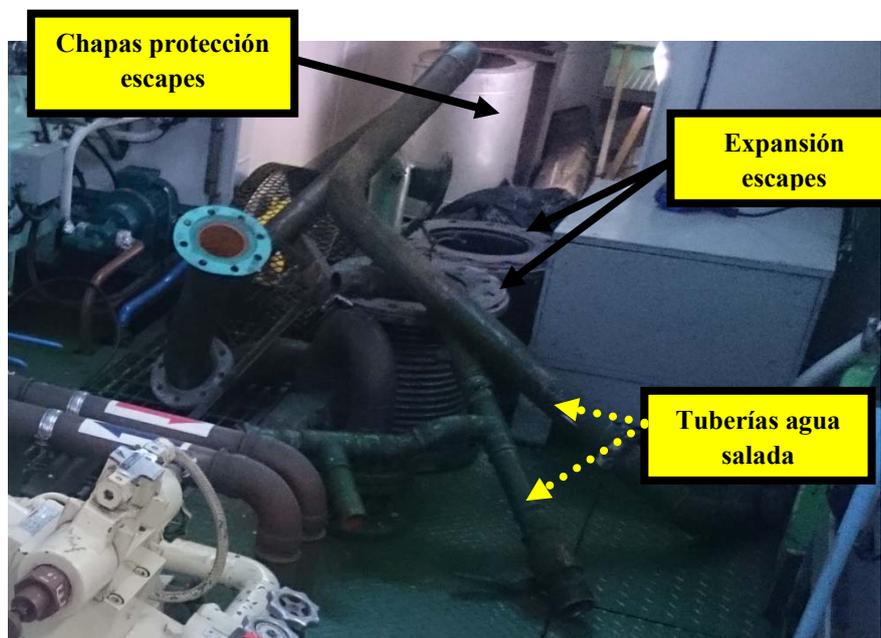
Antes de proceder con la maniobra de izada de los motores, se comprobó la alineación de los motores con respecto a las reductoras. El fin es que a la hora de instalar los nuevos motores la alineación sea la misma o la más aproximada posible.

5.1.1.4 Desmontaje de ciertos elementos del motor.

Debido al limitado espacio de la lumbrera, para poder extraer el motor a través de ésta es necesario desmontar algunos elementos del motor, ya que de no ser así éste no cabría por la lumbrera. Los elementos desmontados del motor fueron, los cuatro filtros de aire, las tuberías de conexión entre los filtros y las turbos, los filtros de combustible y las tuberías del enfriador de agua.

En la ilustración n° 34 se aprecian las tuberías, aislamientos y expansiones que fueron desmontados del espacio de la lumbrera.

Ilustración n° 34. Elementos desmontados del espacio de la lumbrera.



Fuente: [18]

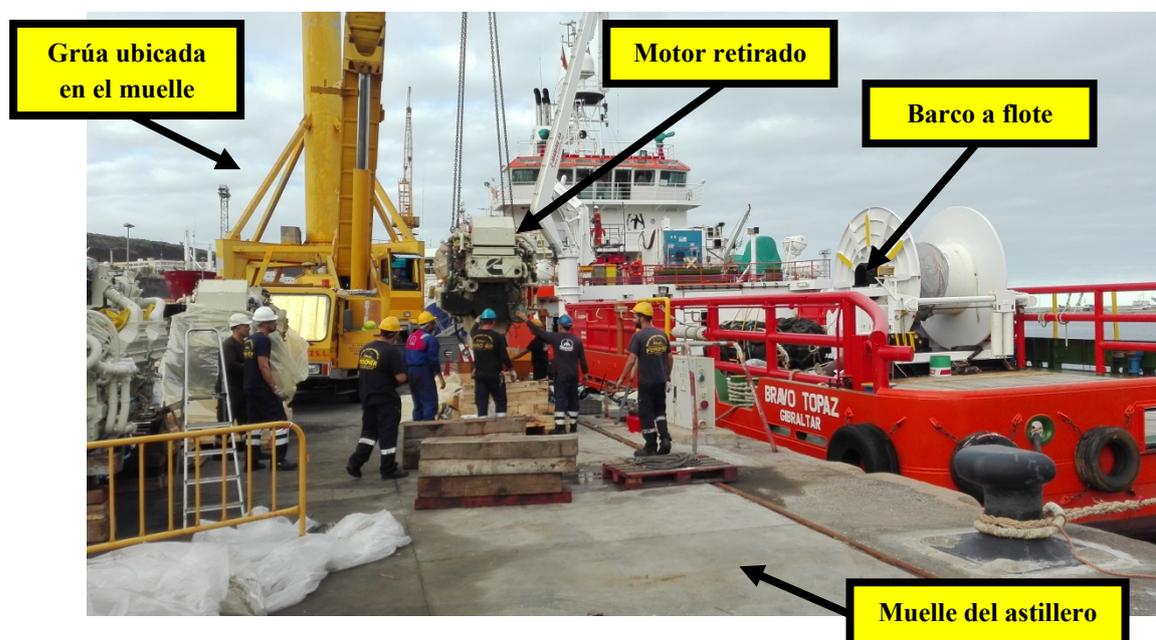
5.1.2 Maniobra de izada de los motores viejos.

En líneas generales la maniobra de izada de los motores consistió en extraerlos de su bancada y depositarlos en el muelle.

La maniobra de izada tuvo un plus de complejidad debido a la condición de buque a flote durante dicha maniobra. Cuando se realiza una maniobra de ésta magnitud e importancia, si además hay que sumarle tener poco espacio por el cual extraer el motor y además tener en cuenta el cabeceo y balanceo del barco con respecto al muelle (lugar en el que se encuentra la grúa encargada de transportar el motor) nos encontramos con una operación de alta complejidad y peligrosidad. Para su realización se necesitaba un buen estado meteorológico, es decir, inexistencia de viento y de marejada.

El barco disponía de una grúa la cual hubiera disminuido éste balance y cabeceo, al estar ubicada en el propio barco. Sin embargo el peso de los motores excedía la carga máxima que podía soportar dicha grúa. Por tanto, la solución fue utilizar una grúa desde el muelle.

Ilustración n° 35. Vista general de la maniobra de izada desde el muelle.



Fuente: [18]

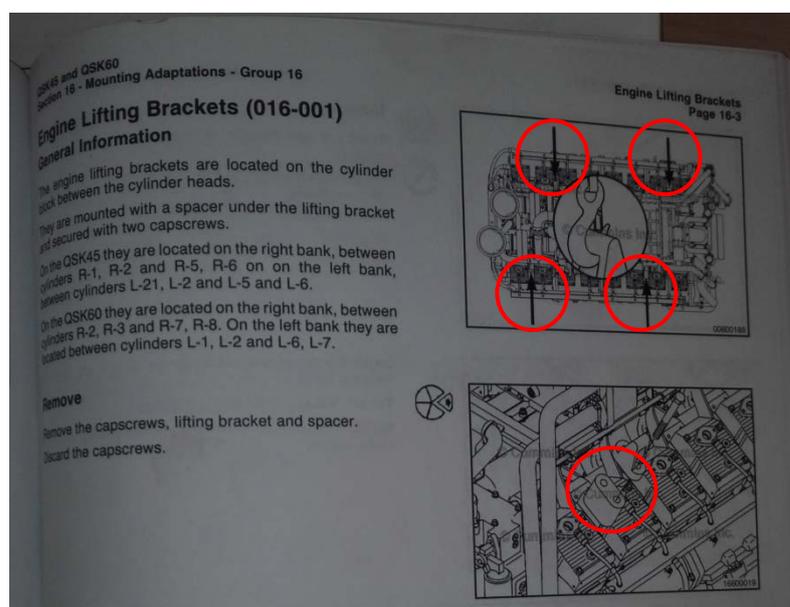
Antes de comenzar con la maniobra de izado es necesario definir el peso de la carga a transportar. Para ello nos vamos al manual de fabricante del motor, en éste caso

el manual Cummins QSK60-M. Buscamos las características del motor, también citadas en el apartado III. Revisión y antecedentes y verificamos que el peso del motor es de 8.754 kg.

Una vez conocido el peso de la carga se seleccionan las eslingas, diferenciales y grúa necesarios para la maniobra.

En el caso de las eslingas, además de elegir las en función de su resistencia al peso, es necesario consultar de nuevo el manual del fabricante del motor para localizar los cáncamos en los cuales enganchar las eslingas para suspender el motor. Las eslingas utilizadas son de una resistencia máxima de 3 toneladas. *Véase ilustración 36.*

Ilustración nº 36. Plano de la disposición de los cáncamos de sujeción del motor.

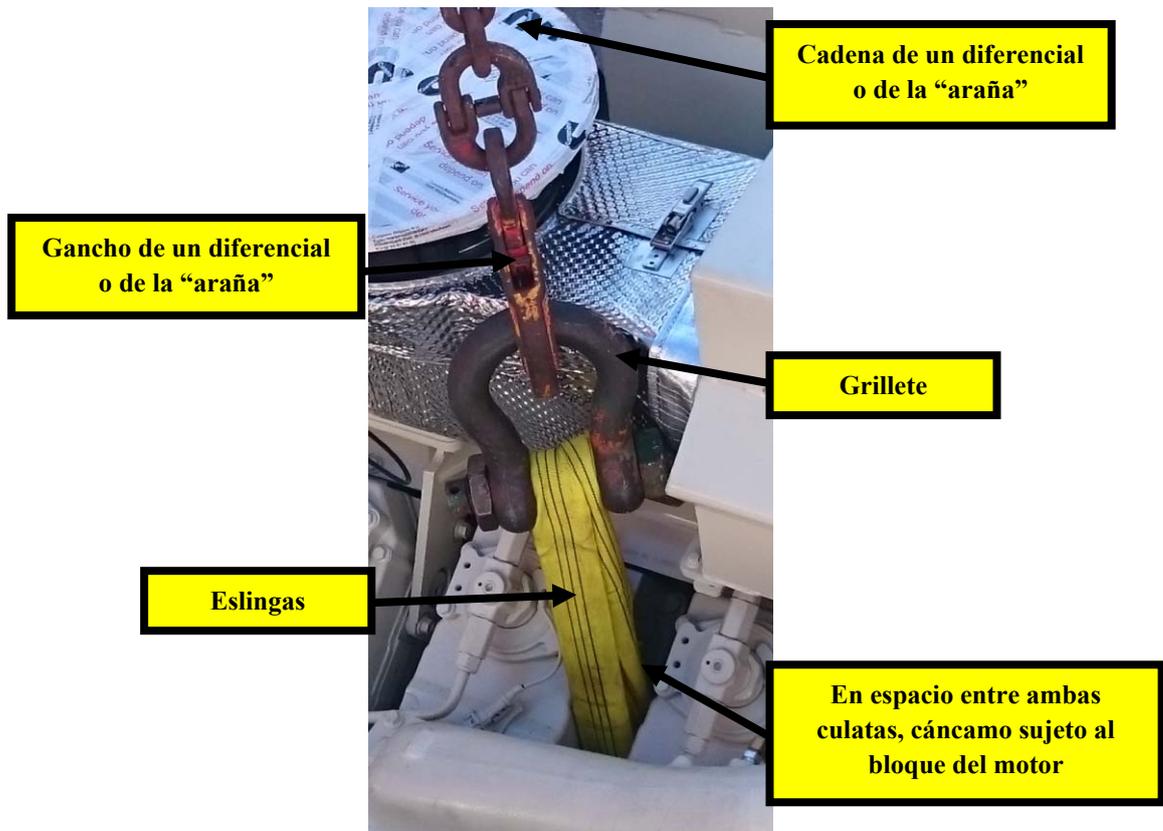


Fuente: [18]

Como se observa en el manual el motor deberá ser enganchado en cuatro puntos, los cuales coinciden aproximadamente con las cuatro esquinas del motor.

La maniobra de izado constará de dos etapas principales.

La **primera etapa**, consistirá en izar el motor a mano, mediante la utilización de diferenciales desde su situación sobre el polín hasta ubicarlo bajo el hueco de la lumbrera de la sala de máquinas, para que pueda ser presentado a la grúa situada en el muelle.

Ilustración n° 37. Descriptiva de los elementos de cada sujeción del motor.

Fuente: [18]

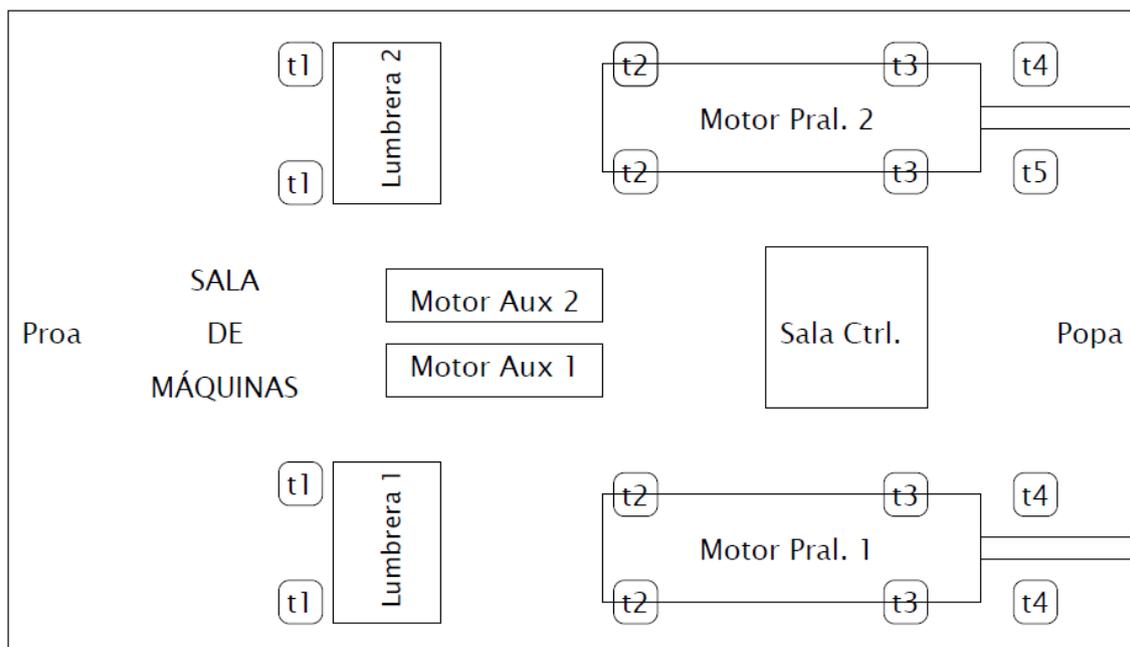
La **segunda etapa**, consistirá en la presentación del motor a la grúa, maniobra de izada mediante la grúa y su ubicación en el muelle.

Una vez desconectado y desanclado por completo el motor del polín, además de haber desmontado los elementos mencionados anteriormente, comienza la maniobra de izado del motor. Para ello es necesario:

- 6 diferenciales de 5 toneladas (Grupos de diferenciales t1, t2 y t3)
- 2 diferenciales de 3 toneladas (Grupo de diferenciales t4)
- Una grúa con capacidad de carga superior a 9 toneladas.
- 4 Eslingas de 3 toneladas.
- Varios maderos para colocar el motor en el muelle.
- 10 operarios, entre ellos un jefe de maniobra.
- 1 Ingeniero, encargado de la maniobra.
- 1 Técnico de seguridad.

Nos vamos a ayudar del siguiente plano “*Ilustración n° 38*” para localizar y ubicar todos los elementos que intervienen en ésta maniobra.

Ilustración n° 38. Esquema de la disposición de los diferenciales utilizados en la maniobra de izado de los motores.



Fuente: [17]

Con todos los medios técnicos y humanos preparados, se comienza a izar el motor sobre el polín. Para ello se colocan 4 operarios en los 4 diferenciales de 5 toneladas que suspenden el motor (diferenciales t2 y t3), a su vez en los 2 diferenciales t1 se colocan otros dos operarios los cuales van ubicados a proa del motor y le van a proporcionar el avance al motor para ir acercándolo a la lumbrera. Por último, los 2 diferenciales de 3 toneladas restantes (diferenciales t4) se colocan a popa del motor, cruzados, éstos se utilizan de sujeción de seguridad (retenida), para evitar el balanceo del motor a medida que avanza. *Véase ilustración 39.*

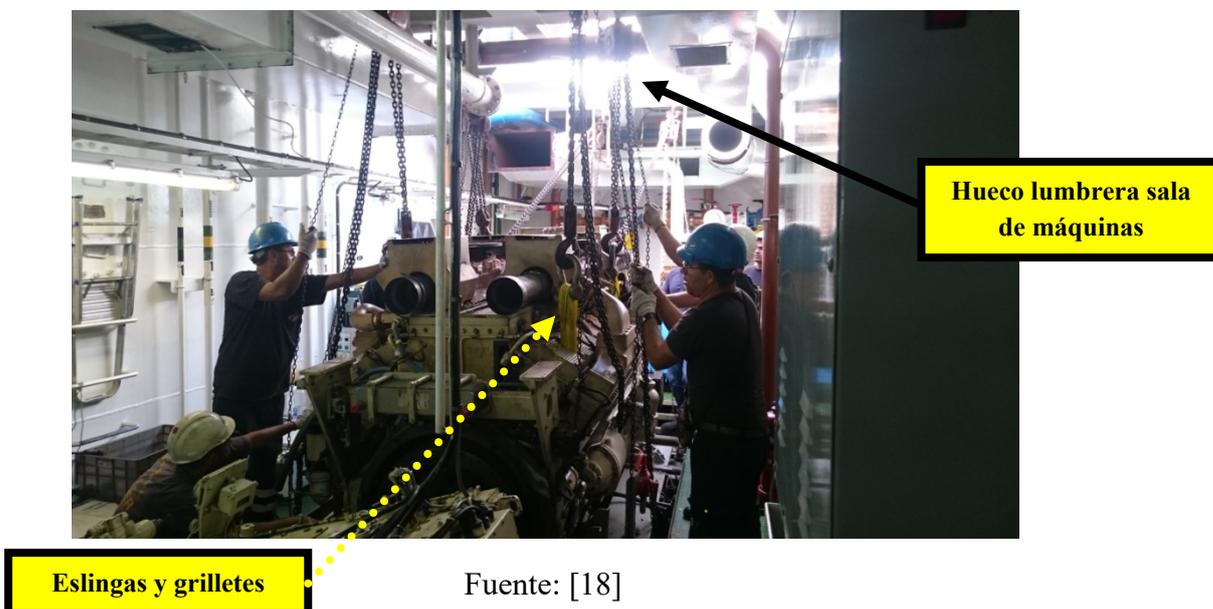
Ilustración n° 39. Vista previa al izado del motor, con los diferenciales ubicados en su posición.



Fuente: [18]

Una vez suspendido el motor sobre el polín, el jefe de maniobra coordina a los operarios que tiran de los diferenciales, de manera que siempre que tire el operario de una banda tire al mismo tiempo el de la banda contraria. Por lo que distingue 4 grupos a la hora de tirar, proa del motor (t2), popa del motor (t3), avance del motor (t1) y por último retenida (t4). Se entiende por retenida, a la utilización de dos diferenciales, de manera que sus eslingas de cadenas y ganchos se crucen, así evitamos el desplazamiento lateral del motor.

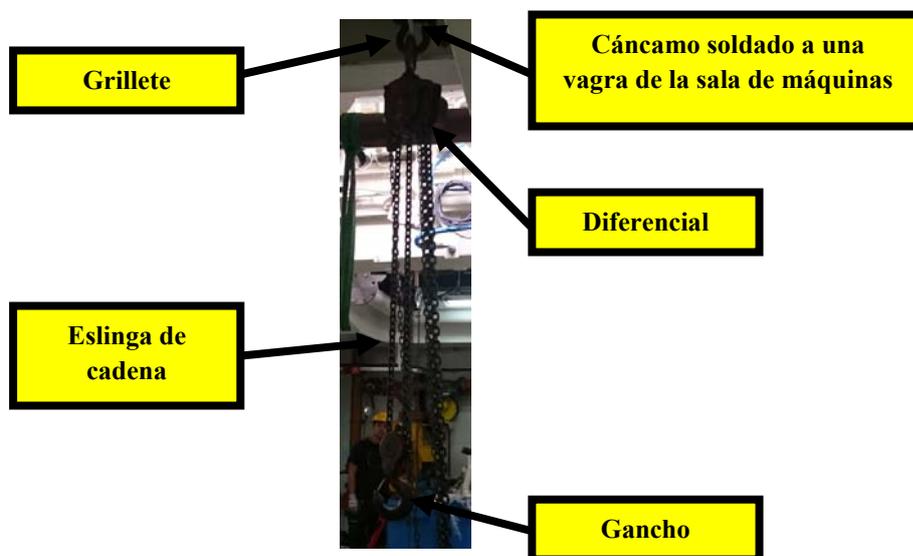
Ilustración n° 40. Vista del motor suspendido sobre el polín por los diferenciales.



Fuente: [18]

A medida que el motor avanza la retenida (t4) debe ir cediendo cadena hasta llegar el punto en el que ya no realiza trabajo y se desengancha. Los diferenciales de avance (t1) van adquiriendo mayor carga, al mismo tiempo que los de popa (t3) van perdiendo, hasta llegar al punto en el que el motor se queda suspendido cerca la lumbrera por los diferenciales de avance (t1) y proa (t2) únicamente, los de popa (t3) se desenganchan. En éste punto el motor aún no está justamente bajo la lumbrera, la grúa del muelle aún no puede enganchar el motor por las cuatro cáncamos.

Ilustración n° 41. Sistema de sujeción por cáncamo, del motor.



Fuente: [18]

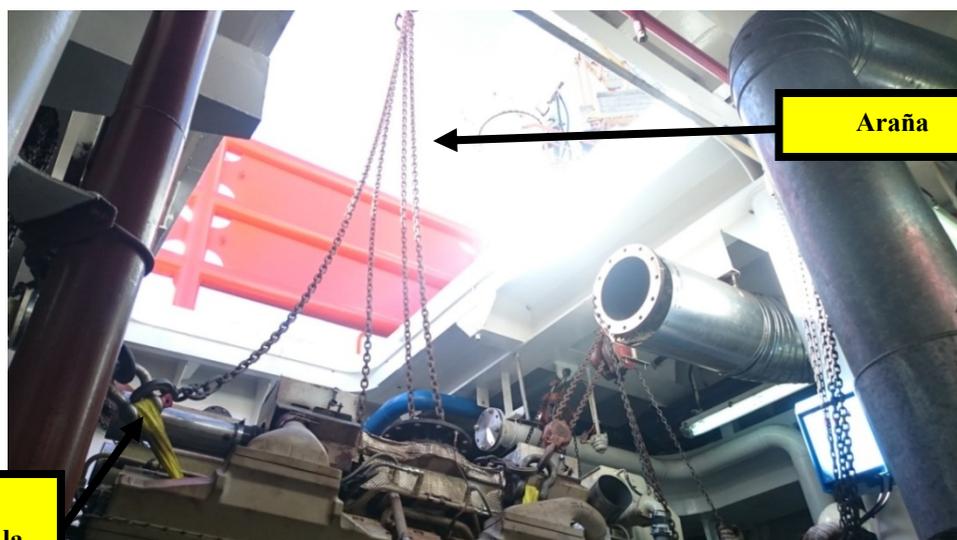
Ilustración n° 42. Motor suspendido sobre el tecele de la sala máquinas, próximo a la lumbrera



Fuente: [18]

Llegados a éste punto, la grúa baja el cable con un enganche especial de cuatro cadenas llamado coloquialmente “araña” para poder sujetar el motor por los cuatro puntos de manera equilibrada. Los operarios enganchan dos de esas cadenas, para seguir dándole avance al motor, hasta que quede justo bajo la lumbrera y se puedan enganchar las cuatro cadenas. Cuando se llega ese punto el motor queda suspendido de la grúa por dos cáncamos, las más a proa, y por los diferenciales (t2).

Ilustración n° 43. Entrega del motor a la grúa situada en el muelle.



Fuente: [18]

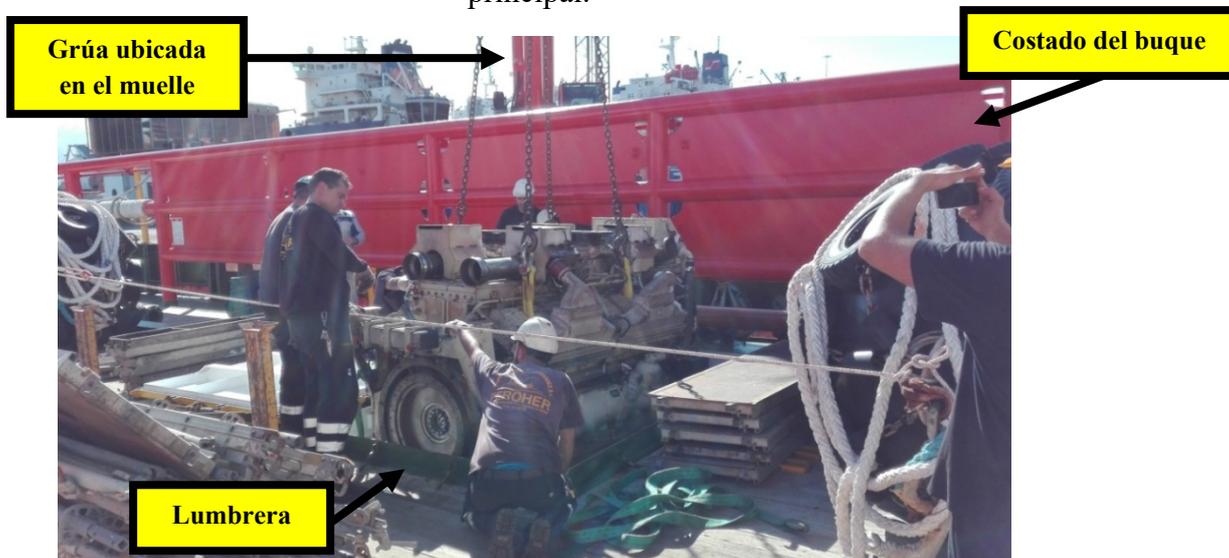
Se sigue avanzando a proa con el motor, ahora con la ayuda de la grúa en tierra.

Desde que el motor queda visible para la grúa se engancha a los cuatro cáncamos. A partir de éste momento, el motor está estable, sin balance ni cabeceo, en cambio el barco sigue con él. Por tanto hay que tener mucha precaución a la hora de extraer el motor por la lumbrera para evitar accidentes.

Ilustración n° 44. Motor ubicado y ascendiendo a través de la lumbrera.

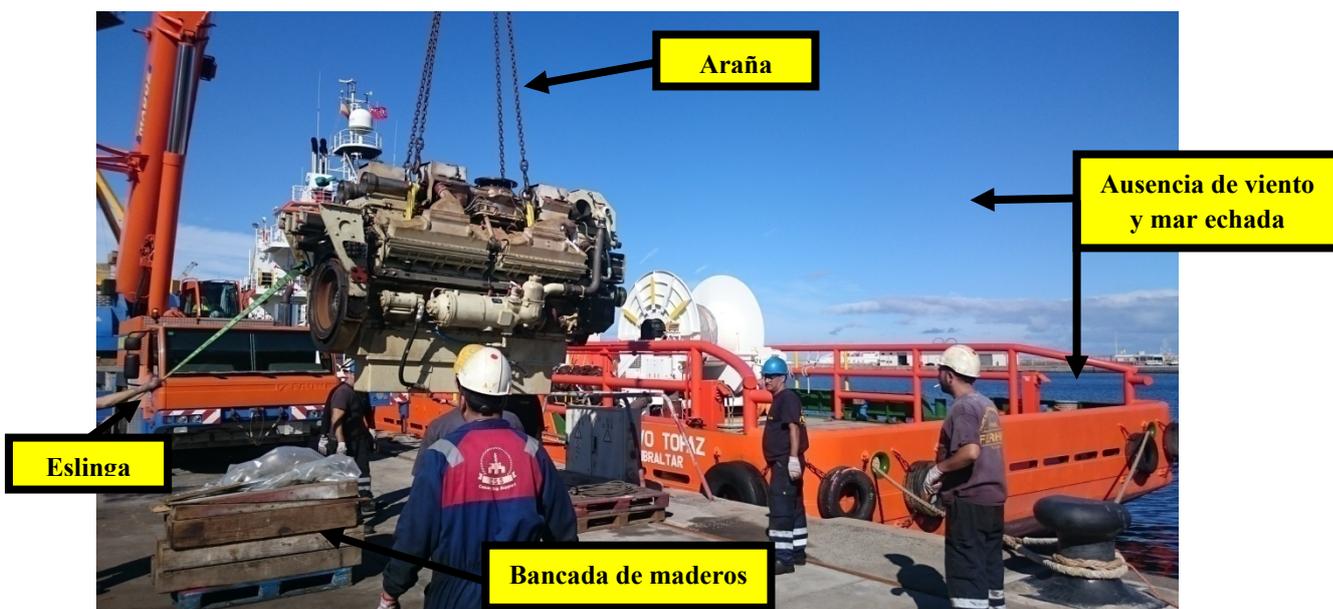
Fuente: [18]

A medida que el motor asciende los operarios lo sujetan y el jefe de maniobra da indicaciones al encargado de la *grúa* de los movimientos que ha de realizar.

Ilustración n° 45. Motor saliendo por la lumbrera de la sala de máquinas a la cubierta principal.

Fuente: [18]

Una vez la grúa ha salvado la lumbrera traslada el motor hasta el muelle donde se le prepara con *maderos* una bancada para colocarlo. Además se sujeta el motor con una *eslinga* para poder guiarlo y ubicarlo en el muelle hasta la llegada de los motores nuevos.

Ilustración nº 46. Llegada del motor al muelle.

Fuente: [18]

Ilustración nº 47. Instalación del motor sobre bancada de maderos.

Fuente: [18]

El proceso descrito se repite de manera idéntica con el segundo motor, almacenándolo en el muelle. Debido a que los motores retirados eran parte del pago de los nuevos motores, ya que se trataba de un “programa de intercambio”, una vez almacenados en el muelle, dentro del astillero, hubo que taparlos con plástico para protegerlos.

Ilustración n° 48. Colocación del segundo motor en el muelle tras su izada.



Fuente: [18]

5.1.3 Preparativos para la maniobra de embarque

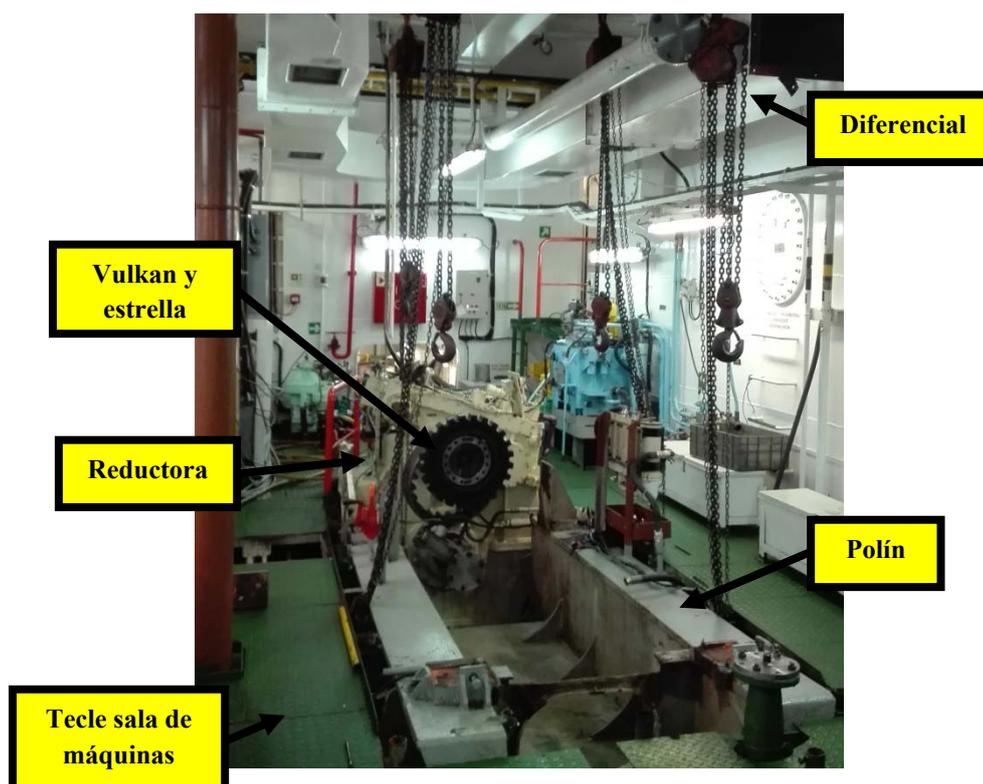
Ésta etapa del proceso consiste en la rehabilitación del polín del motor, la recepción de los motores nuevos, el desmontaje de los elementos que dificultan el embarque de éstos y por último el embalaje de los motores viejos y sus accesorios.

5.1.3.1 Acondicionamiento de la bancada

El acondicionamiento de la bancada consistió principalmente en las tareas de mantenimiento y modificaciones del *polín* del motor, para posteriormente instalar los nuevos motores.

Con los motores viejos fuera de la sala de máquinas, se comenzó a preparar la instalación para la colocación de los nuevos motores.

Ilustración n° 49. Vista del polín del motor principal de babor.



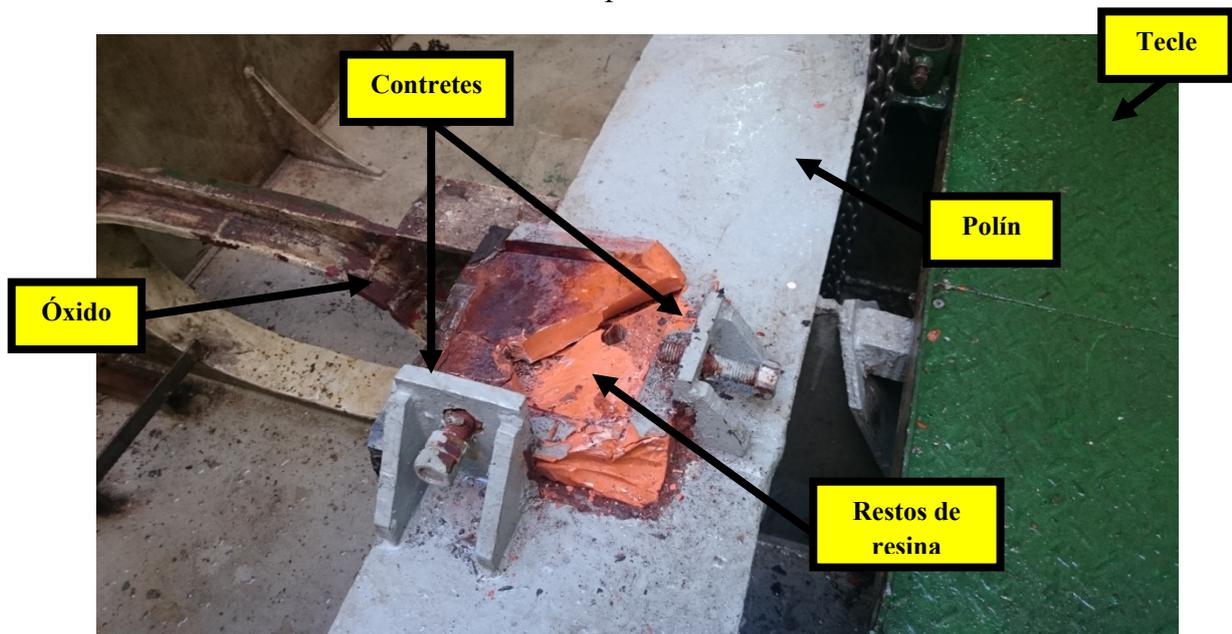
Fuente: [18]

- Primero se retiraron los restos de resina epoxi del taqueado (chockfast orange), así como el óxido del polín, mediante la utilización de herramientas manuales (martillo y cincel). Una vez retirados los restos

mayores, mediante la utilización de una repasadora se eliminó el **óxido** y restos adheridos de la **resina del taqueado**.

El taqueado se explicará en profundidad en próximos apartados, a grandes rasgos, consiste en la fabricación de un taco de resina epoxi que sirva de junta entre el polín y los soportes del motor. Su principal finalidad es absorber vibraciones.

Ilustración n° 50. Vista del polín antes de ser acondicionado.

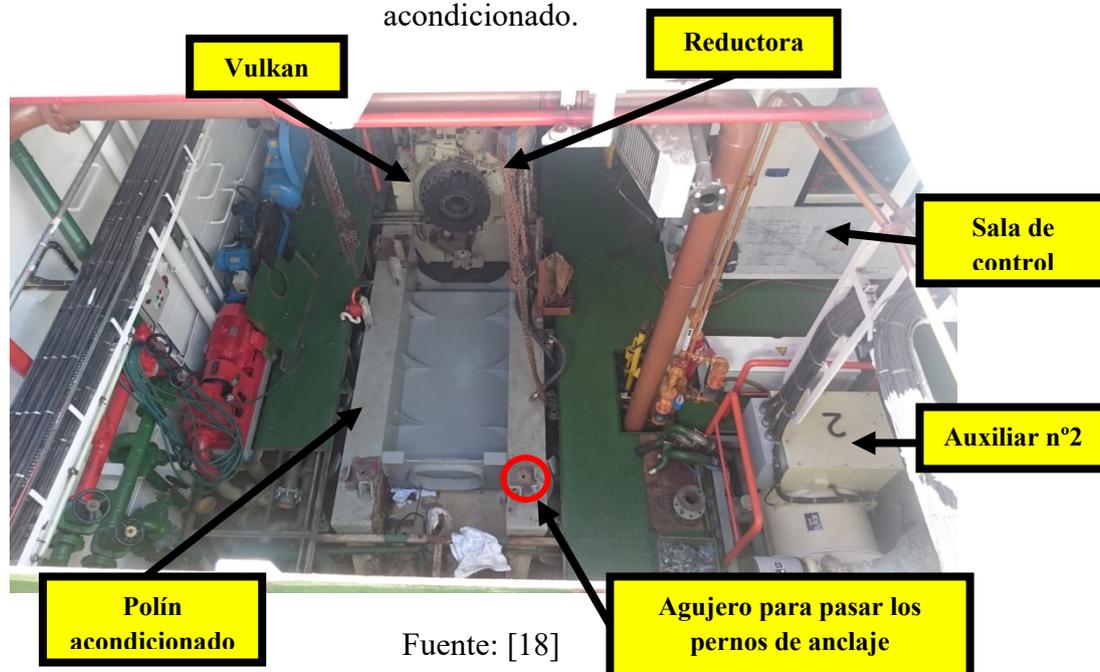


Fuente: [18]

- Una vez eliminados los restos del taqueado, óxido y otros materiales, se limpiaron y recogieron las bancadas y sus alrededores.
- Luego se procedió al pintado de los polines.
- Con los polines de ambos motores preparados, el ingeniero de la empresa encargada de la reparación (FEROHER) y el jefe de buque del astillero (ASTICAN) decidieron repasar el mecanizado de los agujeros de los polines donde se alojan los pernos de anclaje de los soportes de ambos motores, ya que en su día fueron realizados a soplete oxiacetilénico obteniendo un mal acabado, el cual imposibilitaría la colocación de los nuevos pernos previstos. Para éste mecanizado se utilizó un taladro magnético. El taladro magnético consiste en un taladro que dispone de

una base magnética que le permite fijarse sobre el polín y realizar un agujero uniforme sin moverse durante el mecanizado.

Ilustración n° 51. Vista desde la lumbrera del polín del motor de estribor acondicionado.



- Por último, se cambiaron los tornillos de nivelación o ajuste de los concretos, con los cuales se realizaría la alineación del motor.

5.1.3.2 Recepción de los nuevos motores.

Como se mencionó en el apartado III. “Revisión y Antecedentes” de éste trabajo de fin de grado, la planta de propulsión del barco “Bravo Topaz” fue sometida a un “programa de intercambio” de sus motores principales. En dicho programa de intercambio la naviera (Opstad) y el fabricante (Cummins) se comprometen a:

Por un lado Cummins, en enviar dos motores nuevos y por otro lado Opstad, a sufragar el costo económico de éstos de la siguiente manera: Abonando una parte del importe económicamente y el resto mediante la entrega de los motores viejos.

Los nuevos motores fueron enviados desde la fábrica de Cummins en Polonia, a bordo de un *camión de transporte de carga lateral* de mercancías, hasta Astican, astillero en el cual se encontraba el barco. Se utilizó éste medio de transporte ya que es el idóneo para éste tipo de envíos.

Con los motores ya en el astillero se descargaron del camión mediante un montacargas especial de grandes dimensiones, capaz de elevar tal carga, y se ubicaron en el muelle junto al barco.

Ilustración n° 52. Llegada de los motores nuevos al astillero.

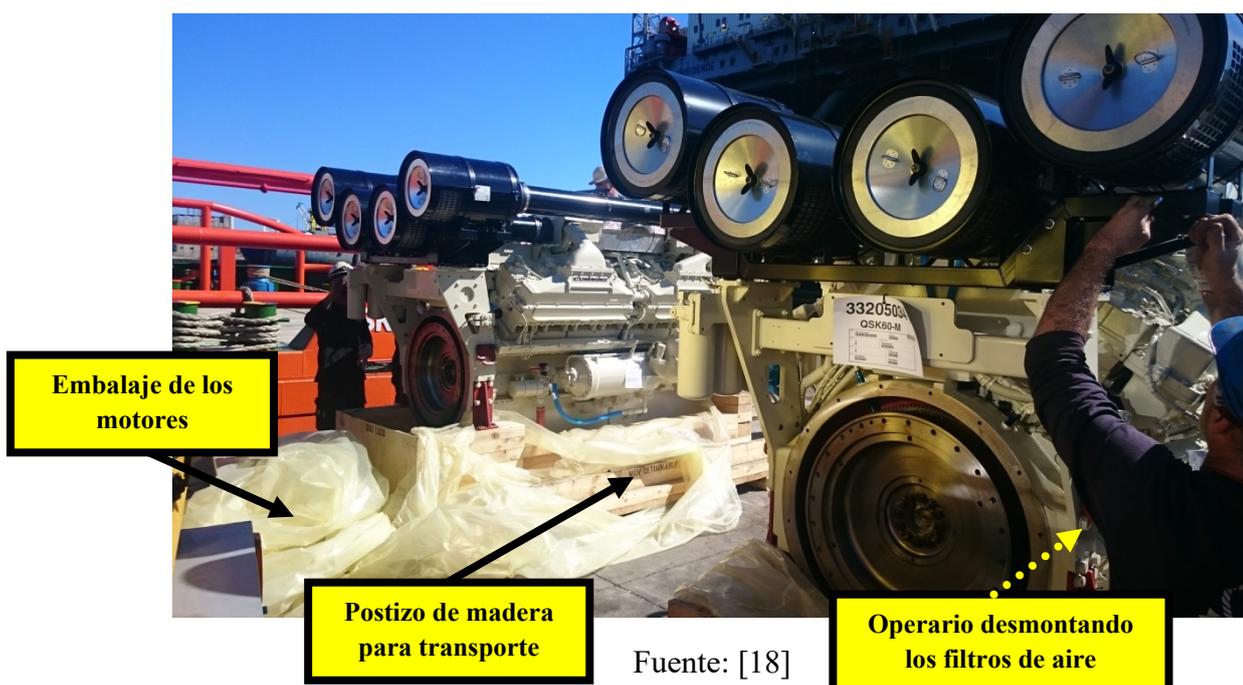


Fuente: [18]

5.1.3.3 Desmontaje de ciertos elementos de los motores.

Con los nuevos motores en el muelle junto al barco, se comenzó a retirar el *embalaje* de éstos así como las sujeciones al *postizo de madera para el transporte*.

Ilustración n° 53. Preparativos de los motores para el embarque.



Fuente: [18]

Una vez desembalados los motores se empezó a retirar los elementos que impedía el embarque de los motores a través de las lumbreras, al igual que se hizo con los motores viejos.

- Primero, se desmontaron los *filtros de aire* de su soporte, así como, los *conductos de conexión* de los filtros con las turbos.
- En segundo lugar, se desmontan los conductos de agua.
- Por último, se **embaló con plástico todos** los orificios del motor (mangueras, turbos y tuberías) para evitar la entrada de cualquier impureza durante la maniobra de embarque e instalación de los motores.

* Véase ilustración n° 54.

Ilustración n° 54. Vista de todos los motores y elementos desmontados.



Fuente: [18]

5.1.3.4 Embalaje de los motores viejos.

Después de preparar los motores nuevos para ser embarcados, se *embalaron*, con plástico, y fijaron a los postizos de madera los motores viejos. También, se guardaron sus piezas (soportes de los motores, filtros, etc.) en las cajas donde venían las piezas de los nuevos. Finalmente el mismo camión que trajo los motores nuevos fue el encargado de hacer la entrega de los motores viejos al fabricante.

5.1.4 Embarque de los motores nuevos e instalación.

El proceso de embarque de los nuevos motores se realizó en dos etapas claramente diferenciadas.

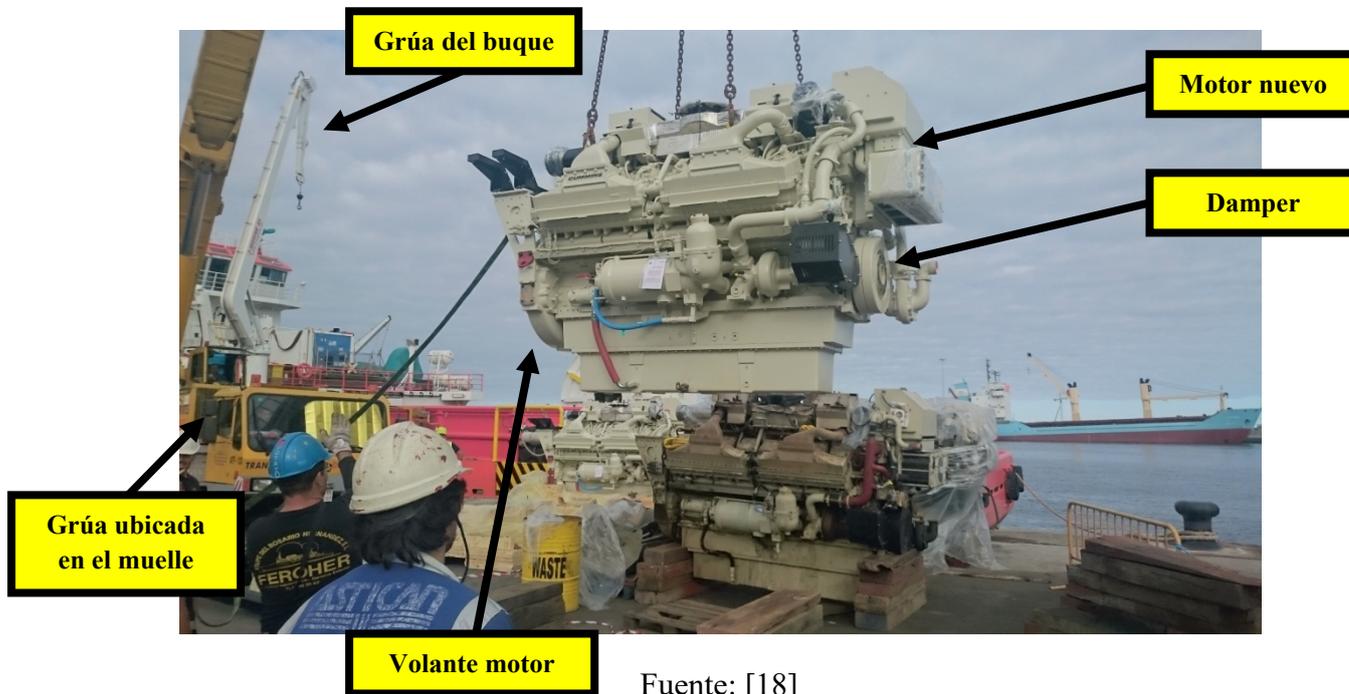
- Maniobra de embarque mediante grúa.
- Maniobra de instalación mediante diferenciales.

5.1.4.1 Maniobra de embarque mediante grúa.

Ésta maniobra se realizó mediante el mismo procedimiento utilizado en la izada de los motores viejos, pero en éste caso a la inversa. El material necesario fue:

- ✓ 1 Grúa con capacidad de carga superior a 9 toneladas.
- ✓ 4 Eslingas de 3 toneladas.
- ✓ 1 Jefe de maniobra.
- ✓ 1 Técnico de seguridad.
- ✓ 1 Ingeniero responsable de la maniobra.

Ilustración n° 55. Motor nuevo izado con la grúa para proceder a embarcarlo.

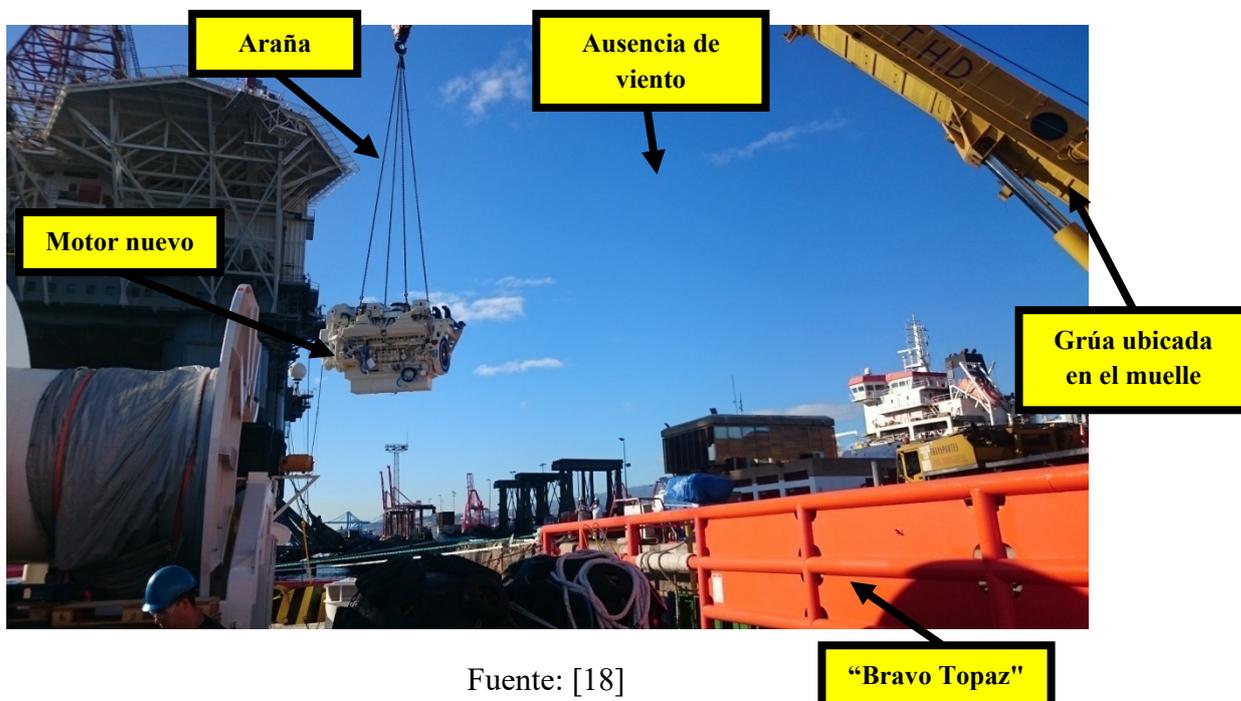


- Con los motores debidamente protegidos y embalados, además de retirados los elementos que dificultaban el paso del motor a través de la lumbrera de la sala de máquinas, la grúa, ubicada en el muelle del astillero junto al barco, mediante

un enganche de cuatro cadenas (*araña*) se dispuso a enganchar el primer motor. Para ello se colocó en los cáncamos del motor las mismas eslingas utilizadas en los motores viejos (4 eslingas de 3000 kg). El peso de los motores nuevos era prácticamente el mismo. Una vez enganchadas las eslingas a la grúa, el operario de la grúa comenzó a izar el motor.

- o Una vez izado el motor, el jefe de maniobra iba indicando al operario de la grúa que movimientos debía hacer para poder introducir el motor a través de la lumbrera, ya que, éste no tenía visibilidad. Las indicaciones las realizaba a través de emisoras, además de utilizar gestos corporales normalizados.

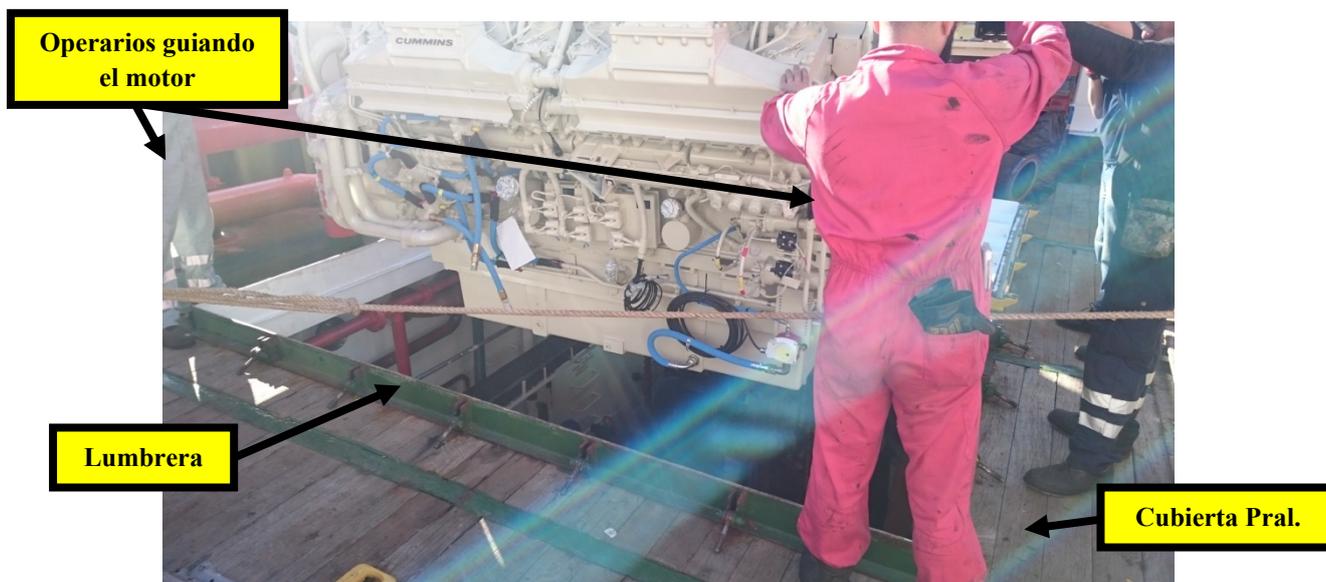
Ilustración nº 56. Embarque de los nuevos motores.



Fuente: [18]

- o Con el motor ubicado justo encima de la lumbrera, un grupo de *operarios* se encargó de *guiar el motor* para poder comenzar a introducirlo a través de dicha lumbrera. Éste proceso dedicó bastante tiempo, debido a que el hueco de la lumbrera con respecto al motor en éste caso era más reducido, ya que el motor tenía mayor longitud que el sustituido. Al mismo tiempo en la sala de máquinas había otro grupo de *operarios para recibir el motor* y evitar que mediante el balanceo se desplazara, pudiendo ocasionar daños materiales o personales.

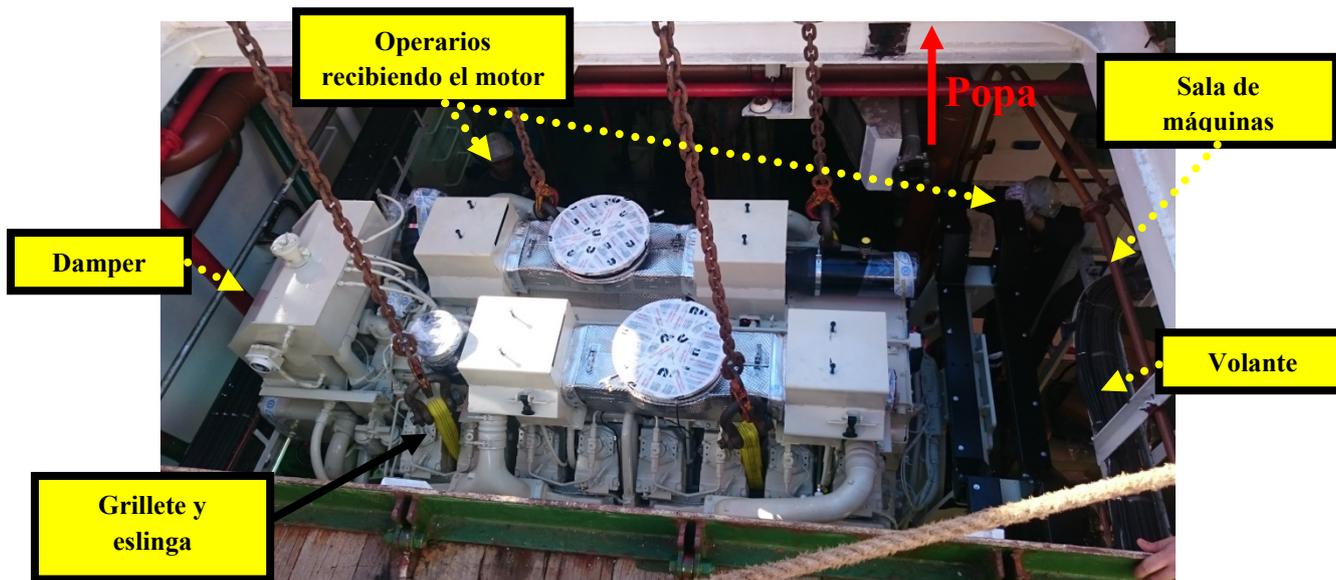
Ilustración nº 57. Guiado del motor para introducirlo a través de la lumbrera.



Fuente: [18]

- Tras haber atravesado el motor la lumbrera sin problemas, una vez en el interior de la sala de máquinas, los operarios rotaron 90° el motor para colocarlo en la posición que iría en el polín, es decir con el volante hacia popa y el damper hacia proa. Hay que tener en cuenta que se trata de una operación de riesgo, si tenemos en cuenta el elevado peso del motor más el poco espacio existente en la sala de máquinas. Si ésta tarea no se hace con precaución se puede ocasionar un accidente.

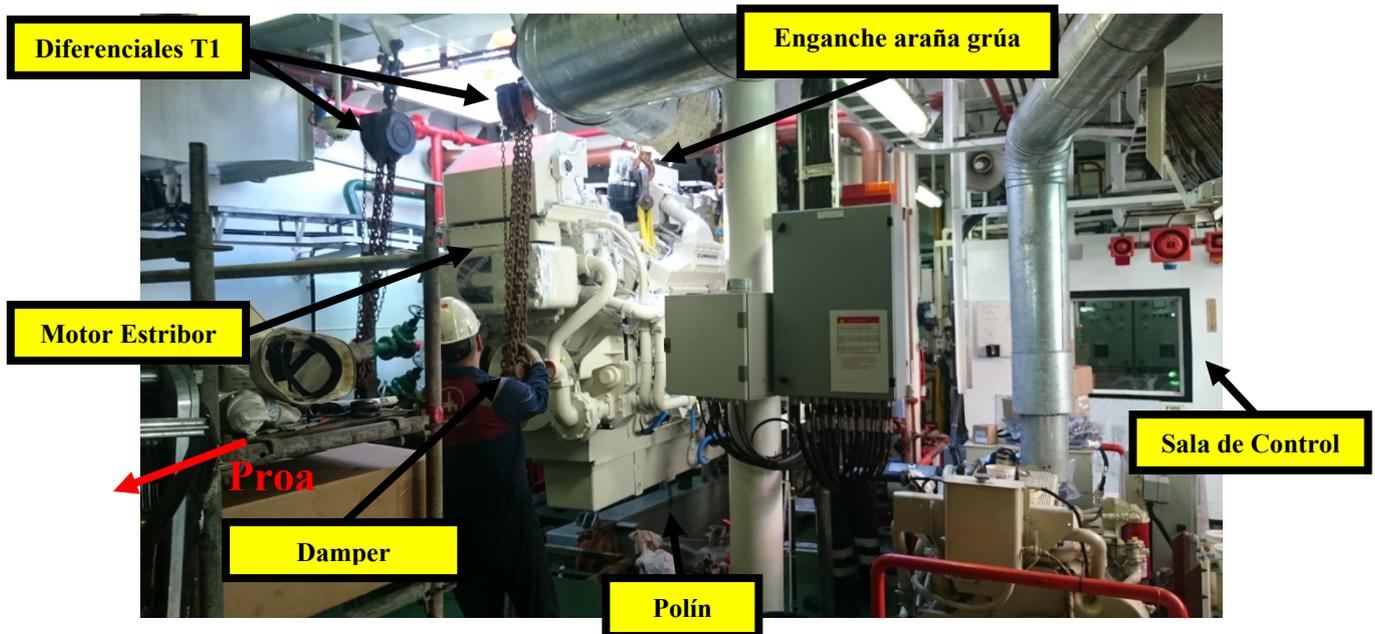
Ilustración nº 58. Recepción del motor en la sala de máquinas.



Fuente: [18]

- Con el motor en la posición adecuada se comenzó el proceso de cambio de enganches del motor. Al igual que en la maniobra de izada, se engancharon los cuatro *diferenciales* de 5 toneladas (t1 y t2) además de mantener la araña de la grúa. En éste momento aún el motor está suspendido de la grúa.

Ilustración n° 59. Vista interior sala de máquinas del motor bajo la lumbreira.



Fuente: [18]

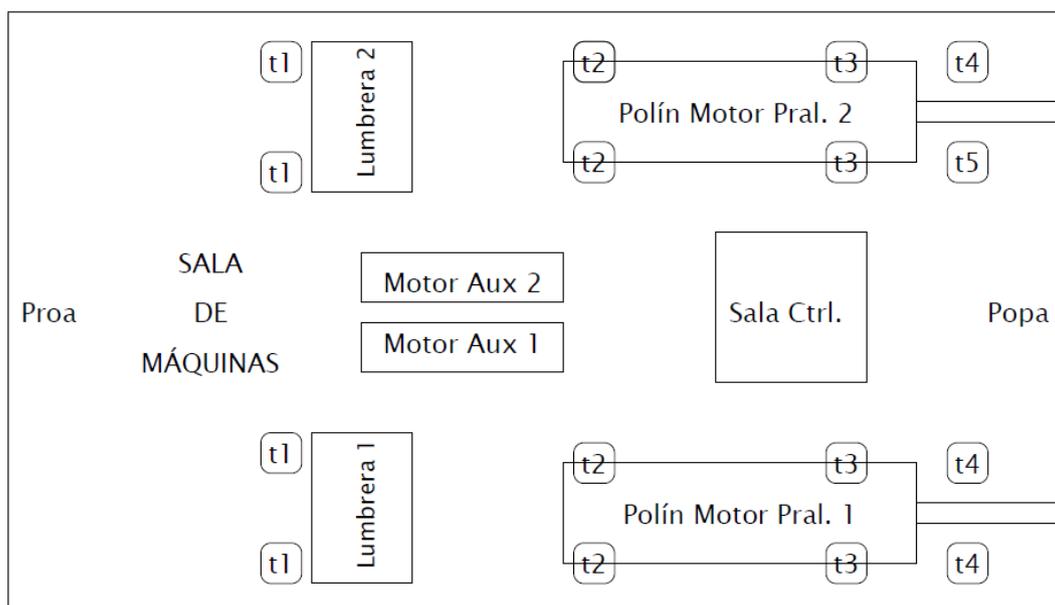
5.1.4.2 Maniobra de instalación mediante diferenciales.

Para la maniobra mediante diferenciales fue necesario el mismo material y personal utilizado en la maniobra de izada. Fue necesario:

- ✓ 6 diferenciales de 5 toneladas. (Grupos de diferenciales t1, t2 y t3).
- ✓ 2 diferenciales de 3 toneladas. (Grupo de diferenciales t4).
- ✓ 10 operarios, 1 de ellos jefe de maniobra.
- ✓ 1 Ingeniero responsable de la maniobra.
- ✓ 1 Técnico de seguridad.

Al igual que en la maniobra de izada nos ayudaremos del siguiente plano “*Ilustración n° 60*” para localizar y ubicar todos los elementos que intervienen en ésta maniobra.

Ilustración n° 60. Esquema de la disposición de los diferenciales utilizados en la maniobra de embarque de los motores.

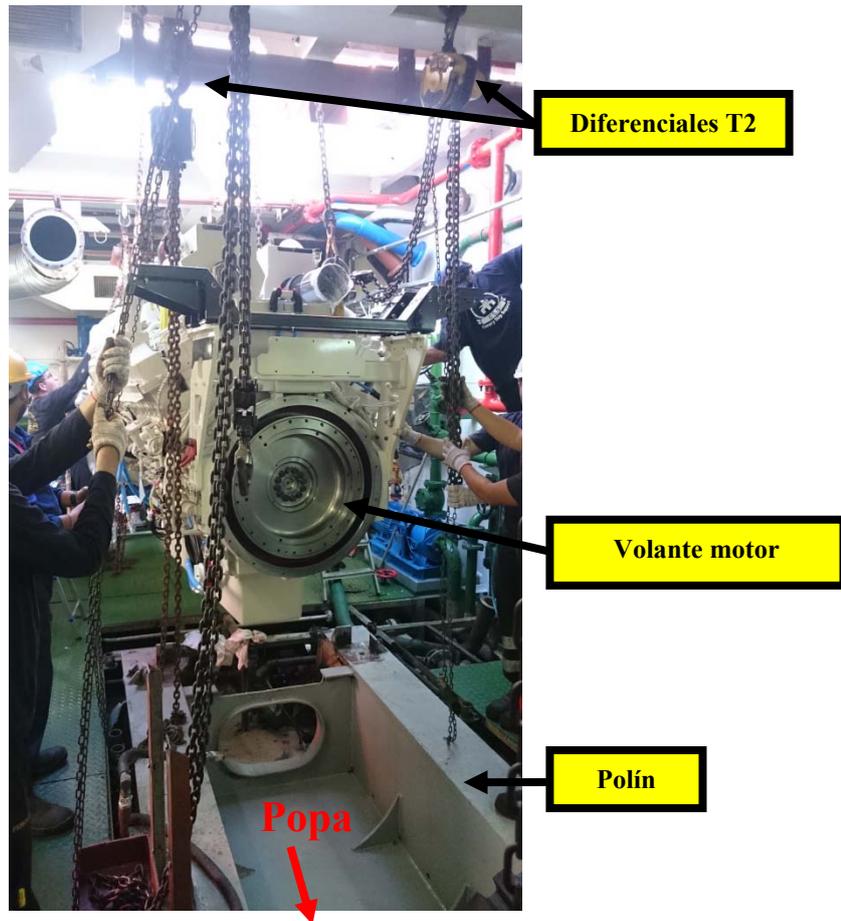


Fuente: [17]

Con el motor sujeto a los diferenciales (t1 y t2), la grúa no se puede desenganchar hasta que el motor haya avanzado hacia el polín y esté enganchado de los diferenciales de proa y popa (t2 y t3).

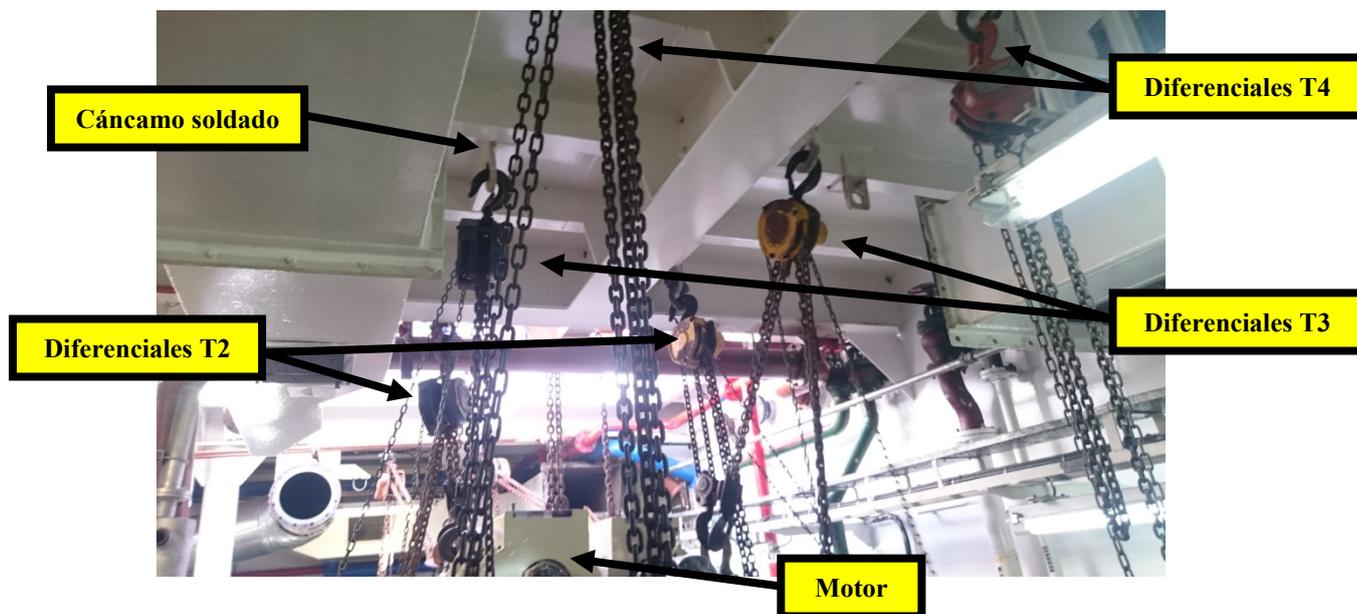
Se comenzó con la maniobra de aproximación del motor al polín a mano, mediante diferenciales. Para ello voy a utilizar la misma nomenclatura de la posición de los diferenciales.

- Primero se comenzó a “virar” de los **diferenciales de proa (t2)** para ir acercando el motor hacia la popa del barco, a la vez que se iban arriando los diferenciales de avance (t1) y la grúa favorecía el mismo movimiento. En ésta maniobra los diferenciales (t1), utilizados en la izada para darle avance al motor se utilizan de retenida a medida que se va desplazando el motor hacia el **polín**.

Ilustración n° 61. Maniobra de desplazamiento del motor desde la lumbrera al polín.

Fuente: [18]

- Llegados a ésta posición los diferenciales (t1), ya no hacen falta ya que no realizan función alguna. Se continúa desplazando el motor hacia la popa con la ayuda de la grúa y virando de los diferenciales de proa (t2). Luego se enganchan los *diferenciales de popa (t3)*, los cuales harán que el motor se siga acercando a la popa.

Ilustración n° 62. Posicionamiento de los diferenciales durante la maniobra.

Fuente: [18]

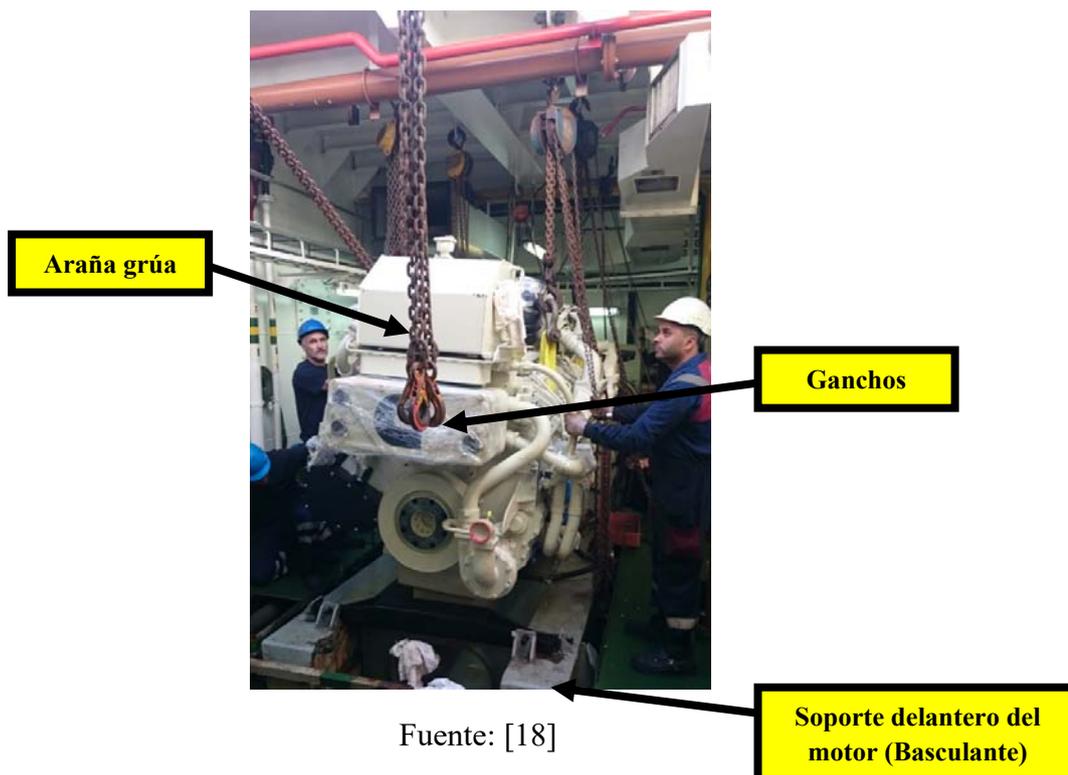
- o Llegado el punto en el que la araña no puede avanzar más al chocar con la lumbrera, se desengancha la grúa por completo y se queda el motor suspendido por los diferenciales de proa (t2) y popa (t3). Además se enganchan los *diferenciales* de 3 toneladas (t4), cruzados a modo de retenida. En éste punto de la maniobra, el motor casi está en su posición.

Ilustración n° 63. Operación de acercamiento del motor al polín.

Fuente: [18]

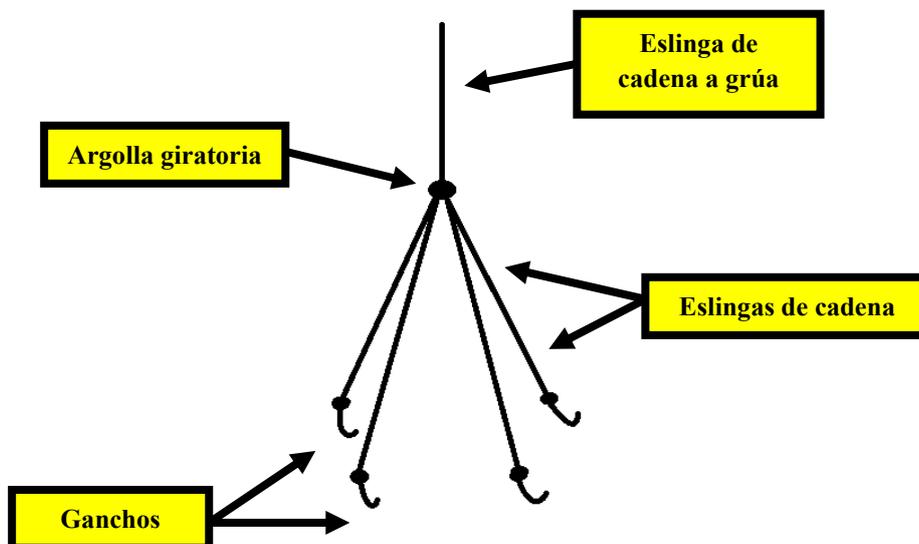
- Finalmente, se sigue virando los diferenciales de popa (t3) y arriando los de proa (t2) para permitir el avance del motor, sujetando siempre con los de retenida (t4). Una vez el motor está en su posición se arrian los 6 diferenciales (t2, t3, t4) y el motor se queda en dicha posición listo para ser alineado y posteriormente taqueado.

Ilustración n° 64. Motor posicionado sobre el polín tras ser embarcado.



Fuente: [18]

Ilustración n° 65. Croquis enganche tipo “araña”, grúa.



Fuente: [17]

5.1.5 Modificaciones de la instalación.

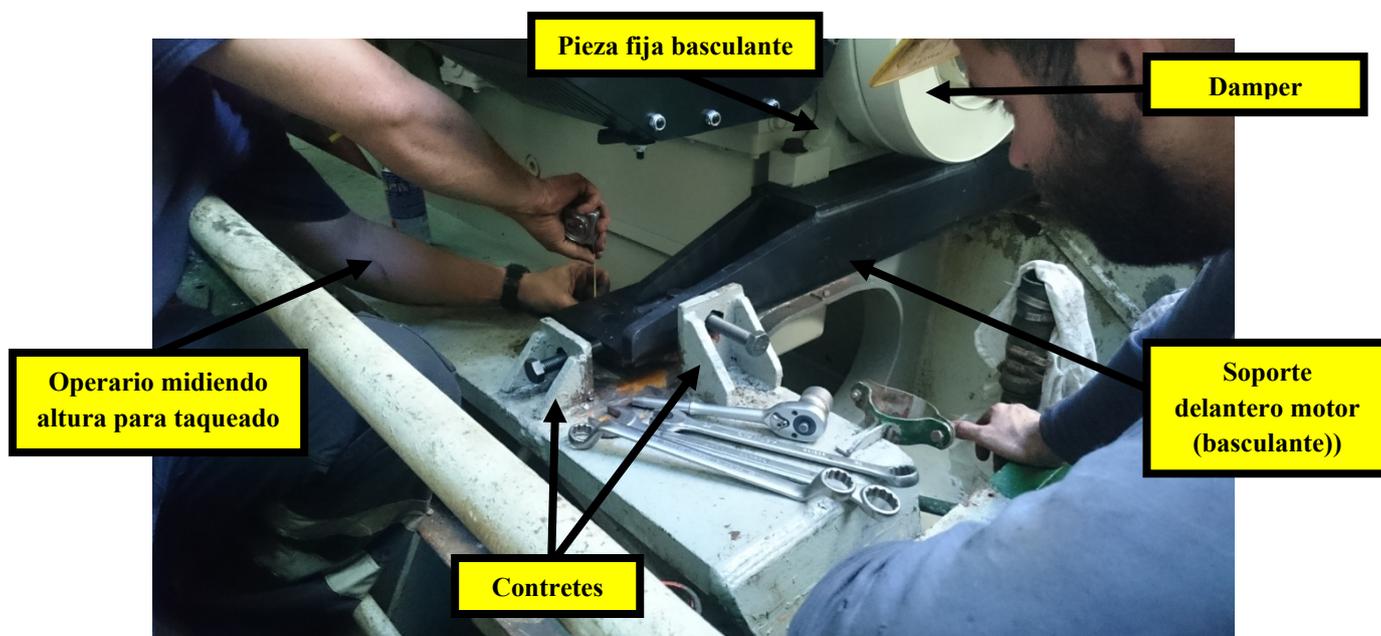
A pesar de que los motores nuevos eran exactamente del mismo fabricante y modelo, debido a la evolución tecnológica (common-rail, mejoras electrónicas, etc) del mismo hubo que realizar una serie de modificaciones en la instalación y en determinados elementos del motor para su adecuada adaptación. Éstas fueron las siguientes:

- Modificación de los soportes de ambos motores.
- Modificación en los filtros de combustible.
- Modificaciones en tuberías.
- Modificaciones en el cableado eléctrico.

5.1.5.1 Modificación en los soportes de los motores.

Instalados los nuevos motores sobre el polín se originó un problema. El problema consistía en que los soportes del motor, tanto los traseros (escuadras) como el delantero (basculante), no permitían proporcionar el espesor mínimo recomendado para los tacos del taqueado. Esto se verificó comprobando la alineación y *midiendo la distancia existente entre los soportes y el polín*.

Ilustración n° 66. Verificación de la altura entre los soportes del motor y el polín.



Fuente: [18]

Al darse cuenta de que para que el motor estuviera alineado con la reductora era necesario disminuir demasiado la distancia entre los soportes del motor y el polín, se barajaron diferentes alternativas:

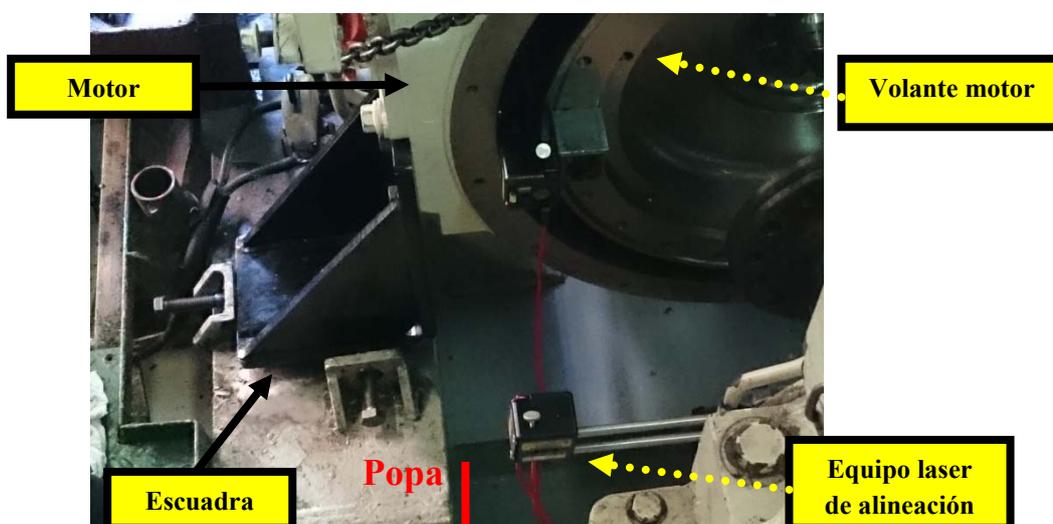
- **Recuperar los soportes viejos.** El problema era que ya habían sido enviados al fabricante, y además podrían producir problemas, ya que éstas aún siendo del mismo modelo no pertenecían a los nuevos motores.
- **Rectificar el polín.** Para poder alinear los motores era necesario rebajar, como mínimo, 14 mm la superficie del polín.
- **Modificar los soportes nuevos.** El inconveniente que ocasionaba modificar los soportes era que habría que consultarlo con el fabricante, modificarlos y finalmente homologar la modificación.

Finalmente la naviera decidió modificar los soportes nuevos, asumiendo los trámites que requería.

La modificación de los soportes de los motores conllevó a la modificación de los soportes traseros (escuadras) y del soporte delantero (basculante).

- ✓ **Soportes traseros (Escuadras).** Los soportes traseros del motor eran dos escuadras. A éstas fue necesario rectificar su superficie de apoyo con el polín rebajándole 6 mm de espesor. Una vez rectificado, se le aplicó imprimación a la zona mecanizada y finalmente se pintó, con la pintura original de los soportes.

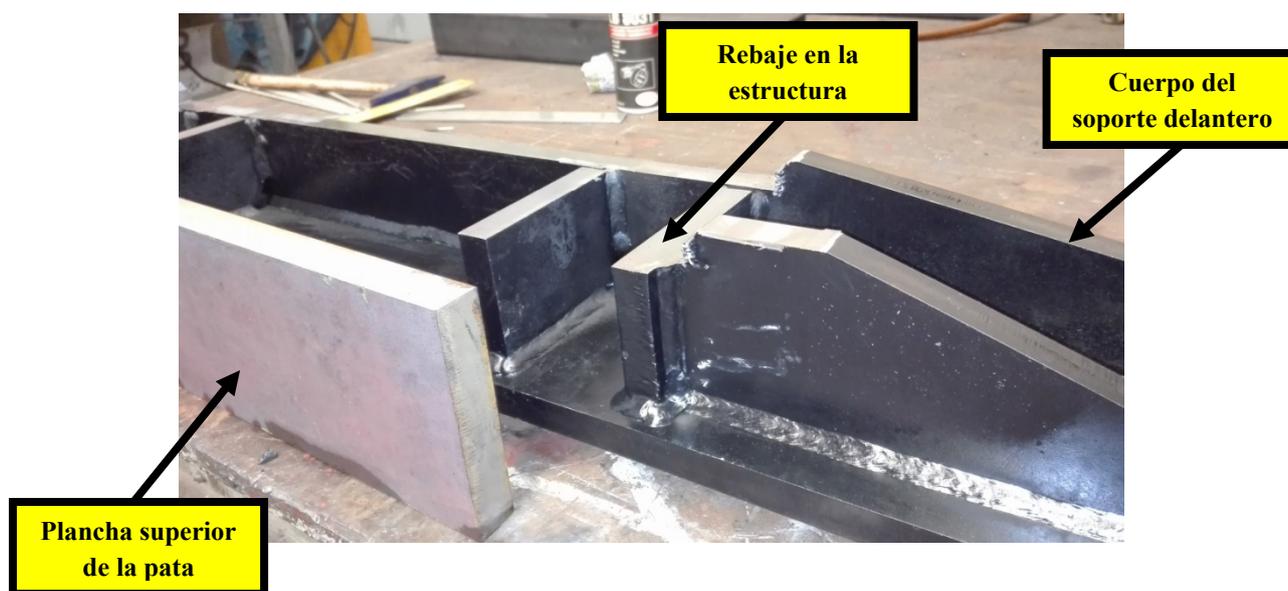
Ilustración n° 67. Soportes traseros del motor (Escuadras).



Fuente: [18]

- ✓ **Soporte delantero.** El soporte delantero de éste motor Cummins era un basculante. A éste hubo que realizarle una modificación algo más compleja. Consistió en cortar la *plancha superior* del basculante *rebajar* 20 mm a la estructura que soportaba a ésta, de manera que al colocarla de nuevo la plancha quedara embutida. Finalmente se soldó, se le aplicó imprimación y pintó con la misma pintura.

Ilustración n° 68. Soporte delantero tras ser mecanizado.



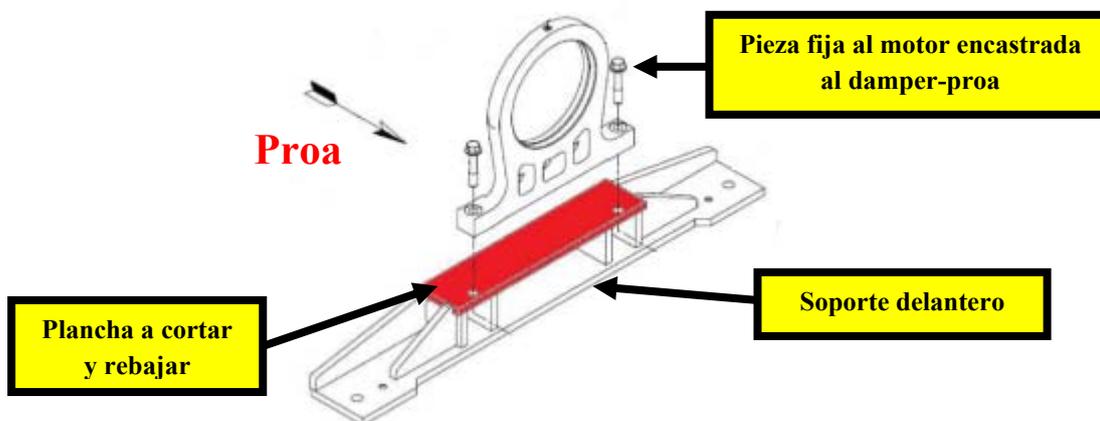
Fuente: [18]

Para realizar ésta modificación la naviera, en coordinación con el astillero se puso en contacto con el fabricante, Cummins, explicando el problema con el que se habían encontrado. El fabricante de acuerdo a lo expuesto indica lo máximo que se puede rebajar el soporte, además de la zona en la que se debe realizar el mecanizado. *Véase ilustración n°69.*

Realizando ésta modificación el motor bajó 20 mm, permitiendo alinearlos y dejar el espacio necesario para la fabricación del taco de resina epoxi, para el taqueado del motor.

Para poder realizar éstas modificaciones fu necesario desmontar los soportes del motor, el cual se dejó suspendido de los diferenciales con los que se habían embarcado.

Ilustración n° 69. Plano del basculante proporcionado por el fabricante.



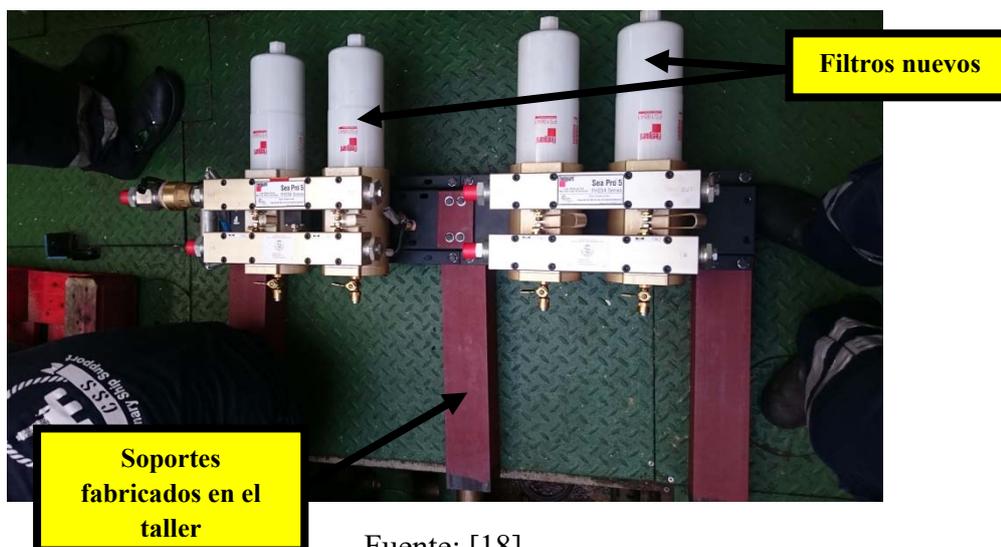
Fuente: [39]

5.1.5.2 Modificación en los filtros de combustible.

Las modificaciones realizadas en los filtros de combustible fueron las siguientes:

- **Fabricación de nuevos soportes.** Debido a los cambios dimensionales y de disposición de elementos de los nuevos motores, los *soportes de los filtros* antiguos hubo que retirarlos y fabricar unos nuevos. Se fabricaron dos soportes uno para cada motor. El problema era que los soportes antiguos ocupaban el espacio de los nuevos motores.

Ilustración n° 70. Filtros y soportes nuevos.



Fuente: [18]

- **Implantación de dos tipos de filtros.**

Además de la fabricación de nuevos soportes para los filtros, se mantuvieron los filtros antiguos a modo de pre-filtro.

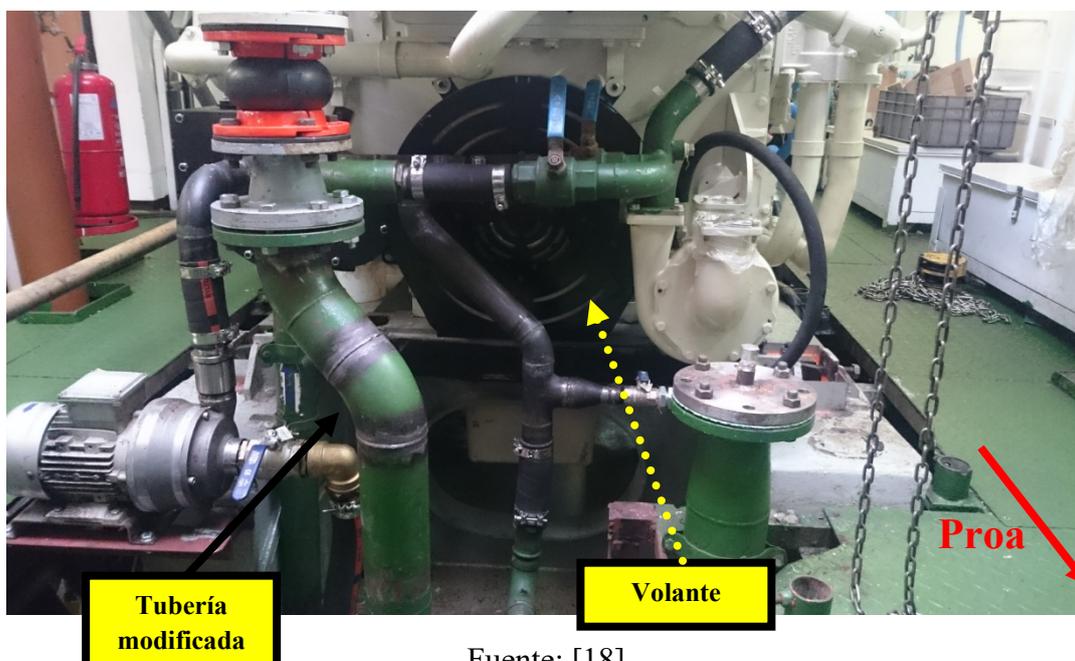
Los nuevos motores requieren unos filtros con una capacidad de retención de contaminantes de 10 micras. Esto significa que dichos filtros son capaces de retener contaminantes de 10 micras de tamaño como mínimo. Los filtros de los motores viejos eran de 30 micras. La modificación consistió por tanto, en mantener los filtros viejos a modo de pre-filtro y en serie instalar los nuevos. De ésta forma se realizará mantenimiento a los filtros en periodos de tiempo más largos, ya que en lugar de una etapa de filtración posee dos.

5.1.5.3 Modificaciones en tuberías.

Debido al mismo motivo que ocasionó la modificación de los soportes de los filtros, fue necesaria la modificación de algunas tuberías de conexión con los motores.

Principalmente las *tuberías modificadas* fueron las de agua salada. La modificación consistió en fabricar conexiones con codos diferentes a los antiguos, ya que al tener el motor una disposición diferente éstas no correspondían.

Ilustración n° 71. Tuberías de agua salada modificadas.



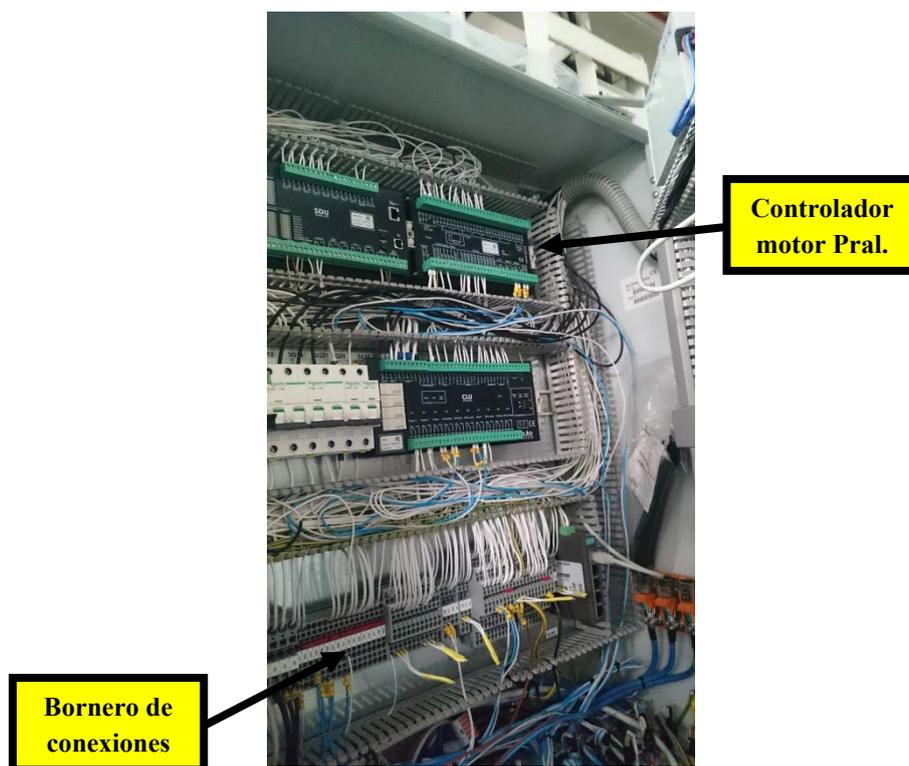
Fuente: [18]

Estas modificaciones fueron realizadas por el personal de calderería de FEROTHER. Terminadas de soldar las tuberías se les aplicó imprimación y fueron pintadas.

5.1.5.4 Modificaciones en el cableado eléctrico.

En lo que respecta al cableado eléctrico de los motores se realizó una gran reforma en toda la instalación. Éste cambio tan notable en la instalación eléctrica entre un motor y el otro se debe al desarrollo tecnológico de ésta gama de motores. En su última versión de 2015, la instalada en el buque “Bravo Topaz”, cuenta con bastantes más sensores (temperatura, presión, caudal, velocidad, humedad, etc.) los cuales sirven para tener un control de los parámetros del motor más exhaustivo.

Ilustración n° 72. Cuadro eléctrico de los motores.



Fuente: [18]

Las modificaciones eléctricas fueron una etapa más del proceso de remotorizado. El encargado de la realización de éstas, fue un técnico electricista de la compañía propietaria del buque, Opstad.

5.1.6 Alineado de los motores.

El término “**alinear**” significa, posicionar un elemento en línea recta con respecto a otro elemento. En el caso de la alineación de ejes, es necesario alinearlos tanto horizontalmente como verticalmente.

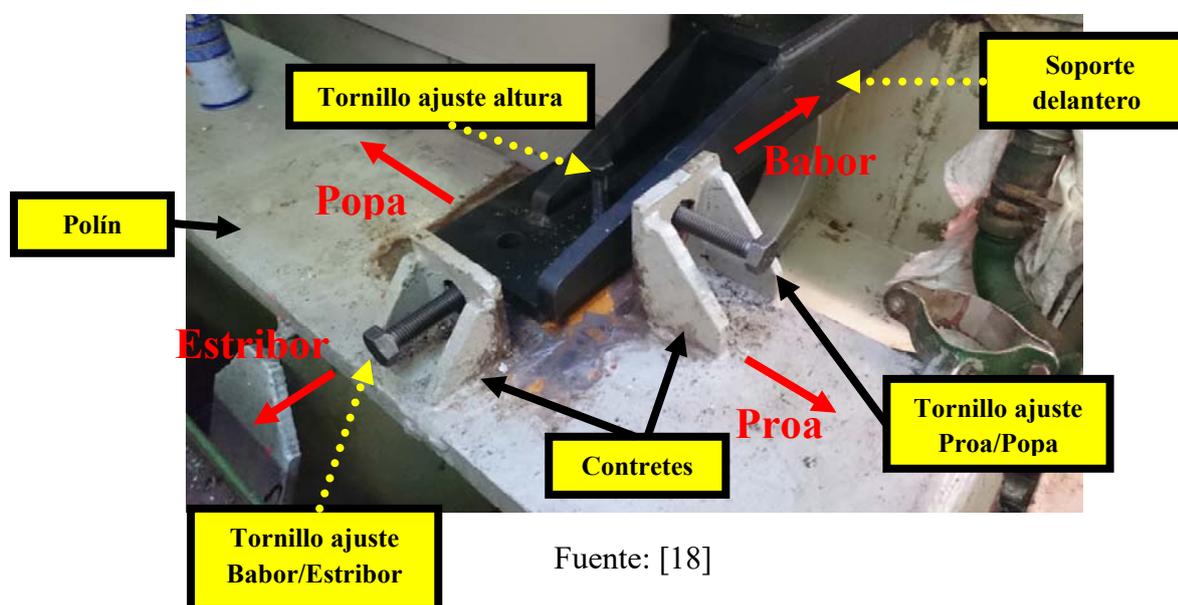
Un motor es imprescindible que esté alineado. De no ser así o haber sido mal alineado, puede conllevar al origen de vibraciones y futuras averías.

La alineación de ambos motores en éste caso consistió en alinear el eje de giro del motor, con el eje de la reductora. Nuestra referencia fue la reductora, ya que no se había movido de su posición, en cambio, el motor sí. Es recomendable realizar el alineado con el buque a flote, ya que de ésta manera la calibración será más precisa.

Para posicionar el eje del motor en la posición adecuada es necesario desplazar el motor tanto horizontal como verticalmente, esto se consigue ajustando la posición de sus soportes. El motor contaba con cuatro apoyos en el polín, en los que disponía de concretos para realizar el ajuste del alineado del motor.

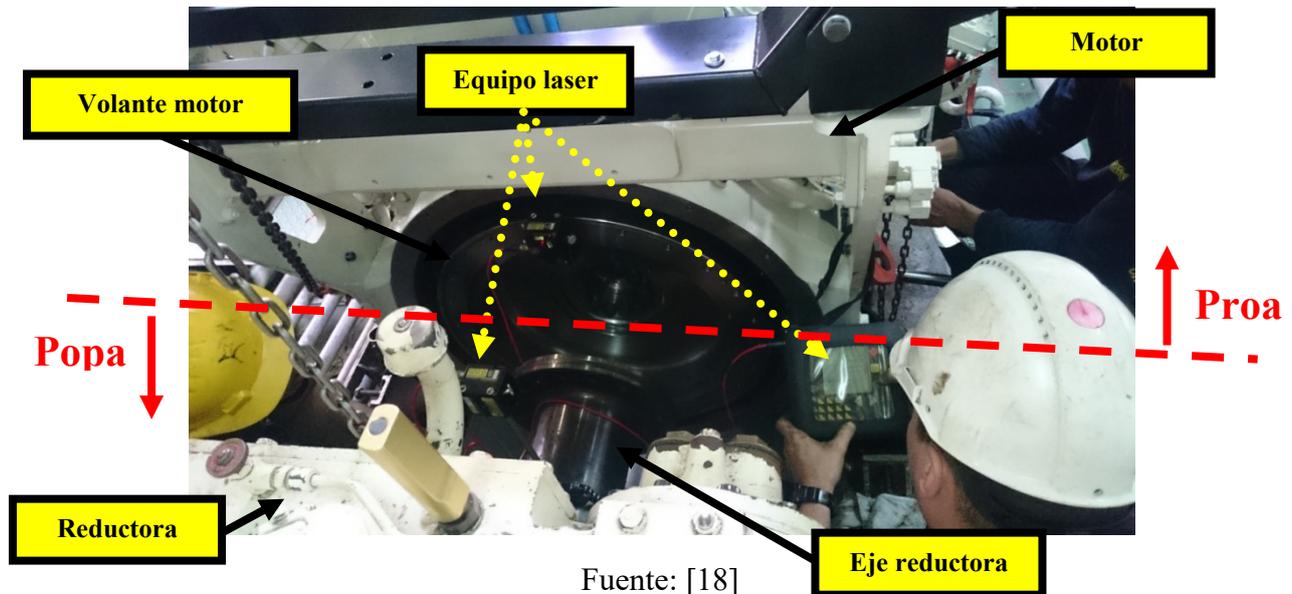
Los concretos disponen de dos tornillos perpendiculares, que permiten ajustar el alineado del motor, empujando el soporte correspondiente sobre el polín, en la coordenada X e Y, es decir, X (desplazamiento del motor hacia proa o popa) e Y (desplazamiento del motor hacia estribor o babor). Para el ajuste de la altura del motor, coordenada Z, el tornillo de ajuste va montado en cada soporte. Véase *Ilustración 73*.

Ilustración nº 73. Soporte del motor, concretos y tornillos de ajuste.



Existen diversos sistemas para realizar alineaciones en ejes, actualmente el sistema más utilizado por fiabilidad de la medida es la alineación mediante equipos laser. Éste fue el sistema de medición de la alineación utilizado en los motores del “Bravo Topaz”.

Ilustración n° 74. Alineación mediante equipo laser.



Fuente: [18]

La medición de alineamiento mediante éstos equipos requiere seguir un cierto protocolo de operación, que varía mínimamente dependiendo del equipo utilizado y del fabricante que lo produce.

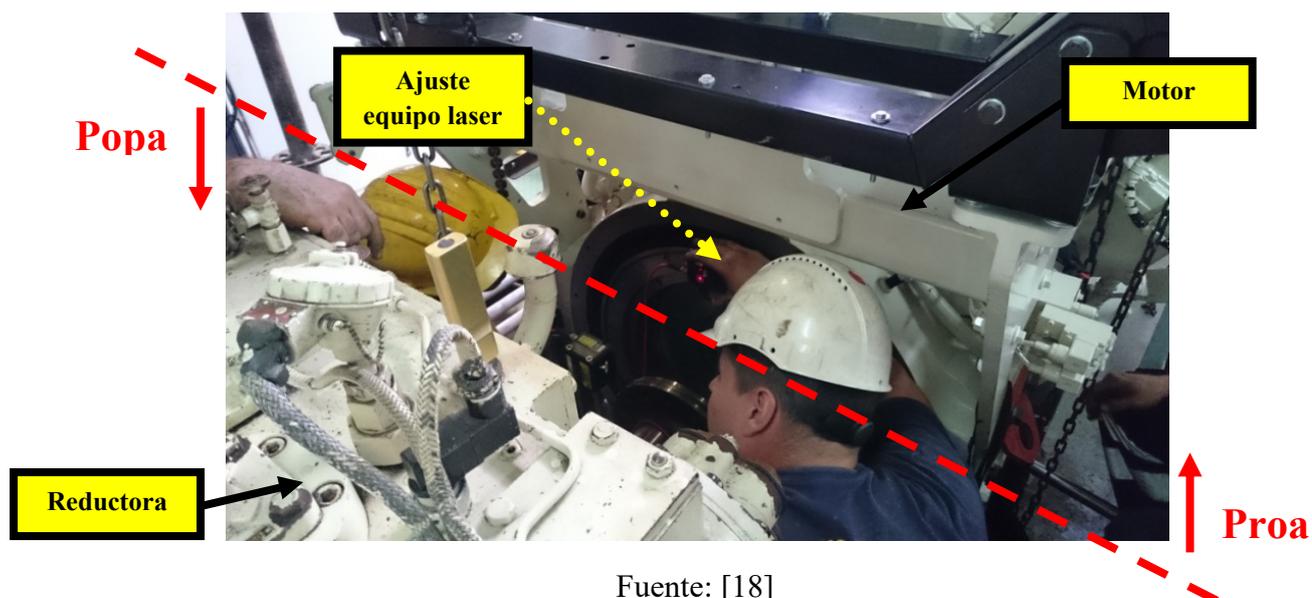
El procedimiento llevado a cabo en la alineación de los motores del “Bravo Topaz”, fue el siguiente:

1. Preparación del equipo e introducción de dimensiones.

- ✓ Identificación de la máquina a alinear. Es necesario definir en el equipo que tipo de máquina se va a medir.
- ✓ Montaje del equipo de medición. En éste caso se colocó un emisor-receptor laser en el *volante del motor*, mediante un soporte magnético y el otro se sujetó al eje de la reductora mediante una abrazadera y soporte especial. Luego se colocaron las conexiones entre los emisores-receptores y el panel de operación del equipo.

✓ Ajuste del rayo laser. Manualmente se ajusta el rayo laser para que éste incida en el zona adecuada del receptor. Para ello cada uno de los dispositivos en la zona de recepción dispone de una diana. Cuando el rayo laser incida en el centro de la diana estará ajustado. Una vez ajustado se desplaza la diana hacia un lado para dejar libre la zona de recepción laser del dispositivo. *Véase Ilustración n° 75.*

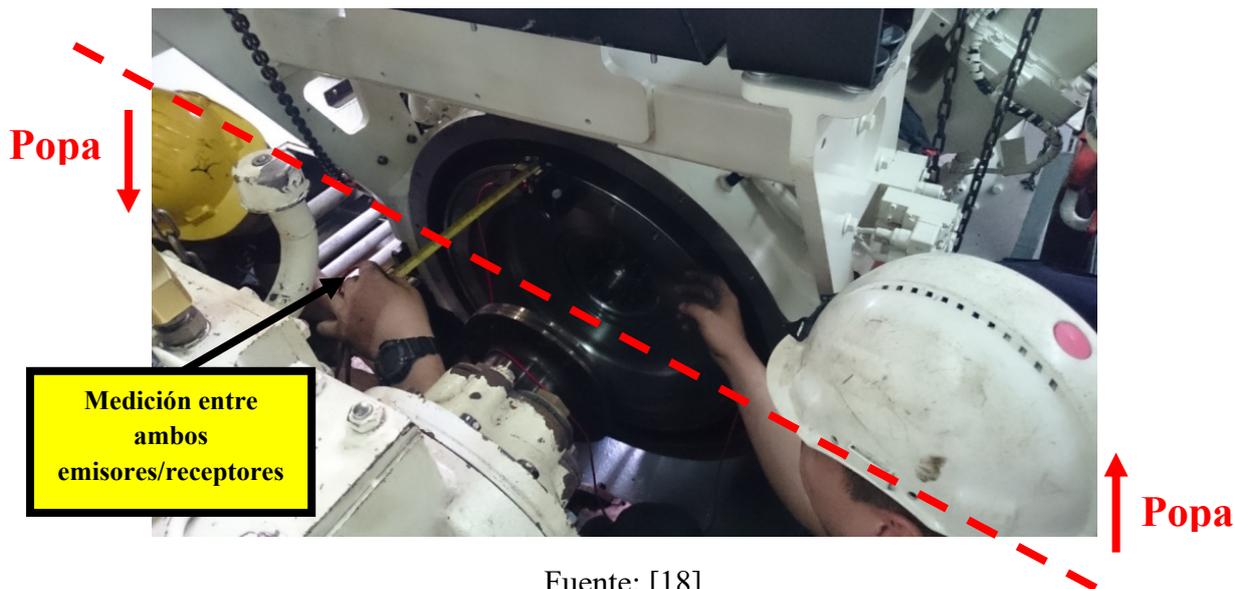
Ilustración n° 75. Ajuste del rayo laser del equipo de alineación.



Fuente: [18]

✓ Introducción de dimensiones. Con el equipo montado y colocado en el lugar de medición, se toman una serie de *medidas* necesarias para que el equipo pueda efectuar la evaluación de la alineación. Se miden las distancias desde el equipo a los soportes de proa, del equipo a los soportes de popa y la distancia entre los dos emisores-receptores laser. *Véase Ilustración n° 76.*

Ilustración n° 76. Medición de distancias (Parámetros equipo laser).

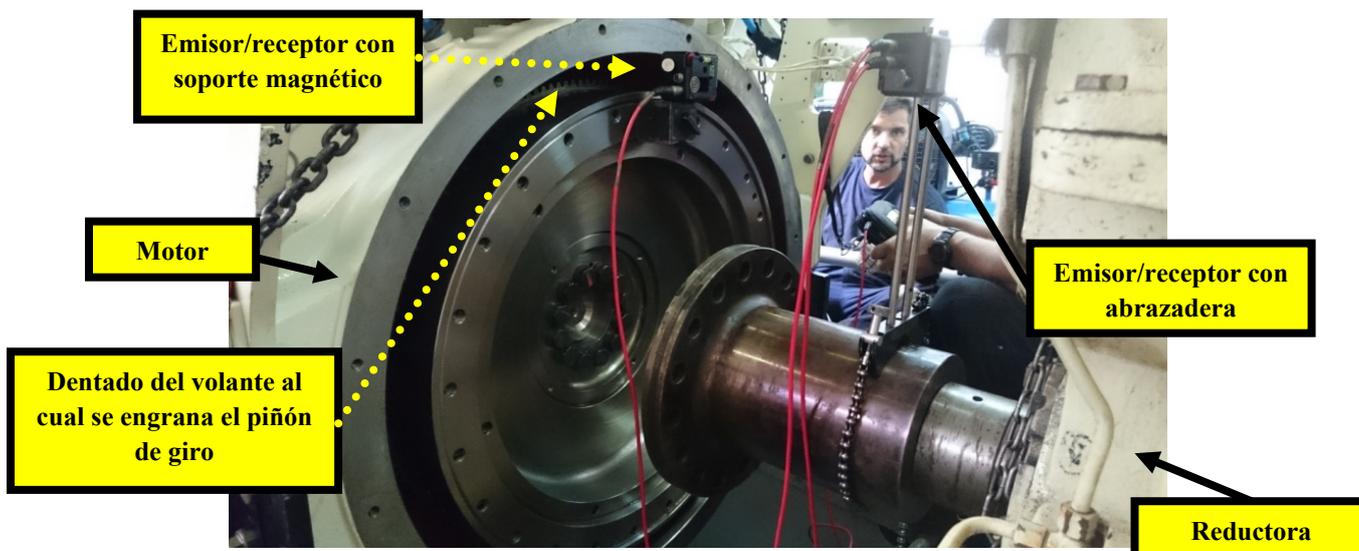


Fuente: [18]

2. Medir y alinear.

✓ Medir. Es necesario medir en tres puntos diferentes. Para ello, se gira el motor. En éste caso los puntos fueron, 0°, 90° y 180°. El motor se gira mediante un virador eléctrico, si el motor no dispone de éste, como fue el caso, hay que girarlo manualmente con la ayuda de una llave fija o de carraca. La carraca gira un tornillo el cual acopla un piñón a la rueda dentada del volante que a su vez gira el cigüeñal.

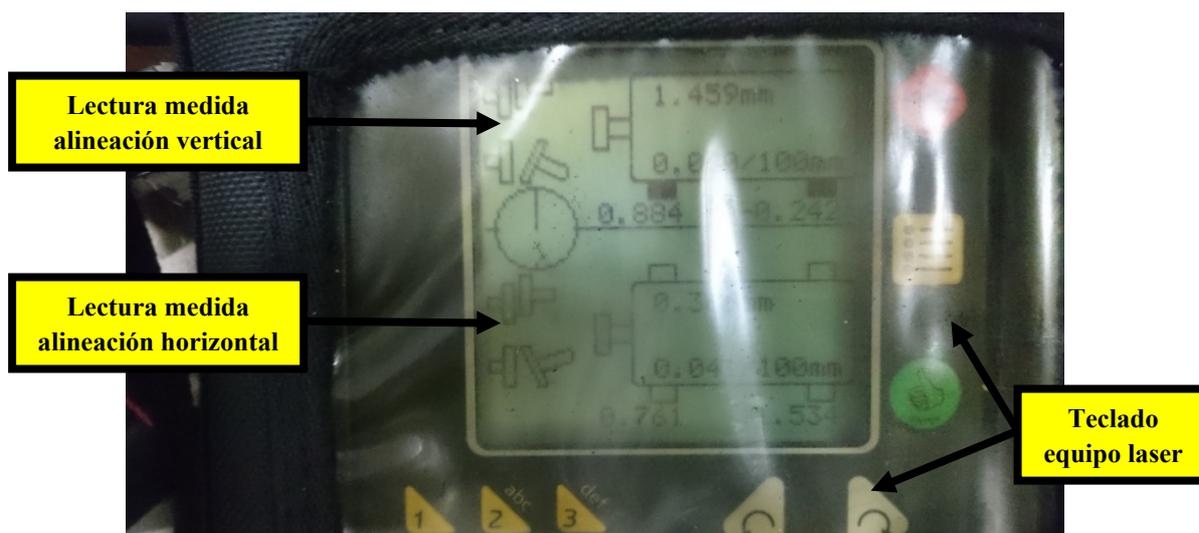
Ilustración n° 77. Imagen tomada durante el proceso de medición de alineación.



Fuente: [18]

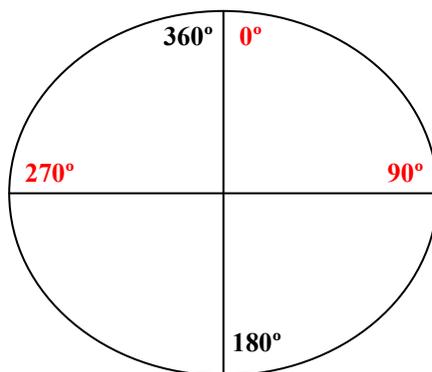
✓ Corrección de alineación vertical y horizontal. Una vez efectuadas las mediciones, el equipo, teniendo en cuenta todos los parámetros introducidos en la etapa 1. más las medidas realizadas, muestra en la *pantalla del equipo* las desviaciones verticales y horizontales que sufre el motor. Así como la corrección que hay que efectuar tanto horizontal como vertical.

Ilustración n° 78. Pantalla del equipo laser, con lectura de la medición.

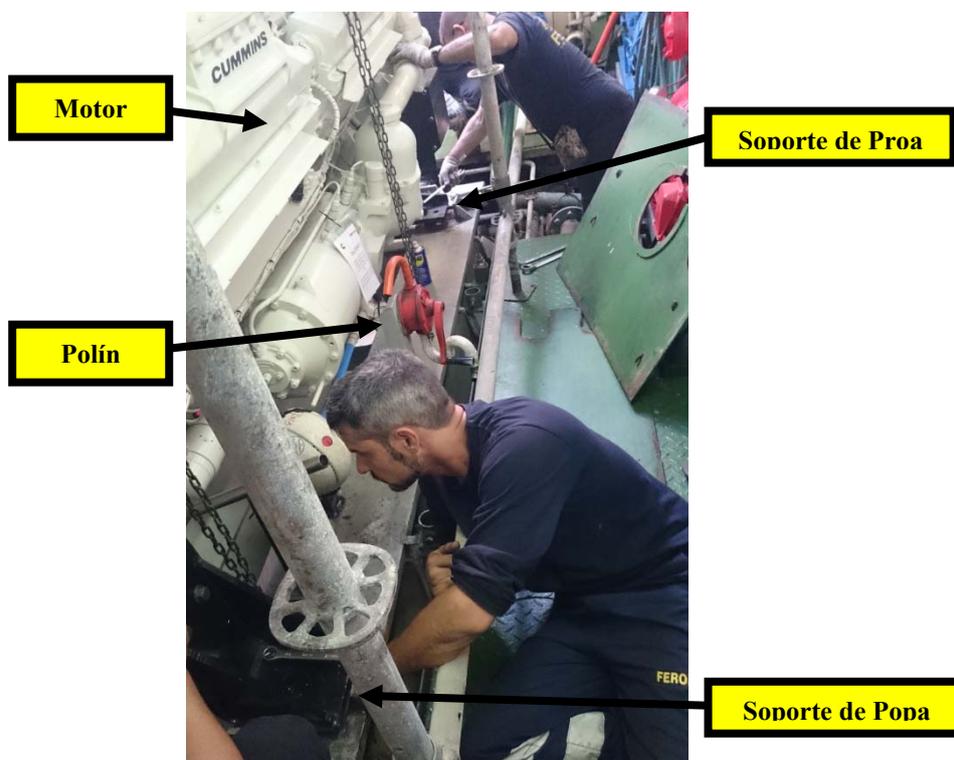


Fuente: [18]

✓ Alinear el motor. En éste proceso intervinieron cinco operarios, uno en cada apoyo de los soportes del motor al polín, y el técnico especialista en alineación. Para alinear el motor fue necesario ajustar los tornillos de los concretos del polín (ajuste horizontal) y los tornillos de los soportes del motor (ajuste vertical). El técnico, según la lectura que veía en pantalla iba pidiendo al operario adecuado (dependiendo del soporte en la que estuviera situado), que añadiera o restara, vueltas de tuerca, medias vueltas, o incluso $\frac{1}{4}$ de vueltas. A medida que se aproximaba la medida esperada, el avance de los tornillos era cada vez menor. Para corregir la alineación por completo fue necesario girar el motor de nuevo y comprobar que el motor estaba alineado en los tres *puntos de medida*.

Ilustración n° 79. Puntos de medida alineación (rojo).

Fuente: [17]

Ilustración n° 80. Operarios calibrando los tornillos de nivelación.

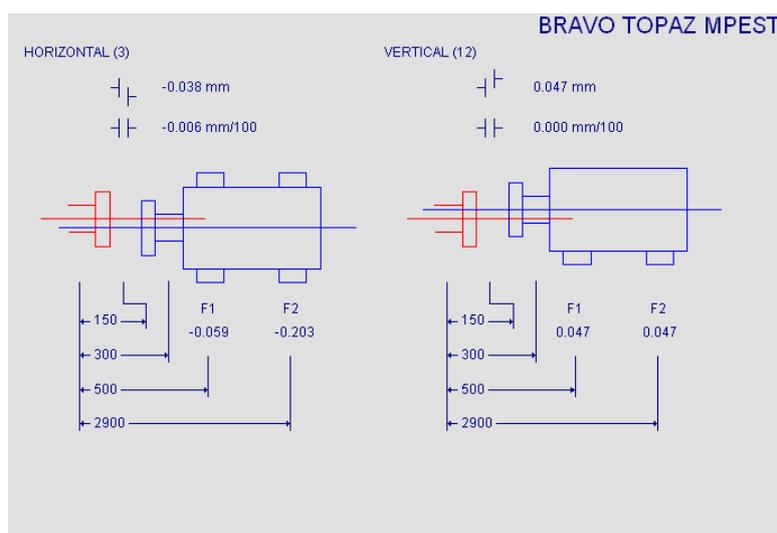
Fuente: [18]

3. Resultados.

✓ Informe de alineación. Una vez el técnico especialista en alineación da por alineado el motor con respecto al eje de la reductora, finaliza el proceso de alineación. Los resultados obtenidos en las mediciones quedan almacenados en la

memoria del equipo. Posteriormente el técnico entrega los resultados al ingeniero de la empresa de reparación naval FEROTHER, el cual realizará un *informe de la alineación* y el mismo será entregado a la naviera, sociedad de clasificación y administración de bandera, véase, *Ilustración n° 81*. Llegado éste punto el motor está listo para ser taqueado.

Ilustración n° 81. Informe de alineación de un motor por parte de FEROTHER.



Fuente: [37]

✓ Revisión de la alineación. Una vez taqueado el motor, es necesario revisar la alineación para verificar que durante ese proceso no se ha modificado la alineación del motor. Si se comprueba que el motor no ha sufrido desalineación alguna, el proceso de alineado se da por concluido, en el caso de que haya variado la alineación el proceso de corrección es el mismo que se ha descrito anteriormente.

5.1.7 Taqueado.

5.1.7.1 Definición.

El taqueado de los motores consiste en la colocación de tacos fabricados entre los soportes del motor y el polín. Existen diferentes tipos de taqueados, hasta la década de los 50 se basaba en tacos de acero o hierro fundido. Éstos tacos tenían un ajuste limitado ya que dependían de la calidad alcanzada en el mecanizado de los tacos.

Posteriormente se comenzaron a utilizar otros sistemas diferentes para soportar los motores, éstos son los acoplamientos elásticos (tacos de goma) y las resinas epoxídicas (Chockfast). Con la utilización de éstos nuevos sistemas se resuelven los problemas de ajuste que existían en el taqueado con taco metálico y además se resuelve el problema de la transmisión de vibraciones al casco del barco. [38]

En éste caso el taqueado de los motores principales del “Bravo Topaz” se llevó a cabo mediante la utilización de resinas epoxi, Chockfast. Éste sistema elimina el mecanizado de la superficie de los polines y se ajusta con precisión a la superficie del perfil presentado. Actualmente ésta marca es la más utilizada en taqueados de equipos marinos.

5.1.7.2 ¿Qué resina utilizar?

A la hora de elegir el tipo de resina epoxi adecuada, se tiene que elegir atendiendo a su uso. Como se trata de un motor principal, es necesario elegir una resina Chockfast Orange, en el caso de ésta marca, ya que el taco estará expuesto a altas temperaturas y tiene una alineación crítica.

5.1.7.3 Cálculo de dimensiones de los calzos o tacos.

Para instalar unos tacos de resina epoxi es necesario realizar una serie de cálculos los cuales determinaran las dimensiones de los tacos. Hay que seguir las instrucciones fijadas por el fabricante de la resina. Para obtener las dimensiones, los cálculos a realizar tienen en cuenta una serie de factores (peso del motor, número de pernos, peso del motor por 2,5, tensión en cada perno y tensión mínima permitida).

Chockfast orange determina que el espesor de los tacos para que sus propiedades se mantengan estables debe estar comprendido entre 12 mm y 70 mm.

○ **Cálculo.**

Datos:

*Peso del motor: 8.754 kg

*Peso del motor por 2,5: 21.885 kg

*Nº de pernos: 4

*Tensión en cada perno: 5471,25 kg/f

*Tensión mínima permitida: 3775 kg/f

- Por tanto, las condiciones establecidas para los pernos son satisfactorias.

$$\text{Área mínima por taco} = \frac{8.754 \text{ kg}}{7 \text{ kgf/cm}^2} = 1250,6 \text{ cm}^2$$

Área mínima por taco= 1250,6 cm²
--

- Suponiendo,

$$4 \text{ tacos y cada taco de } \frac{1.250,6}{4} = 312,64 \text{ cm}^2$$

4 tacos con un área de de 312,64 cm² cada uno.
--

El área de los agujeros para los pernos de anclaje es de **3,2 cm²**

Suponiendo un espesor de taco de **20 mm**

$$\text{Longitud del taco} = \frac{312,64 + 3,2}{2,0} = 157,92 \text{ cm}$$

Cada taco es de 220 x 143 mm como dimensiones mínimas. *(Cálculo de elaboración propia-aproximado. Fuente fabricante. Carácter didáctico)*

Finalmente, el taller decidió fabricar 4 calzos de 220 x 220 x 20 mm.

5.1.7.4 Realización del taqueado.

Tras haber realizado los cálculos y haber decidido las dimensiones de los tacos se procede a realizar el taqueado propiamente dicho.

- **Preparación de la superficie del polín.**

La superficie del polín sobre la que se realice el taqueado es necesario limpiarla. Debe estar limpia de grasas, aceites, herrumbres y de pinturas. Para asegurar una adhesión adecuada de la resina al polín.

- **Material necesario.**

- ✓ Resina epoxi Chockfast naranja.
- ✓ Chapas metálicas.
- ✓ Masilla selladora.
- ✓ Espray antiadherente.
- ✓ Grasa no fundible (Molicote).
- ✓ Taladro de mano.
- ✓ Removedor.

Ilustración n° 82. Botes de resina para el taqueado.



Fuente: [18]

- **Realización del encofrado (molde del taco).**

1. Fabricar un recuadro metálico con las medidas del taco deseado. Para ello se usa chapa metálica de poco espesor, se pliegan las esquinas y finalmente fueron soldadas las puntas que quedaron sueltas, cerrando el recuadro.

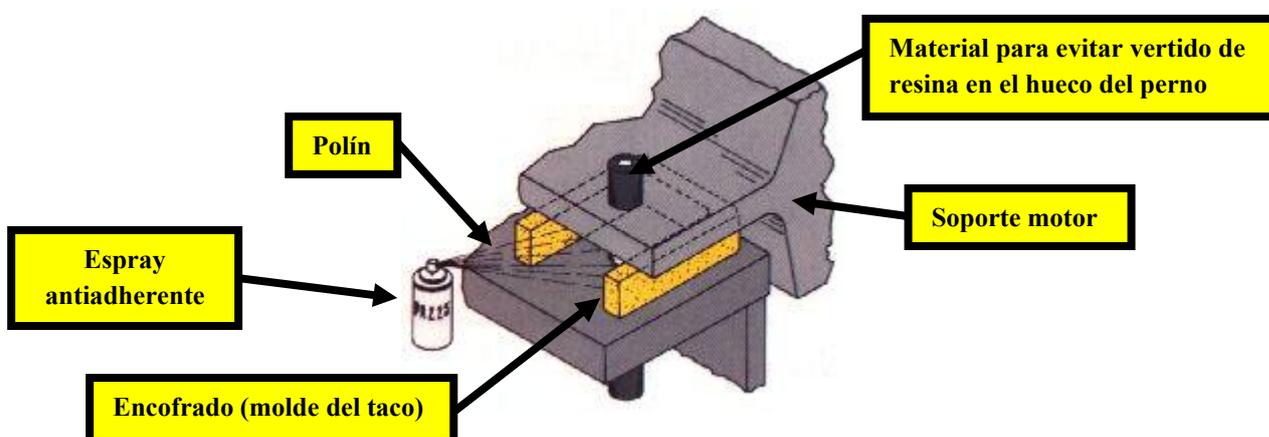
2. Presentar el recuadro metálico que contendrá la resina líquida en la zona donde se quiere colocar el taco (entorno al soporte del motor).

3. Con la ayuda de la masilla selladora, se sella los puntos de unión entre las chapas metálicas y el polín, así como las esquinas de las chapas, quedando un recipiente estanco.

4. A la hora de verter la resina en el lugar del perno de anclaje se coloca otro material con forma similar, para que una vez fragüe la resina retirarlo y quede el orificio libre. El material utilizado debe untarse en grasa no fundible, para evitar que la resina se adhiera a él.

5. Los tornillos de nivelación o de ajuste deben ser rociados con espray antiadherente.

Ilustración n° 83. Encofrado antes de verter la resina.



Fuente: [39]

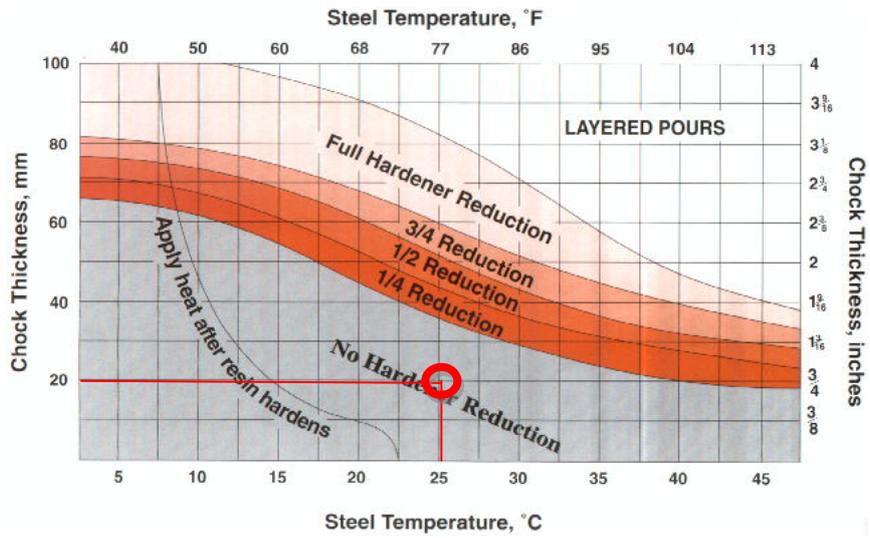
○ Mezclado y vertido.

Preparado el encofrado que contendrá la resina líquida, se procede al mezclado de la resina con el catalizador y finalmente se vierte en el encofrado.

1. Comprobar que el encofrado está completo y perfectamente sellado.

2. Con la ayuda de la carta guía se decide la cantidad de catalizador que debe añadirse a la resina para mezclarlo. Para ello se entra en la **carta guía** con los de datos de espesor del calzo y temperatura del acero del polín. El punto de corte nos dará la medida de catalizador, en función de la franja de la carta guía la cual se encuentra **tabulada en los botes** de catalizador. Véase **Ilustración 85**.

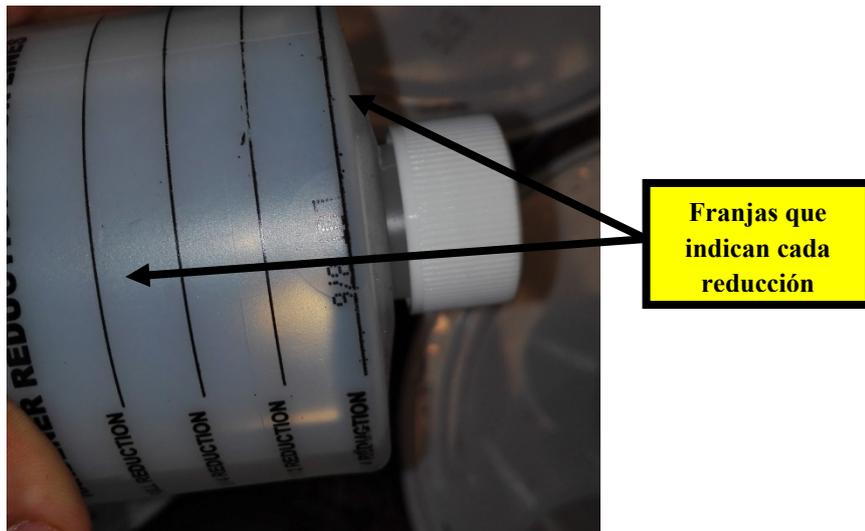
Ilustración n° 84. Carta guía para calcular la cantidad de catalizador.



Fuente: [39]

En nuestro caso el catalizador que se le añadió a la resina se mezcló sin reducción ya que si nos fijamos en la gráfica anterior, teniendo en cuenta el espesor del taco (20 mm) y la temperatura del polín (temperatura ambiente 25° C) donde cortan ambas líneas no es necesaria reducción alguna.

Ilustración n° 85. Medidas tabuladas que corresponden con el gráfico anterior.



Fuente: [18]

4. Añadir el catalizador dentro de la lata de resina y mezclar con el removedor acoplado a un taladro de mano aproximadamente a 200 rpm. Remover bien por todos los lados de la lata.

5. Una vez removido y por tanto mezclado, hay que verter la resina en estado líquido en el encofrado lo antes posible. No es recomendable retirar el material que se adhiere a las paredes de la lata.

○ **Después del vertido.**

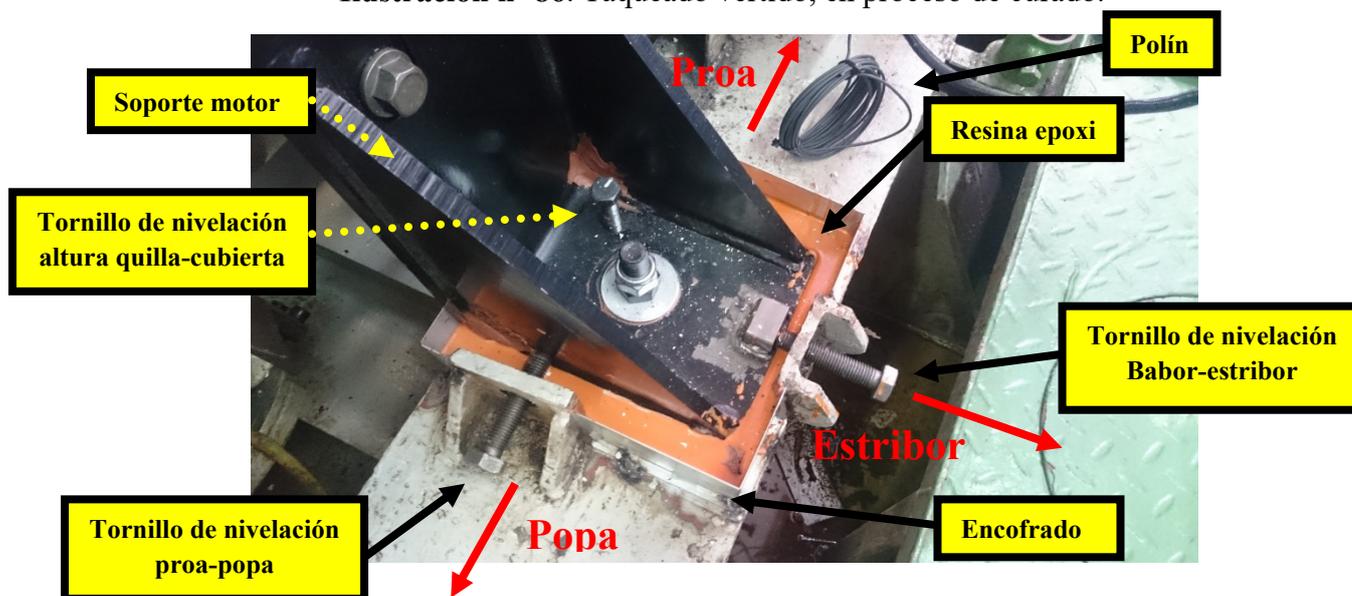
1. Una vez vertida la resina las pérdidas pueden comenzar en cualquier momento, por lo que es recomendable supervisar los encofrados hasta que haya endurecido.

2. Hay que asegurarse que la temperatura es superior a 13 grados. Si la temperatura no alcanzase los 13 grados hubiera sido necesario calentar la resina con un calefactor durante su proceso de curado.

En función de la temperatura durante el curado o fragua de la resina, se define el tiempo que dura dicho proceso. (Entre 13° - 18° tarda 48 h); (entre 19° y 21° tarda 24 h) y (por encima de 21° tarda 18 h).

En éste caso la temperatura durante el curado la temperatura estaba entorno a los 17 grados. Por ello se dejó curar la resina durante 48 h. [39]

Ilustración n° 86. Taqueado vertido, en proceso de curado.



Fuente: [18]

3. Una vez pasado el tiempo necesario para que fragüe bien la resina, se desmontan las chapas del *encofrado*.
4. Luego, se *aflojan los tornillos de nivelación*.
5. Por último, se *aprietan los pernos de anclaje* a la tensión o par de apriete designado por el fabricante.

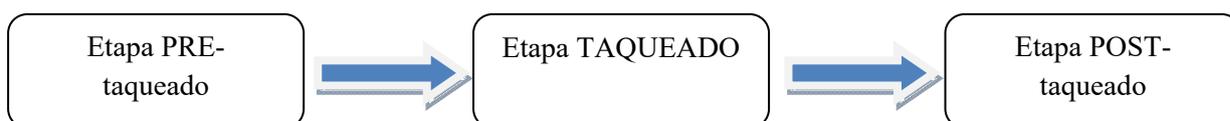
Ilustración n° 87. Taqueado terminado.



Fuente: [18]

Resumen del proceso de taqueado.

Éste consta de tres etapas:



- ✓ **PRE- Taqueado.** Se alinea el motor a través de los tornillos de nivelación que posee cada uno de los cuatro soportes del motor.
- ✓ **TAQUEADO.** Se realiza el proceso explicado anteriormente, es decir, mezclado de la resina con el catalizador, realización del encofrado, vertido de la resina y por último dejar curar la resina.

- ✓ **POST-Taqueado.** En ésta etapa una vez curada la resina, se aflojan los tornillos de nivelación, se retira el encofrado y finalmente se aprietan los pernos de anclaje.

5.1.8 Reparación de la reductora.

Una vez alineados los motores, se inspeccionó la reductora del motor de babor. Según manifestó el inspector de la naviera y el jefe de máquinas del barco, la reductora llevaba cierto tiempo sobrecalentándose. Por ello se aprovechó la parada de la remotorización de los MCI para revisarla. Como toda reparación ésta conlleva seguir una serie de pasos. Los pasos seguidos en ésta fueron:

- Desmontaje de elementos externos de la reductora.
- Izada de la tapa de la reductora.
- Desmontaje de los ejes de la reductora.
- Verificación y reparación de los ejes.
- Montaje de los ejes en la reductora.
- Montaje de la tapa y elementos externos de la reductora.

Para llevar a cabo con éxito ésta reparación antes de comenzar a desmontar la reductora se estudió los planos y el manual de instrucciones de la reductora, proporcionado por la naviera. La reductora reparada es una Hitachi MGRP1727VC.

5.1.8.1 Desmontaje de elementos externos de la reductora.

Se comenzó retirando los tornillos de los elementos externos de la reductora, cómo la tapas de cojinetes del eje, tapas laterales, bomba de engrase y resto de elementos que impedían la izada de la tapa de la reductora.

Ilustración n° 88. Desmontaje elementos externos reductora.

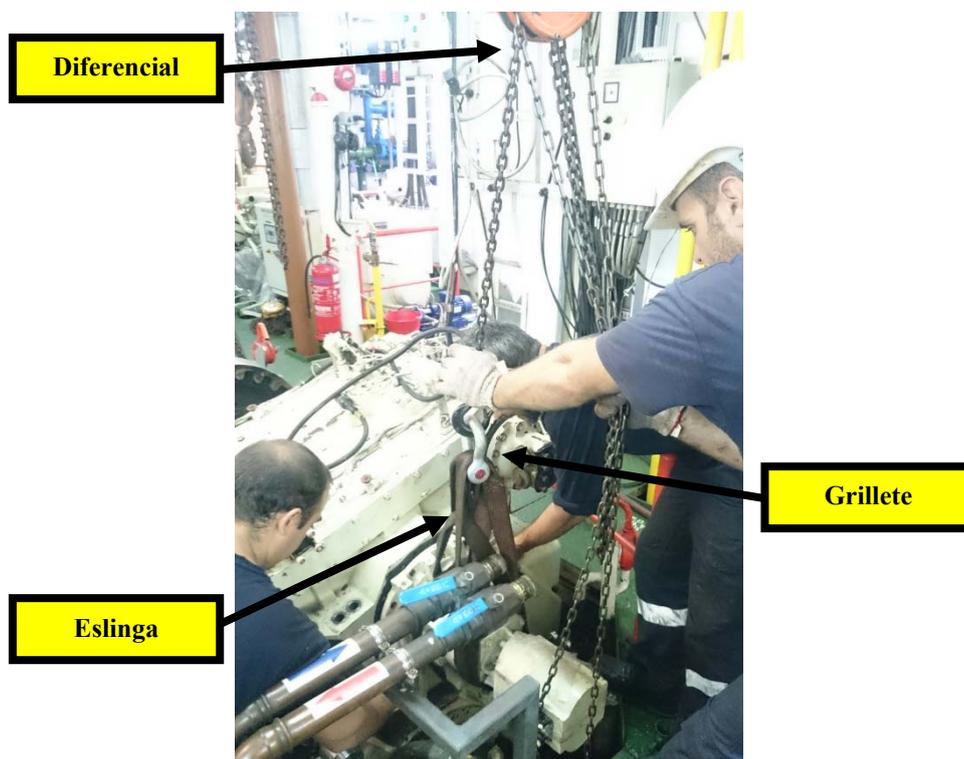


Fuente: [18]

Además se desconectaron los latiguillos de lubricación y las mangueras de agua de refrigeración. Una vez desconectados se taparon con trapos y cinta adhesiva.

Una vez aflojados los tornillos y retiradas las tapas pequeñas se llevó a cabo la maniobra de *desmontaje de la bomba de lubricación*. Ésta maniobra fue necesario realizarla mediante diferenciales, debido a que la bomba era demasiado pesada como para desmontarla a mano. Para ello se colocó un *diferencial* sobre la posición de la bomba. Se rodeó la bomba con una *eslinga*, la cual se sujetó al gancho del diferencial mediante un *grillete*. Con la bomba sujeta se comenzó a desplazar lentamente hasta que ésta se despegó de su posición. Con la bomba fuera de la reductora se colocó en un lugar que no molestara al resto de la operación.

Ilustración n° 89. Desmontaje bomba de lubricación.



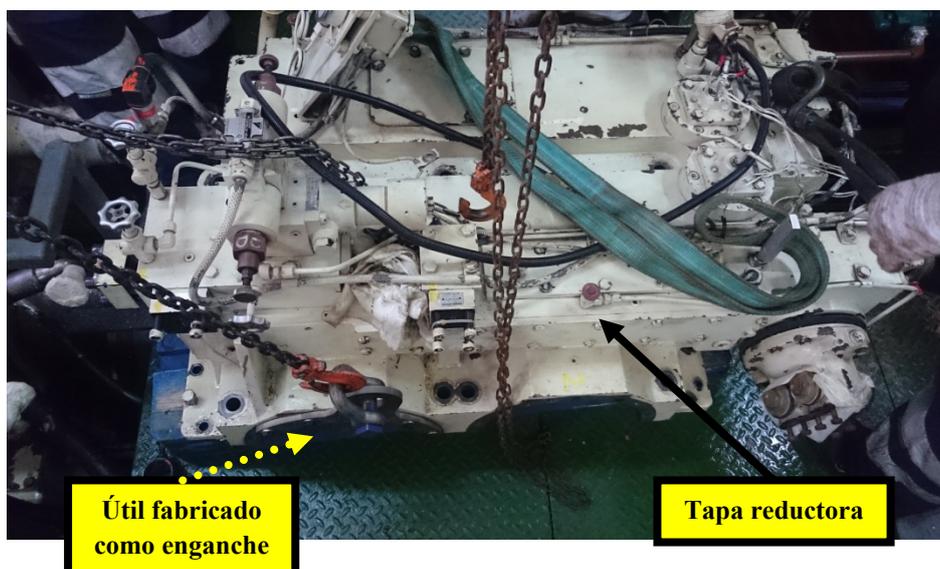
Fuente: [18]

5.1.8.2 Izada de la tapa de la reductora.

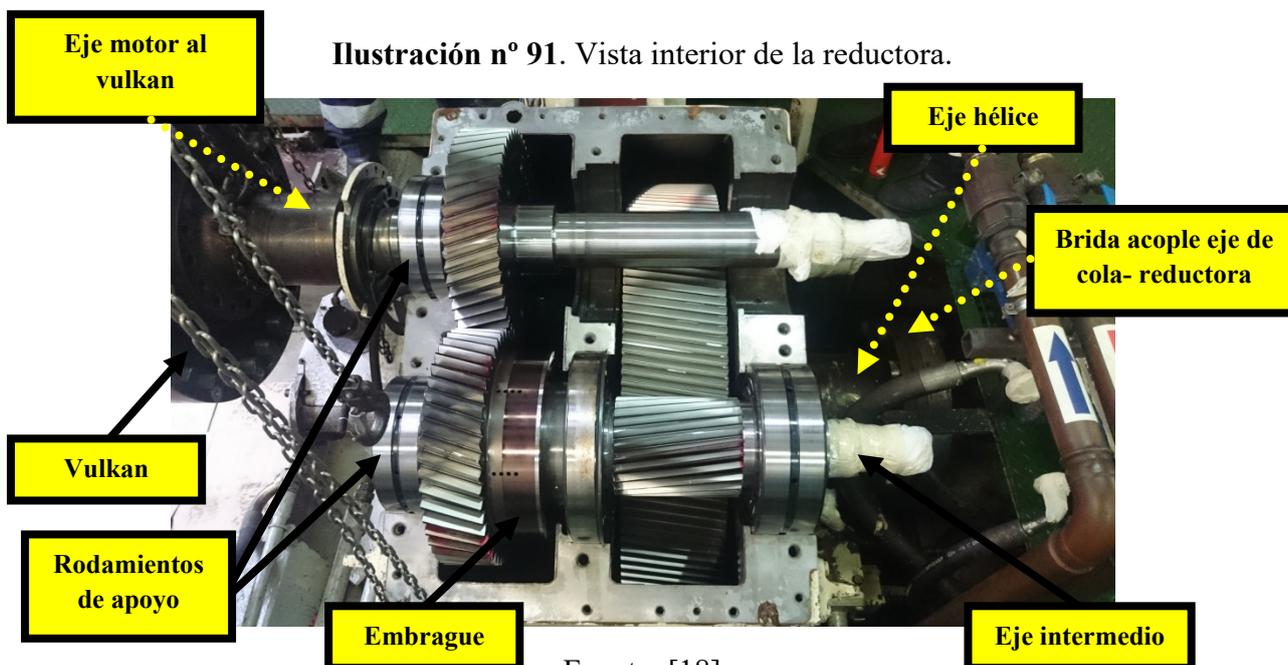
Debido al gran peso de la tapa de la reductora fue necesario izarla con la ayuda de diferenciales. El peso de la tapa era de unos 1000 kg, para ello se utilizaron 2 diferenciales de una tonelada. Se colocaron en diagonal en la tapa de la reductora. Una de las esquinas de la tapa disponía de un cáncamo pero para la otra fue necesaria la

fabricación de un *útil* que actuara como tal. La pieza fue fabricada en el taller de FEROTHER. Ésta se atornilló en los agujeros de los tornillos de anclaje de una de las tapas de registro de la reductora. Con los enganches preparados se desatornillaron todos los tornillos que sujetaban la tapa al cuerpo de la reductora. Retirados los tornillos, se comenzó a izar la tapa tirando de los diferenciales. Una vez la tapa se separó del cuerpo de la reductora, se desplazó con la ayuda de un tercer diferencial y se colocó en un lugar en el que no molestara.

Ilustración n° 90. Tapa de la reductora desmontada.



Fuente: [18]

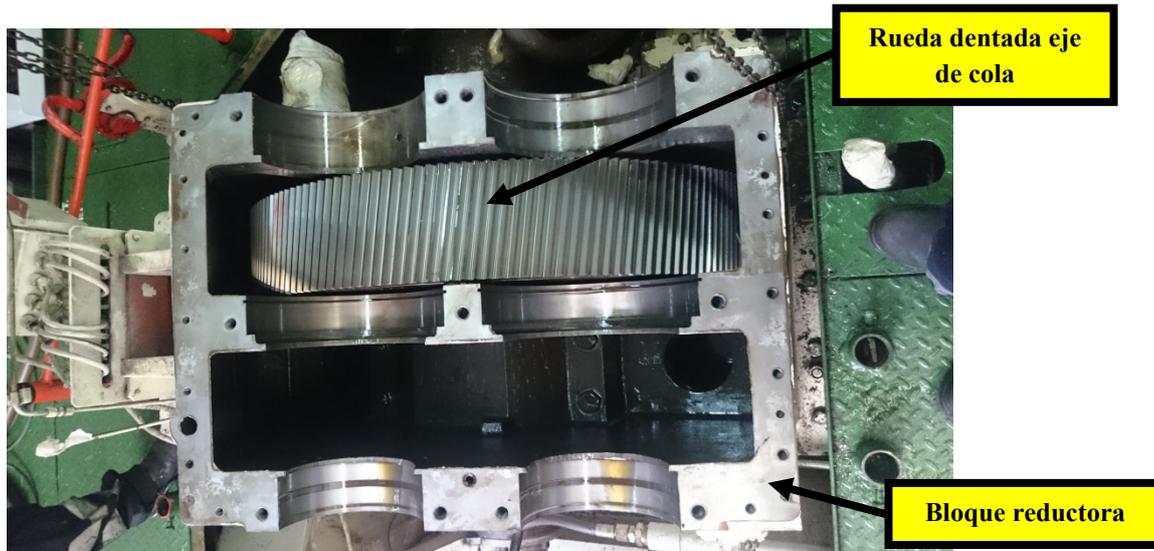


Fuente: [18]

5.1.8.3 Desmontaje de los ejes de la reductora.

Con la tapa de la reductora desmontada, se verificó visualmente el estado de la reductora. El análisis visual buscaba desgastes o algún tipo de corrosión. Aparentemente se podía observar un poco de desgaste en uno de los ejes, pero tanto el ingeniero de FEROTHER como el jefe e inspector del barco estimaron que no era importante. Al mismo tiempo éstos decidieron llevar ambos ejes al taller de FEROTHER para inspeccionarlos detenidamente y repararlos si fuese necesario. Para sacar ambos ejes de la sala de máquinas al igual que los motores hubo que hacerlo con la utilización de diferenciales a través de la sala de máquinas hasta que se ubicó bajo el hueco de la lumbreira. Una vez en ese punto la grúa del barco los enganchó y los depositó en el camión de FEROTHER que estaba ubicado en el muelle del astillero junto al barco.

Ilustración nº 92. Interior de la reductora desmontada.

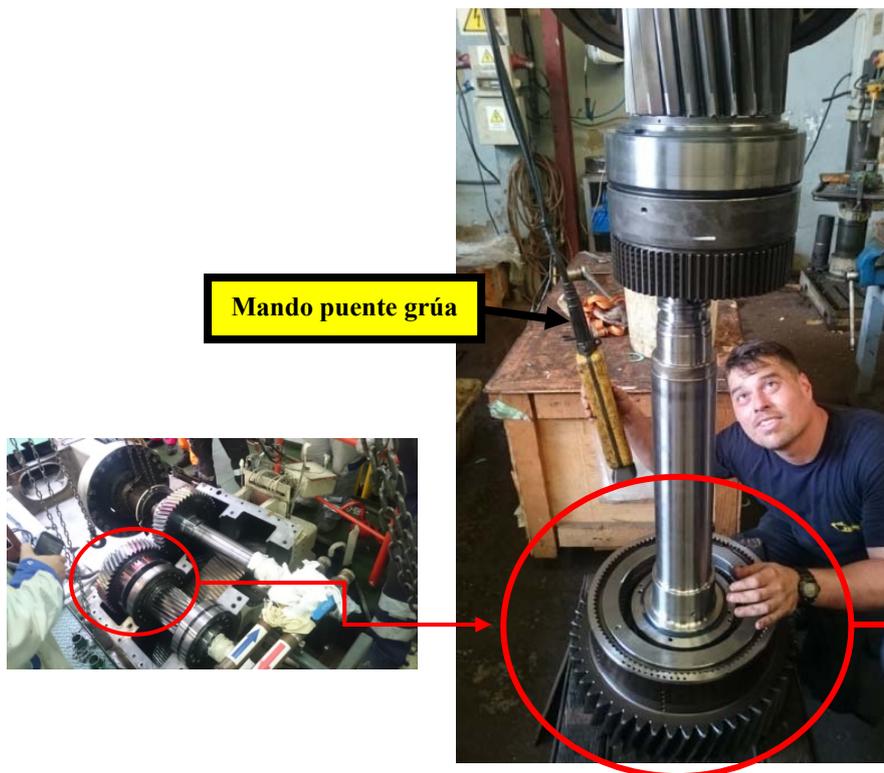


Fuente: [18]

5.1.8.4 Verificación y reparación de los ejes.

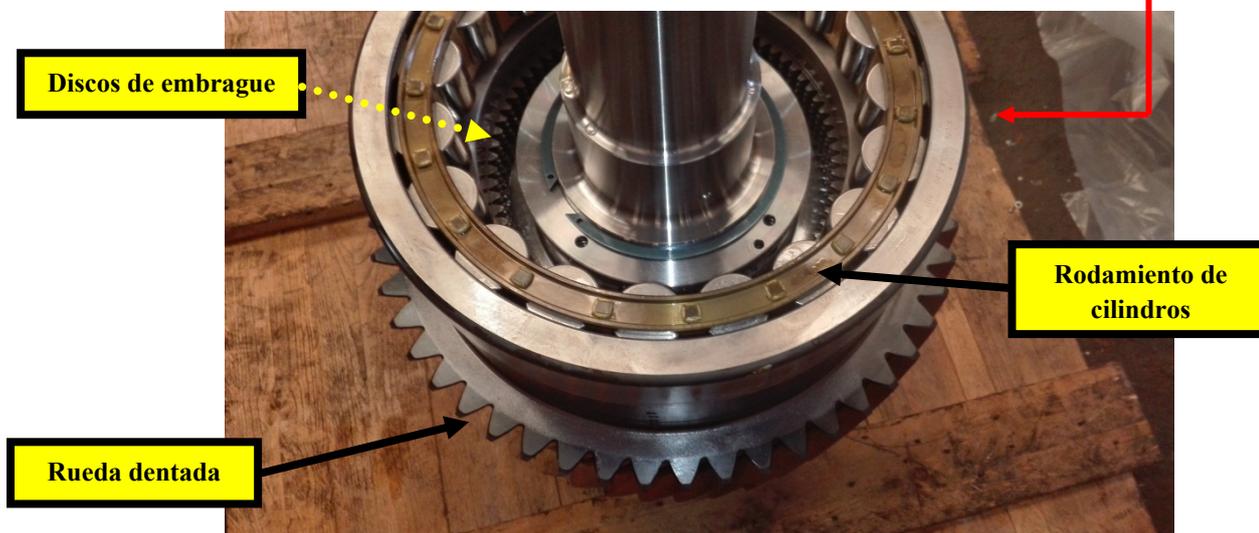
Con los ejes en el taller se inspeccionaron con mayor detenimiento. Se verificaron y repararon los rodamientos de ambos ejes. Además se desmontó el embrague, sacando disco por disco e inspeccionándolo. Finalmente, reparado el embrague, se montó de nuevo en el eje intermedio, *véase Ilustración 93*.

Ilustración nº 93. Montaje eje de embrague de la reductora.



Fuente: [18]

Ilustración nº 94. Rodamiento y discos de embrague eje reductora.



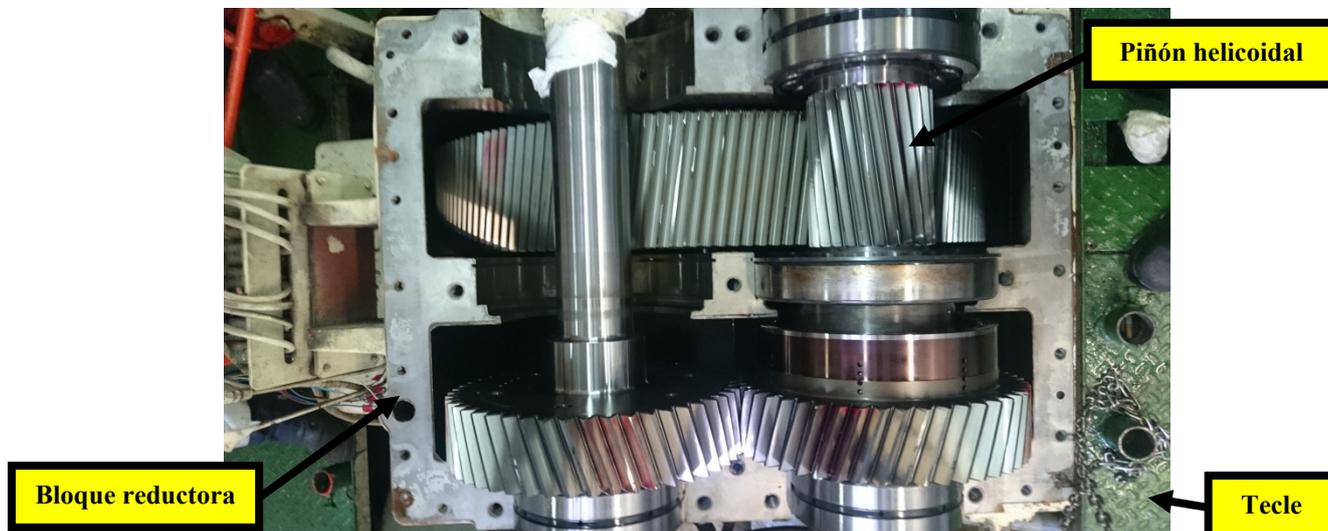
Fuente: [34]

5.1.8.5 Montaje de los ejes en la reductora.

Con ambos ejes reparados, se trasladaron de nuevo al barco. Una vez en el barco al igual que al desmontarlos, se transportaron con la ayuda de la grúa del barco hasta la

sala de máquinas y una vez en ella utilizando dos diferenciales se trasladaron hasta la reductora e instalaron en su lugar.

Ilustración n° 95. Ejes reparados montados en la reductora.



Fuente: [18]

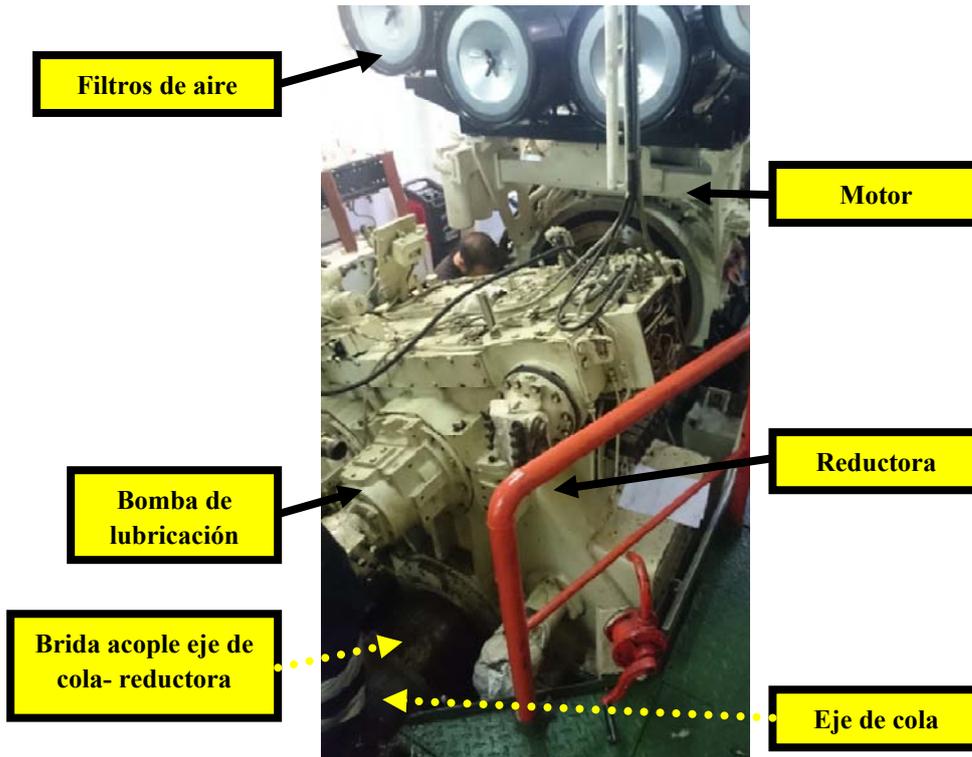
5.1.8.6 Montaje de la tapa y elementos externos de la reductora.

Finalmente se comprobó que no hubiera ningún objeto o suciedad dentro de la reductora y se procedió con la maniobra de instalación de la tapa.

Al igual que en el desmontaje de la tapa, se izó en éste caso del tecla de la sala de máquinas y se llevó hasta su posición sobre el bloque de la reductora. Una vez presentada, se atornillaron los tornillos, aplicándoles el apriete marcado por el fabricante en el manual de instrucciones, utilizando una carraca dinamométrica.

Con la tapa colocada, se instaló la bomba de lubricación y por último se colocaron las tapas, latiguillos y mangueras desconectadas, dejando la reductora lista para ser probada. *Véase Ilustración n° 96.*

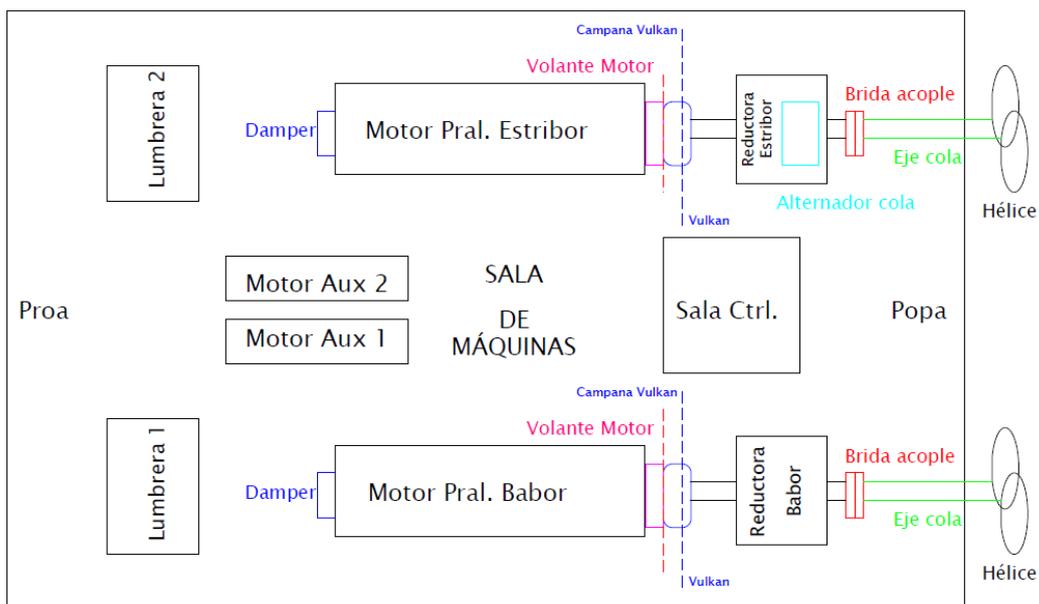
Ilustración n° 96. Reductora reparada y completamente montada.



Fuente: [18]

El siguiente esquema, *Ilustración n° 97* se incluye en éste apartado, a modo de ayuda para ubicar los equipos y elementos nombrados en éste apartado “Reparación de la reductora” y el próximo “Sustitución del acoplamiento Vulkan”.

Ilustración n° 97. Plano de los equipos y elementos implicados en la remotorización.



Fuente: [17]

5.1.9 Sustitución del acoplamiento elástico (Vulkan).

Con el motor perfectamente alineado y taqueado, listo para acoplarlo a la reductora mediante su acoplamiento elástico (Vulkan), los operarios detectaron que uno de los vulkan, el del motor de babor tenía una fisura.

Ilustración n° 98. Acoplamiento elástico (Vulkan).



Fuente: [18]

Detectado el problema el ingeniero de FEROTHER le transmitió el problema al jefe de buque del astillero y él a su vez al inspector de la naviera, que se encontraba en el astillero. El inspector verificó la fisura que sufría el Vulkan, y determinó sustituirlo. La naviera no poseía documentación de éste elemento.

Ilustración n° 99. Fisura en el Vulkan.



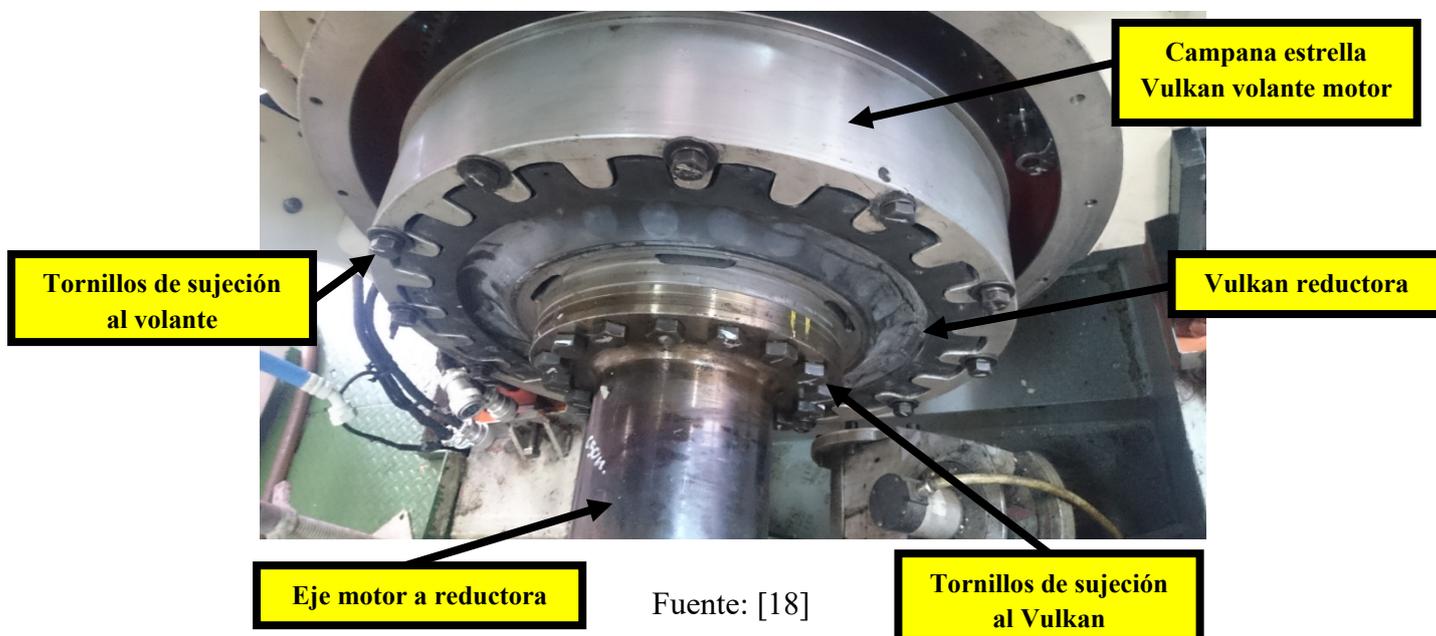
Fuente: [18]

Para poder solicitar al fabricante de dicho acoplamiento elástico, el vulkan específico, se utilizó el código tabulado en la *campana de la estrella de vulkan*. Posteriormente se envió al fabricante el cual envió un plano acorde a esa referencia.

Con ayuda del plano proporcionado por el fabricante de Vulkan se verificó que las mediadas correspondían con el Vulkan a sustituir, así como, las distancias necesarias entre la reductora y el volante del motor.

Finalmente, se pidió un *vulkan* nuevo. Con el acoplamiento nuevo en el barco se instaló y quedó acoplado el motor a la reductora.

Ilustración 100. Acoplamiento elástico (Vulkan) instalado.



5.1.10 Pruebas de mar.

Llegados a éste punto la planta de propulsión está lista para ser probada. Tras haberse realizado la reparación se realizaron dos pruebas:

- Pruebas de mar en puerto.
- Pruebas de mar en navegación.

5.1.10.1 Pruebas de mar en puerto.

Las pruebas de mar en puerto consistieron en probar la planta en vacío. Es decir, probar cada motor individualmente y en conjunto con sus reductoras desembragadas, por tanto, sin transmitir el giro del motor a la hélice.

La finalidad de éstas es comprobar el comportamiento de los motores y resto de sistemas auxiliares a diferentes niveles de funcionamiento.

En estas pruebas estuvo presente el técnico de la casa Cummins (fabricante de los motores), el inspector de la naviera y por último el jefe de máquinas así como la tripulación.

Las pruebas de mar en puerto tuvieron un resultado satisfactorio por lo que se pasó a la realización de las pruebas de mar en navegación.

5.1.10.2 Pruebas de mar en navegación.

Las pruebas de mar en navegación al igual que las realizadas en puerto siguen un protocolo, en éste caso ya que ambas pruebas fueron realizadas por el técnico de los motores (Cummins), se llevó a cabo el protocolo de Cummins.

Finalmente, las pruebas de mar en navegación tuvieron unos resultados satisfactorios ya que la naviera no reclamó ningún fallo al taller de reparación naval FEROTHER y transmitió los buenos resultados tras pasar con éxito dichas pruebas.

VI. CONCLUSIONES

VI. CONCLUSIONES.

En éste apartado finalizaremos el contenido de éste TFG haciendo mención a las conclusiones que hemos obtenido con la realización del mismo.

- ✓ Hemos determinado el funcionamiento de un equipo para poder identificar una avería en el mismo, poder tomar la opción de determinar la reparación de la misma y dentro de éste concepto de reparación, la remotorización de un equipo, por lo cual podemos elegir dos opciones a la hora de la toma de decisión. La primera opción remotorizar por un número sucesivo de averías en el equipo y se cuantifica el coste de las mismas. Y la segunda por número de horas de funcionamiento del equipo.
- ✓ Una vez tomada la decisión de remotorizar, y no es objeto de éste TFG pero lo apporto en éste apartado, con el equipo retirado en el proceso de remotorizado, tenemos dos opciones, desguace o incluirlo en un programa de intercambio, que consiste en entregar el equipo al fabricante a cambio de una rebaja económica en la compra del nuevo equipo.
- ✓ Hemos identificado las etapas en el proceso de remotorizar que se han agrupado en las etapas pre-durante-post del mismo.
- ✓ Hemos podido detectar que el concepto de remotorizar tiene una doble vertiente el cambio de un equipo por uno nuevo o el cambio de un equipo por uno reconstruido, que tenga las garantías del fabricante y además de un detalle importante, en ambos casos quién da la autorización de su uso a bordo es la administración de bandera del buque-y/o la sociedad de clasificación del buque.
- ✓ Hemos podido aprender y así lo plasmo con las distintas fotos del trabajo de campo las distintas tareas en el proceso de remotorización.

- ✓ Hemos conocido todos los aspectos colaterales a la remotorización, muy importantes, ya que sin éstos el proceso no se puede llevar a cabo: Logística, medidas de seguridad, prevención de riesgos de laborales, procedimientos de sistemas de calidad, intervención de la administración de bandera, sociedad de clasificación, empresa subcontratada, comunicación directa entre el buque y la empresa subcontratada o en el caso de que intervenga un intermediario como es un astillero, donde el buque, marco referencial de éste proyecto, la empresa subcontratada, la administración de bandera o sociedad de clasificación confluyen en éste intermediario y es el que marca las pautas a la hora de realizar la remotorización. Un último aspecto aunque que parece de menor importancia, pero que quiero dejar plasmado en éste TFG es el siguiente, en el caso en el que el buque esté a flote (que es la casuística de éste TFG) son importantes las condiciones meteorológicas como son la ausencia de viento y el estado de la mar de vital importancia a la hora de realizar éste trabajo, teniendo en cuenta que la mejor manera de alinear equipos es con el buque a flote. También quiero incidir en el aspecto coste/tiempo ya que es necesario una coordinación perfecta entre todos los agentes que intervienen en el proceso ya que un mínimo detalle (por ejemplo, olvidarse de una herramienta determinada) se plasma en una carestía en la operación de remotorizado. Ya que el tiempo es dinero.

VII. BIBLIOGRAFÍA

VII. BIBLIOGRAFÍA

- [1] <http://www.opstad.biz/>
- [2] <http://hornonline.com/opstad-shipping-as/>
- [3] <http://www.opstad.biz/?p=2564>
- [4] <http://www.itways.it/web/node/135>
- [5] www.opstad.biz/ ;Short specifications (Ficha especificaciones “Bravo Supporter”)
- [6] www.opstad.biz/; Short specifications (Ficha especificaciones “Bravo Shapphire”);
- [7] <http://maritime-connector.com/ship/bravo-topaz-9421556/print/>
- [8] <https://es.wikipedia.org/wiki/Miri>
- [9] <http://www.asiasealink.com/vessel-building-detail.php?cat=shipbuilding&id=38>
- [10] www.opstad.biz/ ;Short specifications (Ficha especificaciones “Bravo Topaz”)
- [11] www.opstad.biz/; GA; (Planos del barco)
- [12] <http://haig-brown.com/hottips/hotip428.htm>
- [13] Manual de instrucciones reductora Hitachi MGRP1727VC
- [14] http://www.hitachi-nico.jp/en/product/marine/driving_device1/high_speed/index.html
- [15] http://www.masson-marine.com/es/helices-cpp-y-fpp_03.html
- [16] <http://loqueaprendeuna.blogspot.com.es/2013/06/helice-de-paso-variable.html>
- [17] Elaboración propia
- [18] Trabajo de campo
- [19] Manual de diagnostico y reparación Cummins, Motores Series ISM/QSM11
- [20] <http://www.cummins.com.au/wp-content/uploads/2014/02/QSM11-DM-Spec-Sheet.pdf>
- [21] <http://cumminsengines.com/brochure-download.aspx?brochureid=124>

- [22] http://es.made-in-china.com/co_hantonmachinery/product_Original-Us-Cummins-QSM11-Engines-in-Stock-on-Sale_essryryoy.html
- [23] <http://www.maniobradebuques.com/articulosTecnicos/articulo60.html>
- [24] Trabajo fin de carrera Licenciatura en máquinas navales; desmontaje de waterjet en condición de buque a flote. Embarcación rápida.
- [25] <http://www.ceroaverias.com/queesaveria.pdf>
- [26] <http://www.marabierto.eu/equipamiento/articulos-publicados/%C2%BFha-llegado-momento-remotorizar-nuestro-velero-una-pregunta-infini>
- [27] Entrevista con Don Servando Luis León, inspector de Bernhard Schulte.
- [28] <http://www.cumminsspain.com/>
- [29] https://es.wikipedia.org/wiki/Cummins_Inc.
- [30] http://www.cumminsyedekleri.com/wpcontent/uploads/2015/08/CUMMINS_QSK60_BROSUR.pdf
- [31] <http://www.haigbrown.com/hotips/?p=1030>
- [32] https://marine.cummins.com/MarineECM/MarineContent/SiteContent/en/Binary_Asset/attachments/Products/Auxiliary/QSK60_HPI/QSK60_HPI_SS.pdf
- [33] <http://www.haig-brown.com/hottips/hotip534.htm>
- [34] [https://es.bosch-automotive.com/es/internet/parts/parts and accesories/motor and sytems/diesel/common rail injection/common rail diesel motorsys parts.html](https://es.bosch-automotive.com/es/internet/parts/parts%20and%20acesories/motor%20and%20sytems/diesel/common%20rail%20injection/common%20rail%20diesel%20motorsys%20parts.html)
- [35] <http://www.mailxmail.com/curso-motores-combustion-interna/sistema-mecanico-inyeccion-combustible-motores-diesel>
- [36] Manual de operación y mantenimiento Cummins, Motores Series QSK 45/QSK 60
- [37] Lectura equipo de alineación laser, empresa de reparación naval FEROTHER
- [38] <https://es.scribd.com/doc/26150707/El-Taqueado-de-Los-Motores>
- [39] http://www2.sintemar.com/documentacion/hojas_tecnicas_seguridad/chockfast/hojas_tecnicas/692A.pdf