



**Universidad
de La Laguna**

**ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA, MÁQUINAS Y
RADIO ELECTRÓNICA NAVAL.**

**TRABAJO DE FIN DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE GRADO EN TECNOLOGÍA MARINAS.**

**ESTUDIO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO A BORDO DEL
BUQUE BETANCURIA EXPRESS.**

Matías Heber Lima Bordoli.

Septiembre 2019

Dr^a. D^a. María del Cristo Adrián de Ganzo, Profesora ayudante de doctor la UD de Ingeniería Marítima del Departamento de Ingeniería Agraria, Náutica, Civil y Marítima de la Universidad de La Laguna, certifica que:

D^o Matías Heber Lima Bordoli, alumno que ha superado las asignaturas de los cuatro primeros cursos del grado de Tecnologías Marinas, ha realizado bajo mi dirección el Trabajo de Fin de Grado nominado:

“ESTUDIO DEL PLAN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO A BORDO DEL BUQUE BETANCURIA EXPRESS.” Para la obtención de Título de Graduado en Tecnologías Marinas por la universidad de La Laguna.

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

Para que conste y sufra efectos oportunos, expido y firmo el presente certificado en Santa Cruz de Tenerife a 24 de septiembre de 2019.



M^o DEL CRISTO ADRIÁN DE GANZO

Fdo. María Del Cristo Adrián De Ganzo.

DIRECTORA DEL TFG

ÍNDICE

Tabla de contenido

Contenido

ÍNDICE.....	4
I. INTRODUCCIÓN.....	1
INTRODUCCIÓN.....	3
II. OBJETIVOS.....	7
OBJETIVOS.....	9
Objetivos generales.....	9
Objetivos específicos.....	9
REVISIÓN Y ANTECEDENTES.....	12
3.1 Definición del mantenimiento y la necesidad de normalización.....	12
IV. METODOLOGÍA.....	15
MATERIAL:.....	17
4.1 Descripción general del buque.....	17
4.2 ESPACIOS VACÍOS.....	18
4.2.1 Void 1.....	18
4.2.2 Void 2.....	19
4.2.3 Void 3.....	19
4.3 SALA DE MÁQUINAS.....	20
4.3.1 Sala de jets.....	20
4.3.2 Sala MMPP.....	21
4.3.3 Sala taller.....	22
4.3.4 Sala MMAA.....	23
4.4 SISTEMAS.....	24
4.4.1 Definición de sistemas.....	24
4.4.2 Sistema hidráulico.....	24
4.4.3 Sistema de combustible.....	26
4.4.4 Sistema de refrigeración.....	29
4.4.5 Sistema de aire comprimido.....	32
METODOLOGÍA.....	33
V. RESULTADOS.....	37
5.1 Mantenimientos.....	37
5.1.1 Tipos de mantenimientos.....	37
5.2 INVENTARIO.....	114
5.2.1 Funciones de un maquinista en el uso del programa de mantenimiento AMOS.(Mantenimiento preventivo).....	114
5.2.2 Funciones del maquinista en el uso del pañol de aceite.(Mantenimiento Preventivo).....	121
5.2.3 Funciones del maquinista en el caso de una avería.(Mantenimiento Correctivo).....	123
VI. CONCLUSIONES.....	142
VII. BIBLIOGRAFÍA.....	145

Tabla de ilustraciones

Ilustración 3: Cambio de biela.....	18
Ilustración 4: Cojinete de bancada N° 7.....	19
Ilustración 5: Tapilla inferior cojinete de bancada	20
Ilustración 6: Desmontaje.....	21
Ilustración 7: Desmontaje.....	21
Ilustración 8: Desmontaje.....	22
Ilustración 9: Cojinete superior de bancada N° 7.....	22
Ilustración 10: Tapilla inferior cojinete de biela N°6 lado B.....	23
Ilustración 11: Limpieza del cigüeñal.....	24
Ilustración 12: Limpieza del cigüeñal.....	24
Ilustración 13: Limpieza del cigüeñal.....	25
Ilustración 14: Cojinete de bancada.....	25
Ilustración 15: Prueba de contacto con azul de prusia.....	26
Ilustración 16: Prueba de contacto con hilo de plomo.....	27
Ilustración 17: Prueba de contacto con hilo de plomo.....	27
Ilustración 18: Desmontaje de la turbo.....	28
Ilustración 19: Desmontaje de la turbo.....	29
Ilustración 20: Prueba de estanqueidad cámara de agua.....	29
Ilustración 21: Montaje expansión de escape de la turbo.....	30
Ilustración 22: Montaje de la turbo.....	30
Ilustración 23: Limpieza del cárter.....	31
Ilustración 24: Rectificado manual.....	32
Ilustración 25: Toma de flexiones del cigüeñal.....	33
Ilustración 26: Rodaje.....	33
Ilustración 27: Buque Betancuria Express.....	71
Ilustración 28: Hélice de proa.....	72
Ilustración 29: Plano del casco.....	73
Ilustración 30: Motor principal MAN 20V 28/33D.....	75
Ilustración 31: Sala taller.....	77
Ilustración 32: Motor auxiliar VOLVO PENTA D16C-A MG.....	78
Ilustración 33: PTOS reductoras.....	79
Ilustración 34: Smartpac.....	80
Ilustración 35: Trasiego de combustible.....	81
Ilustración 36: Trasiego de combustible.....	82
Ilustración 37: Bunker.....	83
Ilustración 38: Circuito de refrigeración. Vaciado- llenado.....	84
Ilustración 39: Tanques de evacuación.....	85
Ilustración 40: Plano de válvulas.....	86
Ilustración 41: Sala de compresores.....	87
Ilustración 42: Desmontaje de culata.....	111
Ilustración 43: Desmontaje de culata.....	112
Ilustración 44: Herramientas - Información básica.....	113
Ilustración 45: Trabajos de mantenimiento.....	114
Ilustración 46: Trabajos de mantenimiento.....	115
Ilustración 47: Toma de horas.....	116

Ilustración 48: Nuevo repuesto.....	117
Ilustración 49: Nuevo repuesto.....	118
Ilustración 50: Pañol N° 1.....	118
Ilustración 51: Pañol N°1.....	119
Ilustración 52: Pañol N° 2.....	120
Ilustración 53: Pañol 2.....	120
Ilustración 54: Pañol N°2.....	121
Ilustración 55: Pañol de aceites	121
Ilustración 56: Pedidos	122

I. INTRODUCCIÓN

**ESTUDIO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO A BORDO DEL BUQUE
BETANCURIA EXPRESS.**

INTRODUCCIÓN

Este trabajo de final de grado es creado a partir de mi experiencia a bordo del buque - catamarán Betancuria Express realizando las rutas de navegación entre Las palmas de G.C, Fuerteventura y Lanzarote.

Se trata de un buque construido en el astillero Austal (Fremantle, Australia) para la compañía danesa Færger A/S en el año 2011y que entró en servicio para la compañía Fred Olsen en Octubre de 2019.

Este trabajo de Fin de Grado consta de siete capítulos, los cuales se pueden dividir en cuatro apartados generales:

- La primera parte trata sobre la necesidad de la normalización del mantenimiento.
- La segunda parte realiza la descripción del buque, sus distintos equipos y sistemas.
- La tercera parte describe los diferentes tipos de mantenimientos su aplicación y planificación a través del programa de mantenimiento.
- La cuarta parte expone una avería sufrida a bordo, el análisis de las actuaciones previas que pudieran haber tenido influencia en esta, así como el posterior desarrollo de la reparación y las medidas correctivas adoptadas.

El contenido del trabajo está basado en los manuales de los equipos, los informes de la reparación así como mi experiencia a bordo como alumno, habiendo sido el responsable de documentar y redactar el informe diario de los trabajos durante la reparación de la avería.

**ESTUDIO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO DEL BUQUE
BETANCURIA EXPRESS**

ABSTRACT

This Bachelor's Degree thesis is built on my experience on board of the ship-catamaran Betancuria Express while it covered the route between Las palmas de G.C, Fuerteventura and Lanzarote.

This ship was built in the Austal shipyard, located in Fremantle, Australia, for the Danish shipping company Faerger A/S in 2011 and it was purchased by the shipping company Fred Olsen in 2019.

This thesis is organised in 7 chapters that can be divided in 4 general sections:

- The first part talks about the need for the maintenance normalization.
- The second part makes a description of the ship and its equipment and systems.
- The third part describes the different types of maintenance as well as the application and planning of each type through the maintenance program.
- The fourth part explains a breakdown that took place on board, the analysis of the previous acts that could have had an influence on the failure and the development of the subsequent reparation and the corrective measures adopted.

The content of the thesis is based on the equipment manuals and the reparation reports as well as my experience on board the ship working as a cadet and having the responsibility of the documentation and redaction of the daily report of the corrective actions during the breakdown repair.

**ESTUDIO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO DEL BUQUE
BETANCURIA EXPRESS**

II. OBJETIVOS

II. OBJETIVOS

**ESTUDIO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO A BORDO DEL BUQUE
BETANCURIA EXPRESS.**

OBJETIVOS

Objetivos generales

- El estudio de los mantenimientos llevado a cabo a bordo del buque Betancuria Express.

Objetivos específicos

- Conocer los tipos de mantenimiento a realizar y su aplicación.
- La utilidad de contar con un programa de mantenimiento.
- Funciones que debe realizar un Maquinista en el caso de una avería, utilizando el programa de mantenimiento a bordo.

III. REVISIÓN Y ANTECEDENTES

III. REVISIÓN Y ANTECEDENTES

REVISIÓN Y ANTECEDENTES

3.1 Definición del mantenimiento y la necesidad de normalización

Se puede definir «mantenimiento» como la combinación de todas las acciones técnicas (determinación de motivos) y acciones asociadas (reparaciones) mediante las cuales un equipo o sistema se conserva o repara para que pueda realizar sus funciones específicas. La característica principal de este tipo de Mantenimiento es la de inspeccionar los equipos y detectar los fallos en su fase inicial, y corregirlas en el momento oportuno. {2}

Tras varios accidentes marítimos (Titanic, Herald of Free Enterprise, Exxon Valdez, Erika, Torrey Canion) y la preocupación de los errores humanos que se estaban cometiendo en la gestión de los buques, la OMI a través de la resolución del 4 de noviembre de 1993 aprobó el código IGS, haciéndolo obligatorio el 1 de julio de 2002. Con el fin de proporcionar una norma internacional sobre la gestión para la seguridad operacional del buque y la prevención de la contaminación. {7}

La aprobación del código IGS fue una consecuencia de varios estudios realizados, los cuales demostraron que alrededor del 80% de los accidentes marítimos eran causados por errores humanos, y que a menudo estaban asociados a problemas en la gestión de las empresas navieras. {7}

El apartado nueve de la parte A del código, hace referencia al mantenimiento del buque y el equipo. {7}

La compañía adoptará procedimientos para garantizar que el mantenimiento del buque se efectúa de acuerdo con los reglamentos correspondientes, asegurando inspecciones periódicas, adoptando medidas correctivas, conservando los expedientes de dichas actividades y adoptando procedimientos para averiguar cuáles son los elementos del equipo y de los sistemas técnicos que puedan crear situaciones peligrosas. {7}

III. REVISIÓN Y ANTECEDENTES

La normalización es un requerimiento importante por los siguientes motivos:

- Necesidad de una unificación de conceptos y terminología para una formación y comunicación entre profesionales del sector.
- La internacionalización del mantenimiento exige unas bases comunes entre países para el rápido y fácil entendimiento.
- La necesidad de una garantía de calidad en las operaciones de mantenimiento, a veces, de una alta responsabilidad. {2}

**ESTUDIO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO A BORDO DEL BUQUE
BETANCURIA EXPRESS.**

IV. METODOLOGÍA

**ESTUDIO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO A BORDO DEL BUQUE
BETANCURIA EXPRESS.**

IV. MATERIAL Y METODOLOGÍA

MATERIAL:

4.1 Descripción general del buque.

El buque Betancuria Express, es un buque- catamarán en categoría de fast ferry.

Este buque, tiene una capacidad para 1598 pasajeros, 357 coches alternativamente, 21 coches más 450m de carga lineales de carga.

Puede desplazarse a una velocidad de 38 nudos (70km/h aproximadamente). {2}

En cuanto a su construcción, posee las siguientes características:

ESLORA	115m
MANGA	26.2m
CALADO	3.9m
Nº IMO	9557848
SOCIEDAD DE CLASIFICACIÓN	DNV GL

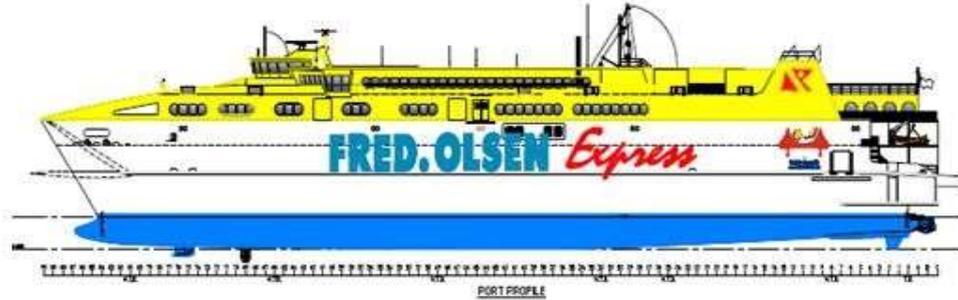
Y, en cuanto a su propulsión:

POTENCIA TOTAL INSTALADA	36.400kW / 49.140 CV
MOTORES PROPULSORES	4xMAN B&W 20v 28/33D 9.1 MW
PROPULSORES WATERJETS	4x KAMEWA 125 SIINP

Fuente: <https://www.fredolsen.es> [2]

ESTUDIO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO A BORDO DEL BUQUE BETANCURIA EXPRESS.

Ilustración 27: Buque Betancuria Express



Fuente: “<https://santacruzmiuerto.com>” [1],[5]

4.2 ESPACIOS VACÍOS

4.2.1 Void 1.

En los void 1, tanto de babor como de estribor, situados en proa, encontramos: T- foild (estabilizadores de proa) y las hélices de proa.

Las hélices de proa suben y bajan mediante dos sinfines actuadores por un motor eléctrico, que, a su vez, dispone de un freno eléctrico. Una vez abajo, gira mediante otro motor eléctrico acoplado en su parte posterior.

En caso de que el motor de subida y bajada de las hélices falle, se puede realizar la maniobra de izado y arriado de la hélice en manual mediante un acople en el motor eléctrico previo desmontaje del freno. {6}

IV. MATERIAL Y METODOLOGÍA

Ilustración 28: Hélice de proa



Fuente: Trabajo de campo'

4.2.2 Void 2.

En el tecele superior, encontramos: tanque de proa de aguas grises y negras. Bomba de trasiego del tanque de long-range a tanque de almacén de G.O de estribor. Este tanque, fue construido en el astillero de Suecia, debido a la cantidad necesaria de combustible Para la navegación de cuatro días Suecia- Tenerife.

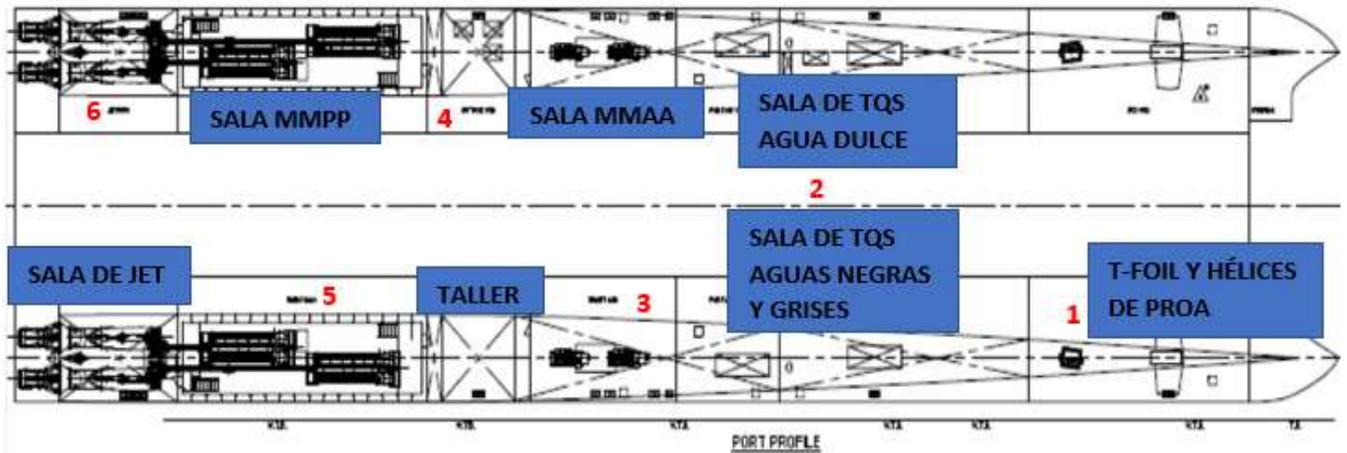
4.2.3 Void 3.

En el void 3 de estribor, en el tecele superior, encontramos el tanque de aguas grises y negras de popa, tres bombas de vacío con cuatro líneas de tuberías de aspiración de las bombas en función de las diferentes zonas del buque. Válvula de descarga al mar de los dos tanques de aguas grises y negras actuadas desde el garaje de manera manual.

Por otro lado, en el void 3 de babor, en el tecele inferior, encontramos dos bombas de refrigeración de los motores auxiliares que entran en automático en función de la demanda de carga. Aquí se encuentra también el fondo de la toma de mar. Bombas drancher y bombas contra incendio.

ESTUDIO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO A BORDO DEL BUQUE BETANCURIA EXPRESS.

Ilustración 29: Plano del casco



Fuente: "Plano del buque. General Arrangement" [4]

4.3 SALA DE MÁQUINAS.

4.3.1 Sala de jets

La sala de jets de estribor, tiene lo mismo que en babor, pero sin el tanque de agua de las duchas ni el smartpac. El smartpac de proa, se encuentra en el void 2 de babor.

-**Tecla superior. Smartpac de popa.** Enfriadores de placas de reductoras, smartpac y unidades hidráulicas de los WJ de estribor. Tanque de aguas grises intermedio (solo aguas grises de habitación). Tanques de aceite hidráulico. Cuadro smartpac. Cuadros kamewa. Unidades hidráulicas waterjets e Interceptors.

-**Tecla inferior.** Reductoras. T-Max. Bomba de llenado de aceite de reductoras. Bomba trailing reductoras (recircula el aceite hidráulico para lubricar engranajes, etc). Bomba de refrigeración A/D Smartpac de proa. Tanque de agua dulce de proa.

IV. MATERIAL Y METODOLOGÍA

4.3.2 Sala MMPP

Sala de máquinas MMPP babor: Aquí, encontramos los motores principales 2 (PIME) y 4 (POME) con todos sus respectivos sistemas (bomba prelubre, calentadores de agua, etc). Bombas de achique, y tanque Leak Off (pérdidas de combustible), piano de válvulas y bomba para vaciado/llenado de agua de los motores principales, tanque de mezcla de 1.000 L de agua de los motores principales. Bomba de agua salada de refrigeración de los enfriadores de sala de jets de Br, bomba Drancher, fondo de agua salada.

Sala de máquinas MMPP estribor: Aquí, encontramos los motores principales 1 (SIME) y 3 (SOME) con todos sus respectivos sistemas (bomba prelubre, calentadores de agua, etc). Bomba de achique y tanque de leak off (pérdidas de combustible). Piano de válvulas y bomba para vaciado/ llenado de agua de MMPP. Tanque de mezcla de 1.000L de agua de MMPP. Bomba de agua salada de refrigeración del enfriador de la sala de jet de estribor. Bomba drenche.

Ilustración 30: Motor principal MAN 20V 28/33D



Fuente: Trabajo de campo

ESTUDIO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO A BORDO DEL BUQUE BETANCURIA EXPRESS.

4.3.3 Sala taller

Taller Er: Situado en el tecele superior, aquí se encuentra el tanque de diario del G.O que alimenta a los motores principales uno (SIME) y tres (SOME) y los motores auxiliares uno y tres. Válvulas de cierre rápido de G.O, uno para cada motor principal y una en común para los dos motores auxiliares. Bomba de achique a tanque de lodos mediante línea waste oil de la zona de limpieza del taller. Reguladora y válvulas de aire a siete bar. Variador del ventilador de la sala de máquina de los motores auxiliares.

Tecele Inferior: Aquí encontramos, compresor de aire, botella principal de aire a cuarenta bar, purgas y decantadores de agua del sistema de aire con su propio tanque de llenado que dispone de una línea de tubería que va a la poceta de la sentina. Bomba supply de G.O de tanque de almacén a tanque de diario con filtros primarios, bomba de trasiego de G.O y tanque de almacén de G.O.

Taller Br: Situado en el tecele superior, aquí se encuentra la fresadora, la electro esmeriladora, el tanque de diario del G.O que alimenta a los motores principales 2 (PIME) y 4 (POME) y los motores auxiliares 2 y 4. Válvulas de cierre rápido de G.O, uno para cada motor principal y una en común para los dos motores auxiliares. Bomba de achique a tanque de lodos mediante línea waste oil de la zona de limpieza del taller. Reguladora y válvulas de aire a siete bar. Variador del ventilador de la sala de máquina de los motores auxiliares. - Tecele Inferior: Aquí encontramos, compresor de aire, botella principal de aire a cuarenta bar, purgas y decantadores de agua del sistema de aire con su propio tanque de llenado que dispone de una línea de tubería que va a la poceta de la sentina. Bomba supply de G.O de tanque de almacén a tanque de diario con filtros primarios, bomba de trasiego de G.O, tanque de almacén de G.O, bomba de emergencia de llenado de aire a botella manual, tanques de vaciado de los motores principales, tanque de lodos, tanque de sentina, bomba neumática de achique de los tanques de lodos y/o sentinas a estación bunker, tanque de almacén de aceite con su propia bomba.

IV. MATERIAL Y METODOLOGÍA

Ilustración 31: Sala taller



Fuente: Trabajo de campo

4.3.4 Sala MMAA

Sala de máquinas auxiliares estribor (void 4). De proa a popa y separadas por puertas estancas encontramos: - Sala de máquinas de auxiliares: Aquí se encuentran los motores auxiliares uno y tres, tanques de expansión del circuito cerrado de refrigeración de los motores uno y tres, enfriadores de placas de agua dulce de los motores auxiliares uno y tres, válvulas de descarga al mar de agua de refrigeración, cuadros de los motores auxiliares, botella de aire de emergencia, el bus tie (conexión del lado de estribor con el lado de babor), pantalla de Marine Link con las mismas funciones que la del control de máquinas en el puente.

Sala de máquinas auxiliares babor (void 4): Aquí se encuentran los motores auxiliares dos y cuatro, tanques de expansión del circuito cerrado de refrigeración de los mismos, enfriadores de placas de agua dulce, válvulas de descarga al mar de agua de refrigeración, cuadros eléctricos de los motores auxiliares 2 y 4, botella de aire de emergencia, el bus tie (conexión del lado de estribor con el lado de babor), pantalla de Marine Link con las mismas funciones que la del control de máquinas en el puente.

ESTUDIO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO A BORDO DEL BUQUE BETANCURIA EXPRESS.

Ilustración 32: Motor auxiliar VOLVO PENTA D16C-A MG



Fuente: Trabajo de campo

4.4 SISTEMAS.

4.4.1 Definición de sistemas

Se entiende como sistemas al conjunto de cosas, que relacionadas entre sí ordenadamente contribuyen a un determinado objeto. [5]

4.4.2 Sistema hidráulico

Los Waterjets cuando los motores están en marcha disponen de 2 bombas PTO acopladas a cada reductora, una para steering y otra para bucket. En caso de no estar en marcha los MM.PP disponen de una bomba eléctrica para mover tanto el steering como el bucket.

IV. MATERIAL Y METODOLOGÍA

Ilustración 33: PTOS reductoras



Fuente: Trabajo de campo

Cuando se realiza la operación en manual se debe pulsar el botón de operación en manual ya que sino los Waterjets retornarán a la posición que demanden los mandos del puente.

El Smartpac de popa alimenta a las maquinillas de popa, Interceptors, T-max y rampa central. El Smartpac de Proa alimenta a los T-foils, mezzaninas laterales, maquinillas de proa y rampa de proa.

Ilustración 34: Smartpac



Fuente: Trabajo de campo

ESTUDIO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO A BORDO DEL BUQUE BETANCURIA EXPRESS.

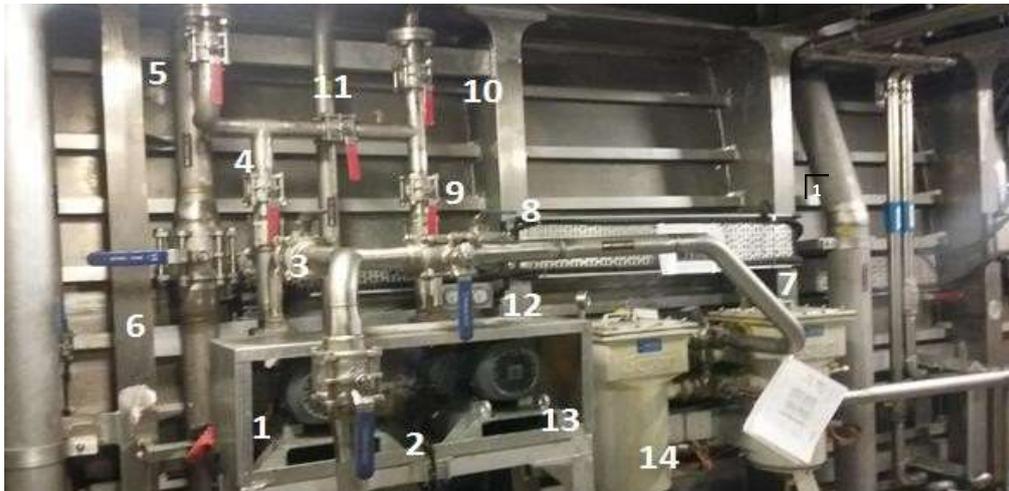
4.4.3 Sistema de combustible

Se dispone de 2 tanques de Almacén y 2 tanques diarios de G.O. Tanto los MM.PP como los MM.AA aspiran del tanque diario previas válvulas neumáticas de cierre rápido de G.O que se pueden activar desde los anteroom (lugar donde están las MES) o en cualquier parada de emergencia de las que dispone el buque.

La bomba supply de G.O aspira del almacén y descarga al diario y arranca de manera automática cuando los MM.PP están en marcha. En caso de tener los MM.PP parados y los MM.AA en marcha habrá que realizar el trasiego arrancando la bomba desde el Marinelink en el puente o en las salas de máquinas de los MM.AA o desde la estación Bunker (éste último es un repetidor del puente así que la pantalla variará en función de lo que se haga desde el puente, las de la sala de máquinas de MM.AA son independientes).

4.4.3.1 Trasiego de Combustible

Ilustración 35: Trasiego de combustible



Fuente: Trabajo de campo

1. Bomba de trasiego de G.O
2. Válvula aspiración tanque Almacén G.O
3. Válvula aspiración bomba de trasiego de G.O
4. Válvula descarga bomba de trasiego de G.O

IV. MATERIAL Y METODOLOGÍA

5. Válvula a línea Bunker
6. Válvula de descarga a tanque de almacén de la línea Bunker
7. Línea aspiración bomba supply G.O
8. Válvula aspiración bomba Supply G.O
9. Válvula de descarga de la bomba supply
10. Válvula descarga a tanque diario de G.O
11. Válvula by-pass descarga bombas supply y transfer
12. Válvula by-pass aspiración bombas supply y transfer
13. Bomba supply G.O
14. Filtros primarios de combustible

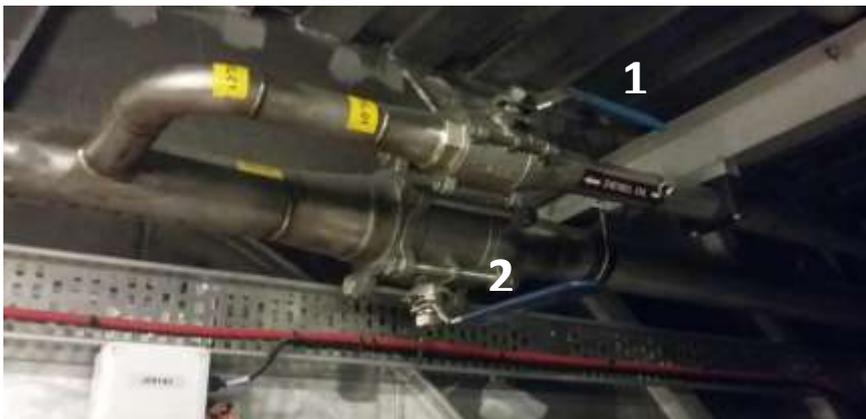
En condiciones normales la bomba supply 13 aspira del tanque y pasa por los primarios 14 y llena el tanque diario de G.O (Válvulas 8,9 y 10 abiertas y válvulas 11 y 12 cerradas).

Mediante la válvula 12 la bomba de trasiego puede aspirar de la misma línea que la bomba supply y viceversa.

Mediante la válvula 11 la bomba supply puede realizar trasiego al tanque de la otra banda y la bomba transfer puede ejercer de bomba supply llenando el diario de G.O.

4.4.3.2 Trásiego de Br a Er y viceversa

Ilustración 36: Trásiego de combustible



ESTUDIO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO A BORDO DEL BUQUE BETANCURIA EXPRESS.

Fuente: Trabajo de campo

En condición normal y mediante la bomba transfer se puede realizar el trasiego de una banda a otra. Las válvulas deben estar en la siguiente posición:

Válvulas 2, 3, 4, 5 de la primera imagen abiertas y válvula 1 de la segunda imagen abierta.

Válvulas 12, 11 y 6 de la imagen superior cerradas y válvula 2 de la segunda imagen cerrada.

En la otra banda (la imagen es de Er) deberá estar cerrada la válvula 5 de la primera imagen y la válvula 2 de la segunda imagen. Por el contrario la válvula 6 de la primera imagen y la válvula 1 de la segunda imagen deberán estar abiertas.

La bomba transfer aspira de su propia línea y descarga G.O a la línea Bunker, la cual tiene un ramal que comunica Br y Er y finalmente llena el tanque de la otra banda por la misma línea Bunker.

Ilustración 37: Bunker



Fuente: Trabajo de campo

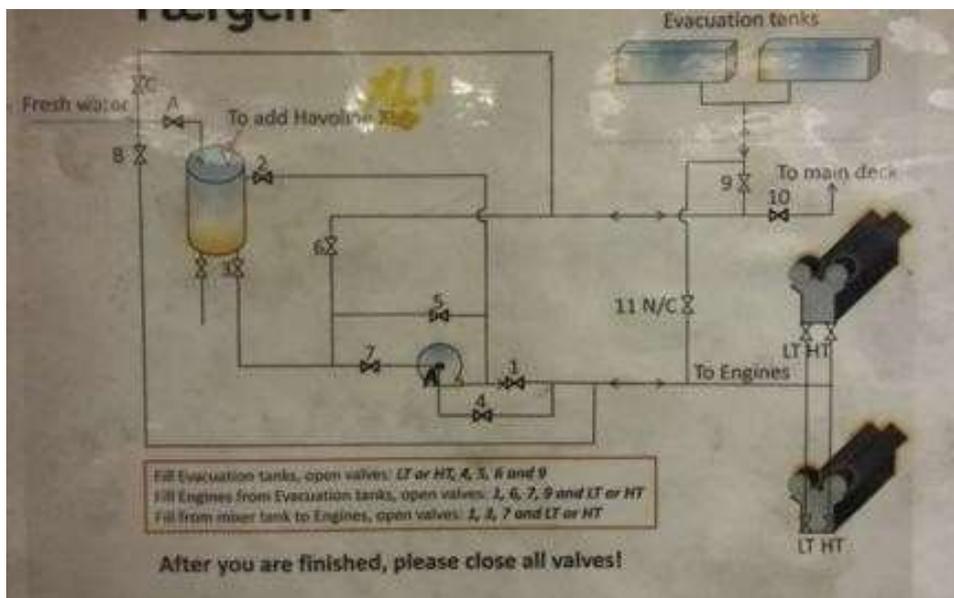
IV. MATERIAL Y METODOLOGÍA

4.4.4 Sistema de refrigeración

El buque dispone de un sistema cerrado de agua tratada de refrigeración para MM.PP, MM.AA, Reductoras y Unidades Hidráulicas con lo que a dichos elementos no les entra agua salada por ninguna línea. Los enfriadores de placas son los encargados de refrigerar el agua tratada de los diferentes elementos con agua de mar.

Todos los enfriadores disponen de líneas para realizar contraflujo y así limpiar los mismos y aumentar su rendimiento de transferencia de calor.

Ilustración 38: Circuito de refrigeración. Vaciado- llenado



Fuente: Trabajo de campo

Para el llenado/vaciado de agua de los MM.PP disponemos del circuito de la imagen superior que dispone de una bomba y diferentes maneras de llenar y vaciar el motor.

Para todas las operaciones disponemos de un piano de válvulas en cada sala de máquinas con las válvulas A, B, C, 1, 2, 3, 4, 5, 6, y 7 perfectamente marcadas en el teclero superior de la máquina encima del tanque de llenado y la bomba.

ESTUDIO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO A BORDO DEL BUQUE BETANCURIA EXPRESS.

Las válvulas LT (baja temperatura) y HT (alta temperatura) se encuentran en el frente de cada motor también marcadas. Aclarar que cada motor tiene un tanque de expansión (ubicado en el guarda calor) con un mamparo intermedia que separa agua de alta y de baja (tiene líneas diferentes).

Para las operaciones de vaciado y mediante la opción 1 en negrita de la imagen mandamos el agua de cada motor a su tanque de evacuación (ubicado en el tecele inferior del taller de cada banda). También se puede enviar a pipotas mediante línea a garaje con la válvula 10 abierta y la 9 cerrada.

Para el llenado mediante los tanques de evacuación se procede con la opción 2 en negrita de la imagen. En caso de querer llenar mediante pipotas se puede utilizar la línea del garaje mediante las válvulas 10, 6, 7 y 1 abiertas y las de alta y baja HT, LT del motor que se quiera llenar.

Ilustración 39: Tanques de evacuación



Fuente: Trabajo de campo

También se puede llenar el motor mediante el tanque de mezcla ubicado en el tecele inferior de cada máquina mediante la opción 3 en negrita de la imagen.

IV. MATERIAL Y METODOLOGÍA

Ilustración 40: Piano de válvulas



Fuente: Trabajo de campo

Para llenar el tanque de mezcla se puede realizar mediante la válvula A (A/Sanitaria) y dosar química a razón de 10% química 90% agua directamente en el tanque o preparar pipotas mezcladas y llenar el tanque de mezcla con la propia bomba de la máquina con las válvulas 10, 6, 7 y 2 abiertas y 9, 5, 4 y 1 cerradas.

En cuanto a los motores auxiliares, cada dos MM.AA existe un tanque de expansión en el tecele superior de la sala de MM.AA que se refrigera mediante A/S en el enfriador ubicado en la misma sala. Por otro lado cada MM.AA dispone de su propio tanque de agua ubicado en el propio motor.

Cada banda dispone de 2 bombas de agua salada que aspiran de los fondos de los Voids 2 y en caso de fallo de las bombas se pueden refrigerar mediante línea de bomba contra incendios.

ESTUDIO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO A BORDO DEL BUQUE BETANCURIA EXPRESS.

4.4.5 Sistema de aire comprimido.

Ilustración 41: Sala de compresores



Fuente: Trabajo de campo

Cada banda dispone de un compresor y dos botellas de aire, una de las cuales de emergencia (sala de máquinas de MM.AA). Cada compresor tiene un secador de aire y varios filtros separadores de agua con su propio tanque de purga que se achica mediante la bomba de achique del tecele inferior del taller (donde están ubicadas la botella principal 40 bar y el compresor). En el tecele superior se encuentra la reductora de aire a 7 bar para servicios varios.

Los MM.PP disponen de una reductora de aire de 40 a 30 bar con la que arranca el motor, mediante un único motor de arranque. Del mismo aire sale un ramal al virador neumático de los MM.PP (Cada 12 horas se debe virar el motor si éste no ha estado en marcha).

Si el motor tiene alarma de que necesita virar no te deja arrancar y debes realizar el virado y resetear la alarma en el Interface de cada MM.PP.

IV. MATERIAL Y METODOLOGÍA

METODOLOGÍA

El método llevado a cabo para la realización de este trabajo de fin de grado, ha sido el estudio de manuales junto con el adiestramiento del programa de mantenimiento.

El procedimiento para la realización de éste trabajo, basado en la búsqueda de información e investigación, obteniendo así los conocimientos necesarios que, junto a la experiencia personal, ha servido para reforzar los conocimientos adquiridos a lo largo del periodo académico.

**ESTUDIO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO A BORDO DEL BUQUE
BETANCURIA EXPRESS.**

V. RESULTADOS

**ESTUDIO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO A BORDO DEL BUQUE
BETANCURIA EXPRESS.**

RESULTADOS

5.1 Mantenimientos

5.1.1 Tipos de mantenimientos.

Dentro de los mantenimientos llevados a cabo a bordo del buque, podemos distinguir dos tipos principales:

Mantenimiento preventivo: Es el mantenimiento que tiene por misión mantener un nivel de servicio determinado en los equipos, programando las intervenciones de sus puntos vulnerables en el momento más oportuno. Este tipo de mantenimientos viene dado por el fabricante, el cual incorpora en el manual tablas de mantenimiento para los diferentes equipos, en los que especifica la tarea a realizar, los elementos necesarios, el personal mínimo para la realización del mantenimiento, así como el tiempo estipulado.

Mantenimiento correctivo: Es el conjunto de tareas destinadas a corregir los defectos que se van presentando en los distintos equipos y que son comunicados al departamento de mantenimiento por los usuarios de estos.

Según el manual de los motores principales MAN V28/33D, las tareas de mantenimiento se agrupan según los sistemas / grupos de funciones en el programa de mantenimiento. {3}

**ESTUDIO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO A BORDO DEL BUQUE
BETANCURIA EXPRESS.**

V. RESULTADOS

5.1.1.1 Mantenimientos preventivos del motor principal MAN 20V 28/33D.

Estas tablas, han sido simplificadas con el fin de obtener una visión más clara y directa sobre las partes del motor y los tipos de mantenimiento a realizar.

Para complementar estas tareas de mantenimiento, debemos recurrir a la parte del manual de las instrucciones de trabajo.

Las instrucciones de trabajo, están estrechamente relacionadas con el programa de mantenimiento del motor. Esto solo especifica el trabajo de mantenimiento necesario en términos de palabras clave, las secuencias de trabajo requeridas para mantener la seguridad operacional y la eficiencia del motor que se describen paso a paso y se aclaran con la ayuda de imágenes.

Las tarjetas de trabajo describen, a modo de introducción, el propósito del trabajo y, entre otras cosas, contienen información sobre las herramientas necesarias y el equipo auxiliar. Se deben tener en cuenta varias tarjetas de trabajo para la mayor parte del trabajo involucrado. Las tarjetas de trabajo tienen un propósito específico, es decir, satisfacen las necesidades de información principales en un lenguaje sencillo. Las tarjetas de trabajo se clasifican por temas / palabras clave en la primera parte y de acuerdo con el sistema de subconjuntos del motor en la segunda parte. Ambas partes contienen una tabla de contenido de las tarjetas de trabajo relevantes para su motor.

**ESTUDIO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO A BORDO DEL BUQUE
BETANCURIA EXPRESS.**

TABLA N° 1

<u>SISTEMA</u>	<u>DESCRIPCIÓN</u>	<u>APLICACIÓN A BORDO</u>
SISTEMA DE COMBUSTIBLE	Inspección visual de los componentes del sistema de combustible para detectar fugas.	Inspección de realización diaria. Comprobar la cabeza de motores, los alrededores de la bomba acoplada de combustible y la entrada y salida de los filtros policía.
	Limpiar el filtro de combustible y cambiarlo si es necesario.	Cambio como parte de un mantenimiento preventivo. A realizar cuando los filtros policía marquen alta presión diferencial. Cambiar al que no está en servicio y sustituir el filtro sucio.

Fuente: Manual motor principal MAN 20V 28/33D, operating instruction {4}

TABLA N° 2

<u>SISTEMA</u>	<u>DESCRIPCIÓN</u>	<u>APLICACIÓN A BORDO</u>
<p>SISTEMA DE LUBRICACIÓN</p>	<p>Inspección visual de los componentes del sistema de lubricación para detectar fugas.</p>	<p>Inspección de realización diaria, comprobar la cabeza de motores, los alrededores de la bomba acoplada de aceite y la entrada y salida del enfriador de aceite.</p>
	<p>Enviar el aceite a analizar por el laboratorio oportuno.</p>	<p>Tarea a realizar mensualmente. Tiene como objetivo encontrar contenido de metales pesados, agua u otras sustancias no deseadas para evaluar desgaste de equipos, etc.</p>

Fuente: Manual motor principal MAN 20V 28/33D, operating instruction {4}

**ESTUDIO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO A BORDO DEL BUQUE
BETANCURIA EXPRESS.**

TABLA N° 3

<u>SISTEMA</u>	<u>DESCRIPCIÓN</u>	<u>APLICACIÓN A BORDO</u>
SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	Inspección visual de los componentes del sistema de refrigeración para detectar fugas.	Inspección de realización diaria, comprobar la cabeza de motores, los alrededores de la bomba acoplada de agua salada y las de agua dulce. Especial atención a los carretes a la entrada y salida de los enfriadores.
	Comprobar el nivel del tanque de compensación.	Tarea a realizar diariamente. Comprobación del nivel del tanque de compensación y dosado de química si lo requiere.
	Analizar la cantidad de inhibidor presente en el agua del motor.	Tarea a realizar cada dos semanas. Análisis con el refractómetro. Se analiza el agua de los dos circuitos LT, HT.
	Limpieza del intercambiador de calor	Limpieza a realizar según necesidad o según requerimiento del programa de mantenimiento.

Fuente: Manual motor principal MAN 20V 28/33D, operating instruction {4}

V. RESULTADOS

TABLA N° 4

<u>SISTEMA</u>	<u>DESCRIPCIÓN</u>	<u>APLICACIÓN A BORDO</u>
SISTEMA DE LOS GASES DE ESCAPE	Desmontar el sistema de gases de escape del motor, revisar las expansiones y reemplazar todas las juntas.	Mantenimiento a realizar por el motorista. A las 16.000 h de funcionamiento.
SISTEMA DE MEDICIÓN, REGULACIÓN Y CONTROL	Desmontar las válvulas de control en los sistemas de 10 y 30 bar, reemplazar las piezas de desgaste.	Mantenimiento a realizar por el motorista. A las 16.000 h de funcionamiento.

Fuente: Manual motor principal MAN 20V 28/33D, operating instruction {4}

**ESTUDIO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO A BORDO DEL BUQUE
BETANCURIA EXPRESS.**

TABLA N° 5

<u>MANTENIMIENTO</u>	<u>DESCRIPCIÓN</u>	<u>APLICACIÓN A BORDO</u>
Uniones desmontables	Reapretar las uniones desmontables de los diferentes componentes del motor.	Tarea a realiza semanalmente o según sea necesario. Reapriete cumpliendo con las especificaciones del fabricante.
Cojinetes del cigüeñal	Desmontar la tapa del cojinete e inspeccionar la tapilla inferior.	Inspección a realizar por el motorista. Después de las 8.000 h o cada dos años de servicio.
	Cambiar todas las carcasas de los cojinetes y revisar las guitarras del cigüeñal.	Mantenimiento a realizar por el motorista. Después de las 16.000 h de servicio.
Biela	Comprobar la superficie del cojinete de la cabeza de biela y del bulón.	Inspección a realizar por el motorista. Después de las 8.000 h o cada dos años de servicio. Mantenimiento a realizar simultáneamente junto con la inspección de cojinete del cigüeñal.
Culatas	Retirar, limpiar y comprobar una culata por banco de cilindros.	Mantenimiento a realizar por el motorista. Después de las 8.000 h o cada dos años de servicio.

V. RESULTADOS

Árbol de levas	Comprobación visual del árbol de levas.	Comprobación mensual o cada 1.000 h en servicio.
-----------------------	---	--

Balancines	Inspección visual del brazo oscilante y de las conexiones atornilladas asociadas.	Inspección mensual o cada 1.000 h en servicio.
	Revisar las tapas de los balancines y cambiar las piezas desgastadas.	Revisión a realizar después de las 16.000 h de servicio.

Fuente: Manual motor principal MAN 20V 28/33D, operating instruction {4}

**ESTUDIO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO A BORDO DEL BUQUE
BETANCURIA EXPRESS.**

TABLA N° 6

<u>MANTENIMIENTO</u>	<u>DESCRIPCIÓN</u>	<u>APLICACIÓN A BORDO</u>
Válvulas	Comprobar la holgura de las válvulas.	Reglaje de válvulas a realiza mensualmente. Se utilizan galgas de 0.5mm para las válvulas de admisión y 0.75mm para las válvulas de escape.
	Reemplazar los conos de las válvulas, los anillos de asientos y los rotadores de las válvulas.	Inspección a realizar por el motorista. Después de las 16.000 h en servicio.
Motores de arranque	Comprobar el estado del piñón de arranque.	Inspección de realización diaria. Se comprueba el estado del piñón del motor de arranque.
	Reemplazar el motor de arranque.	Según sea necesario o a las 8.000 h en servicio.

V. RESULTADOS

Bombas de combustible	Reemplazar las bombas de combustible	Según sea necesario o a las 8.000 h. Reacondicionar las bombas sustraídas.
Inyectores	Reemplazar las toberas de inyección, el disco de separación y los anillos de sellado.	Mantenimiento a realizar por el motorista. A las 4.000 h de servicio.
	Reemplazar los tubos de inyección.	El cambio se ha de realizar a las 32.000h.

Fuente: Manual motor principal MAN 20V 28/33D, operating instruction {4}

**ESTUDIO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO A BORDO DEL BUQUE
BETANCURIA EXPRESS.**

TABLA N° 7

<u>MANTENIMIENTO</u>	<u>DESCRIPCIÓN</u>	<u>APLICACIÓN A BORDO</u>
Turbocompresor	Comprobar el turbocompresor para detectar ruidos y vibraciones inusuales.	Comprobación diaria en la ronda de máquinas en navegación. Realizar comprobación visual y auditiva.
	Revisar las tuberías del sistema para detectar fugas	Revisión diaria. Revisar tuberías de gases de escape, aceite lubricante, aire de carga, agua de refrigeración, etc.
	Revisar todos los tornillos para un ajuste perfecto.	Revisión a realizar semanalmente.
	Cambio del filtro de aire del compresor.	Cambio a realizar semanalmente o según sea necesario.
	Mantenimiento común con el mantenimiento del motor.	Revisión general 12.000... 18.000 horas de operación: Desmontar, limpiar y revisar todos los componentes del turbocompresor. Verificar los huecos y las holguras en el montaje. Mantenimiento a realizar, por el motorista.

Fuente: Manual motor principal MAN 20V 28/33D, operating instruction {4}

V. RESULTADOS

TABLA N° 8

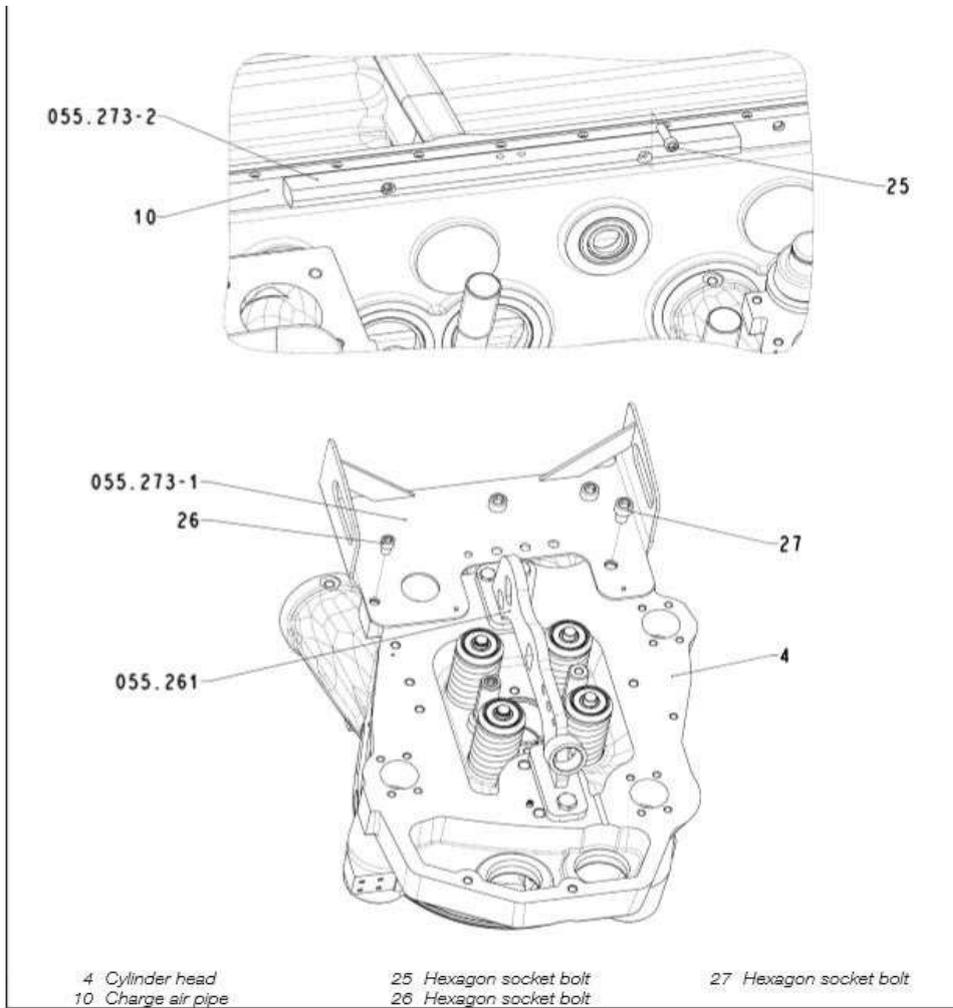
<u>MANTENIMIENTO</u>	<u>APLICACIÓN A BORDO</u>
DATOS DE SERVICIO	Tras 12 h de la parada del motor, abrir las purgas y virar el motor. Observar posibles emisiones de combustible, aceite o agua de refrigeración.
	Anotar los chequeos diarios y comprobar los resultados con chequeos anteriores.
	Para el registro mensual, comprobar las presiones de combustión.
	Verificación de piezas nuevas o reacondicionadas en un tiempo establecido de 150 h.

Fuente: Manual motor principal MAN 20V 28/33D, operating instruction {4}

**ESTUDIO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO A BORDO DEL BUQUE
BETANCURIA EXPRESS.**

Aquí, podemos ver un ejemplo las instrucciones de trabajo, en este caso, del desmonte de una culata.

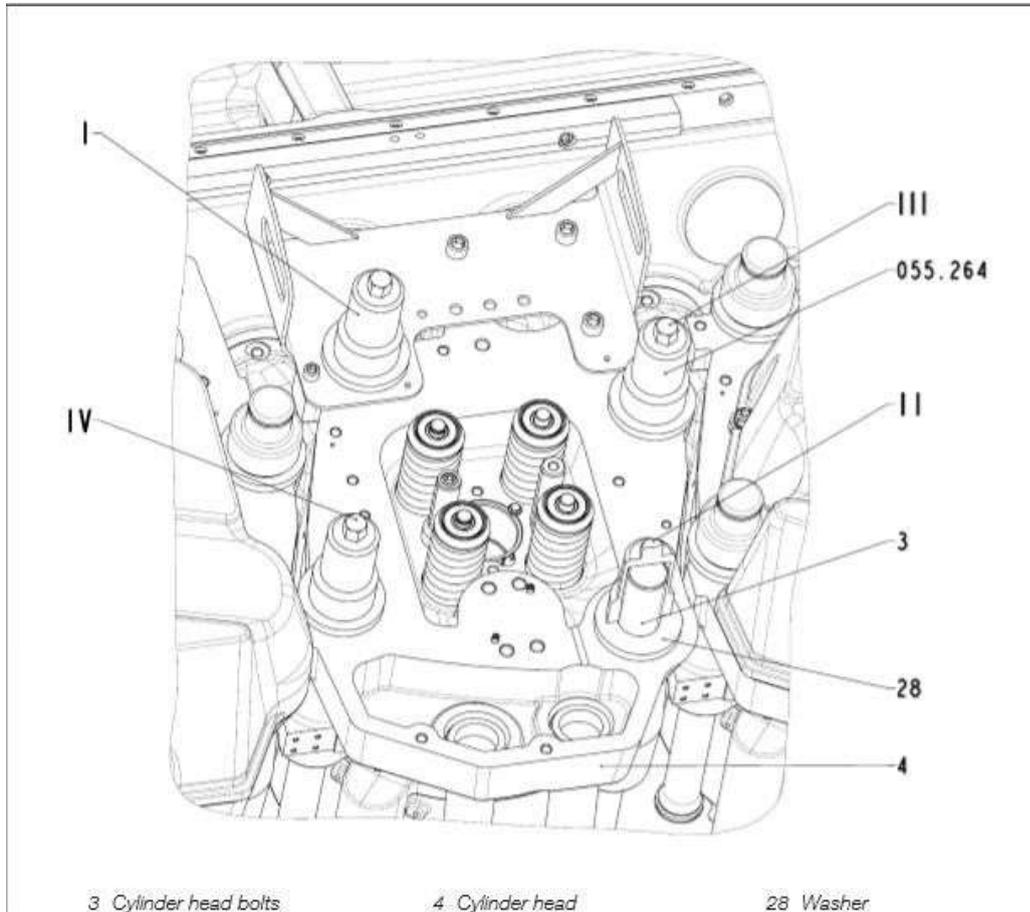
Ilustración 42: Desmontaje de culata



Fuente: Manual MAN 20V 28/33D. "Working Instructions" [8]

ESTUDIO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO A BORDO DEL BUQUE BETANCURIA EXPRESS.

Ilustración 43: Desmontaje de culata



Fuente: Manual MAN 20V 28/33D. "Working instructions" [8]

Ilustración 44: Herramientas - Información básica

Summary

Impart the necessary knowledge, ensure adequate application.
 Various tasks must be performed on the cylinder heads at regular intervals.
 The turnover stand is used to do this.
 The work includes:
 Chucking components.

Tools/aids required

Quantity	Designation	Number	Status
1	Turnover stand	055.271	Standard
1	Combination spanner (set)	-	Inventory
1	Hexagon screwdriver (set)	-	Inventory

Work sequence - Mounting the cylinder head

- Starting position Cylinder head is hooked with the suspension device to the lifting tackle.
- Work steps
1. Unscrew the hexagon bolts (2) and remove washers (3).
 2. Unscrew and remove the hexagon socket bolts (4).
 3. Remove the cylinder liner holder (1 and 5).



Storing the holders

The holders can be attached to the frame of the turnover stand for storage.

4. Open the locking lever (12) to release the adapter plate (10) and turn with the hand wheel (11) until the shafts (9) are upright.
5. Carefully place the cylinder head (8) over the shafts (9) and onto the adapter plate (10).
6. Secure the cylinder head (8) with washers (7) and nuts (6).
7. Remove the suspension device. With a locking lever (12) flipped upward, the cylinder head may now be brought into any desired position by turning the handwheel (11) (locking positions every 45°).



Locking the adapter plate

Ensure that the locking lever (12) is securely engaged in a groove before commencing work on the cylinder head.

2010-03-02 - de

Cylinder head/Valve seat rings/Safety
Cards, classified into sub-assemblies

Fuente: Manual MAN 20V 28/33D. "Working instructions" [8]

Por otro lado, una de las partes claves en la utilización del manual, es el despiece del motor y de sus componentes.

Los trabajos de mantenimiento y reparación solo pueden llevarse a cabo correctamente si se dispone de los repuestos necesarios. En este apartado del manual, se encuentran los números de pedido necesarios para la entrega de piezas de repuesto.

ESTUDIO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO A BORDO DEL BUQUE BETANCURIA EXPRESS.

Además, esta parte del manual, nos sirve de base para la organización y clasificación de los repuestos a la hora de realizar el inventario.

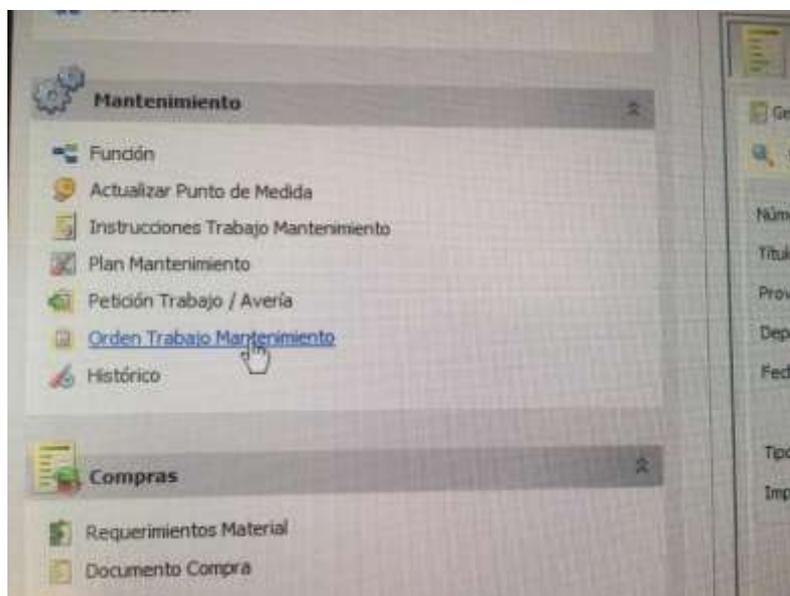
5.2 INVENTARIO

5.2.1 Funciones de un maquinista en el uso del programa de mantenimiento AMOS.(Mantenimiento preventivo)

El programa de mantenimiento, funciona a través de unas bases de datos en la cual lleva incorporada el manual de los equipos de abordo.

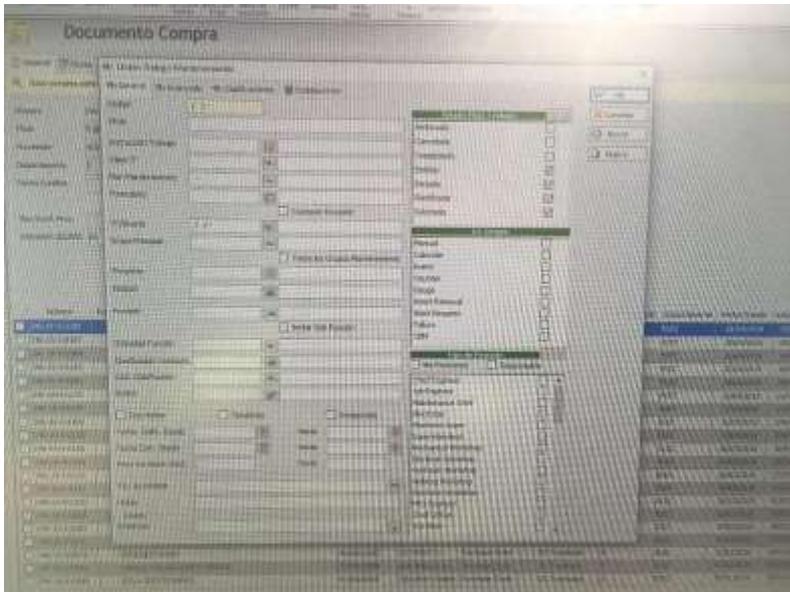
Para poder acceder a las tareas planificadas por el programa diariamente, según las horas de los equipos, hay que ir a orden de trabajo de mantenimiento, pulsar en aquellas tareas que están pendientes y marcamos en el estado del flujo de trabajo (emitida, iniciada, planificada y solicitada).

Ilustración 45: Trabajos de mantenimiento



Fuente: Trabajo de campo

Ilustración 46: Trabajos de mantenimiento



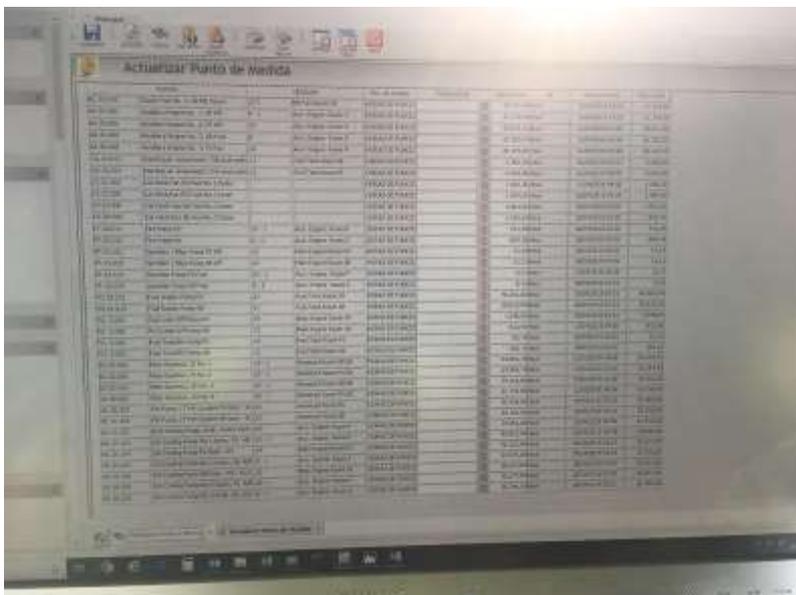
Fuente: Trabajo de campo

Finalmente, cuando se termina la tarea de mantenimiento a realizar, se marca como completado y se archiva conforme, quedando esa orden finalizada y empezando de cero el recuento para el siguiente mantenimiento preventivo necesario.

Para la toma de horas de funcionamiento de los diferentes equipos, debemos de ir a actualizar punto de medida, marcar la casilla counter y se nos desplegará la siguiente pantalla.

ESTUDIO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO A BORDO DEL BUQUE BETANCURIA EXPRESS.

Ilustración 47: Toma de horas



Fuente: Trabajo de campo

Una vez realizado esto, se desplegará una pestaña con una tabla de los equipos, las horas y la fecha de la última modificación. Actualizaremos las horas de funcionamiento y según las horas, el programa te dirá qué mantenimiento o mantenimientos hay que realizar para los diferentes equipos.

Al tratarse de un buque adquirido recientemente, hubo que realizar y organizar el inventario de los respetos necesarios para la realización del pañol de repuesto.

Para ello, con ayuda del programa de mantenimiento AMOS, y con el manual del despiece de los elementos de los diferentes equipos, se comenzó a realizar un inventario desde cero.

En cuanto al AMOS, para crear un repuesto en el programa de mantenimiento, hay que seguir una serie de pasos:

1. Primero, crear un tipo de repuesto. Le damos a menú principal – material – tipo de repuesto – filtro y le damos a nuevo.
2. Luego, rellenar campos en la pestaña “general”, era necesario poner todo los detalles que permita (medidas, tipo, cantidad, etc.) y le damos a guardar.
3. Rellenar en la pestaña de “utilizado en tipos activo”- nuevo – realizar una descriptiva de para qué equipo es ese repuesto y una foto si se precisa, le damos a guardar y a cerrar.
4. A continuación, y para introducir el código del fabricante de acuerdo con el manual de despiece, vamos a menú principal- material- repuesto- filtro- nuevo- introducimos el código del repuesto- le damos a guardar y le damos a rellenar los campos pendientes.
5. Una vez le damos a la pestaña de rellenar los campos pendientes, se procede a introducir la ubicación. En este caso, las ubicaciones se realizan en función del pañol. En el pañol N. ° 1, se designan las ubicaciones por armario, caja y balda y en el caso del pañol N. ° 2, se designan las ubicaciones por armarios y baldas.

Ilustración 48: Nuevo repuesto



Fuente: Trabajo de campo

ESTUDIO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO A BORDO DEL BUQUE BETANCURIA EXPRESS.

Ilustración 49: Nuevo repuesto

Cód. Tipo Repuesto	Nombre	Código Location	Unidad	Precio	Unit Precio	U&C Original	Observaciones
SCA 200001	Superlubric 150 (30litros)		litro	250	250		
LAT 200001	Knipex set changes for anchor		conjunto	250	250		
SEA 2000	Seal for 2000		unidad	250	250		
SCA 2000110612008	Seal for 2000		unidad	250	250		
SCA 2000110612011	Seal for 2000		unidad	250	250		
SCA 2000110612015	Seal for 2000		unidad	250	250		
SCA 2000110612016	Seal for 2000		unidad	250	250		
SCA 2000110612017	Seal for 2000		unidad	250	250		
SCA 2000110612018	Seal for 2000		unidad	250	250		
SCA 2000110612019	Seal for 2000		unidad	250	250		
SCA 2000110612020	Seal for 2000		unidad	250	250		
SCA 2000110612021	Seal for 2000		unidad	250	250		
SCA 2000110612022	Seal for 2000		unidad	250	250		
SCA 2000110612023	Seal for 2000		unidad	250	250		
SCA 2000110612024	Seal for 2000		unidad	250	250		
SCA 2000110612025	Seal for 2000		unidad	250	250		
SCA 2000110612026	Seal for 2000		unidad	250	250		
SCA 2000110612027	Seal for 2000		unidad	250	250		
SCA 2000110612028	Seal for 2000		unidad	250	250		
SCA 2000110612029	Seal for 2000		unidad	250	250		
SCA 2000110612030	Seal for 2000		unidad	250	250		
SCA 2000110612031	Seal for 2000		unidad	250	250		
SCA 2000110612032	Seal for 2000		unidad	250	250		
SCA 2000110612033	Seal for 2000		unidad	250	250		
SCA 2000110612034	Seal for 2000		unidad	250	250		
SCA 2000110612035	Seal for 2000		unidad	250	250		
SCA 2000110612036	Seal for 2000		unidad	250	250		
SCA 2000110612037	Seal for 2000		unidad	250	250		
SCA 2000110612038	Seal for 2000		unidad	250	250		
SCA 2000110612039	Seal for 2000		unidad	250	250		
SCA 2000110612040	Seal for 2000		unidad	250	250		
SCA 2000110612041	Seal for 2000		unidad	250	250		
SCA 2000110612042	Seal for 2000		unidad	250	250		
SCA 2000110612043	Seal for 2000		unidad	250	250		
SCA 2000110612044	Seal for 2000		unidad	250	250		
SCA 2000110612045	Seal for 2000		unidad	250	250		
SCA 2000110612046	Seal for 2000		unidad	250	250		
SCA 2000110612047	Seal for 2000		unidad	250	250		
SCA 2000110612048	Seal for 2000		unidad	250	250		
SCA 2000110612049	Seal for 2000		unidad	250	250		
SCA 2000110612050	Seal for 2000		unidad	250	250		

Fuente: Trabajo de campo

Ilustración 50: Pañol N° 1



Fuente: Trabajo de campo

Ilustración 51: Pañol N°1



Fuente: Trabajo de campo

Ilustración 52: Pañol N° 2



Fuente: Trabajo de campo

ESTUDIO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO A BORDO DEL BUQUE BETANCURIA EXPRESS.

Ilustración 53: Pañol 2



Fuente: Trabajo de campo

Ilustración 54: Pañol N°2



Fuente: Trabajo de campo

5.2.2 Funciones del maquinista en el uso del pañol de aceite.(Mantenimiento Preventivo)

Una tarea diaria a realizar como parte de un mantenimiento preventivo del motor, era revisar diariamente el nivel de aceite.

Ilustración 55: Pañol de aceites



Fuente: Trabajo de campo

Otra parte importante del programa de mantenimiento, es la realización de pedidos de los respetos. Éstos, se realizan de la siguiente manera:

1. Ir a selección de compras y seleccionar documento de compra, seleccionar nuevo documento.
2. Rellenar en la pestaña general: título del pedido, proveedor y departamento.
3. Si es necesario, en la pestaña de notas, se añade notas internas, por ejemplo, foto del repuesto requerido y una pequeña descriptiva, suministradores, etc.
4. En la pestaña línea de ítem, hay que rellenar pinchando en la pestaña nuevo, seleccionar en la pestaña material, y poner la cantidad a pedir, ya sean unidades, litros, botellas, kilos, etc.
5. En la pestaña de coste, hay que rellenar la casilla con el código del repuesto según el fabricante.

5.2.3 Funciones del maquinista en el caso de una avería.(Mantenimiento Correctivo)

En el caso del mantenimiento correctivo, expondré el caso de una avería sufrida a bordo de uno de los motores principales. Rotura del cojinete de bancada N°7 del MP N° 4 POME.

Previo a la avería, la noche anterior, se habían cambiado dos bielas de los cilindros del lado A A2 y A7, como parte de un mantenimiento preventivo.

Ilustración 3: Tren alternativo



Fuente: Trabajo de campo

Ilustración 3: Cambio de biela



Fuente: Trabajo de campo

ESTUDIO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO A BORDO DEL BUQUE BETANCURIA EXPRESS.

Tras haber realizado con éxito el rodaje previsto por los ingenieros de MAN, en su último viaje, el buque realizaba el trayecto entre las palmas de gran canaria y fuerteventura.

A pocas millas de la llegada, se observa una subida desorbitada de la tempera del cojinete de bancada N°7, lo que provocó que se activara el sistema de seguridad del motor de alta temperatura, lo que produce una parada inmediata del motor.

Al cabo de unos segundos, y como consecuencia del automatismo de la que la bomba de prelubricación, se activa la alarma del detector de partículas metálicas en el aceite.

En cuanto se produjo el suceso, tanto el primer oficial como el engrasador, acuden al lugar de los hechos, para comprobar el estado del motor y buscar las causas de dicho comportamiento anormal.

Una vez comunicado dicha anomalía a los ingenieros de MAN, acuden al barco para valorar la avería.

Destapando la tapa del cárter del cojinete que había sufrido el aumento de temperatura repentino, se observa una clara avería que sería la culpable de dicha anomalía.

El resultado de dicha búsqueda, fue el hallazgo de lo ocurrido, había partido el cojinete de bancada n°7.

Ilustración 4: Cojinete de bancada N° 7



Fuente: Trabajo de campo

Ilustración 5: Tapilla inferior cojinete de bancada



Fuente: Trabajo de campo

En un principio, tanto el ingeniero de MAN como los propios jefes, no daban crédito a lo acaecido. No se podía explicar cómo había sucedido dicha rotura.

Tras la avería, nos pusimos a trabajar junto a MAN Alemania y con el taller externo FEROTHER.

Se comenzó con las labores de desmontaje del motor principal N°4 POME. En un principio, se vacía el motor de aceite, de combustible y el agua de los dos circuitos.

En el momento de inicio del desmontaje, se extraen los embellecedores, las tapas de balancines, los balancines, los empujadores, se desconectan todos los sensores, se desconectan los tubos de inyección, se quitan los aislantes térmicos de fibra de vidrio de la turbo, se desmontaje de los colectores de escape, las chaquetas, se extraen las culatas, se sustraen trenes alternativos, etc.

ESTUDIO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO A BORDO DEL BUQUE BETANCURIA EXPRESS.

Ilustración 6: Desmontaje



Fuente: Trabajo de campo

Ilustración 7: Desmontaje



Fuente: Trabajo de campo

Ilustración 8: Desmontaje



Fuente: Trabajo de campo

Continuando con el desmontaje del motor, se extrae la tapilla del cojinete de bancada superior N°7 que había quedado en la muñequilla del cigüeñal para verificar su estado. El cojinete se encontraba en un grave estado de desgaste.

Ilustración 9: Cojinete superior de bancada N° 7



Fuente: Trabajo de campo

Prosiguiendo con el chequeo, se desmonta el tren alternativo N°6 del lado B y se observa el estado de la tapilla superior. La tapilla, presenta incrustaciones de metal, causadas por la rotura del cojinete de bancada N°7.

ESTUDIO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO A BORDO DEL BUQUE BETANCURIA EXPRESS.

Ilustración 10: Tapilla inferior cojinete de biela N°6 lado B



Fuente: Trabajo de campo

Una vez realizado el chequeo del estado del motor, se temía lo peor, el cigüeñal estaba dañado y había que cambiarlo.

Para poder realizar dicha tarea, es necesario desmontar el motor y levantar el bloque.

Para ello, sería necesario soldar unos refuerzos en las cuadernas que correspondieran para reforzar la estructura.

Antes de continuar con el desmonte del motor principal POME, se procede a la limpieza y lijadura del cigüeñal, para eliminar aquellas impurezas e imperfecciones que haya podido causar la avería.

Para dicha tarea, se utilizó una lija de grano fino 0.2mm aprox. En primer lugar, se realiza un lijado a manos, con un operario a cada lado del motor.



Ilustración 11: Limpieza del cigüeñal

Fuente: Trabajo de campo

A continuación y gracias a la ayuda de un útil, se introduce en el cigüeñal una lija del mismo grosor y se comienza a virar el motor, consiguiendo limpiar impurezas que de otra manera no hubiese sido posible.

Ilustración 12: Limpieza del cigüeñal



Fuente: Trabajo de campo

ESTUDIO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO A BORDO DEL BUQUE BETANCURIA EXPRESS.

Ilustración 13: Limpieza del cigüeñal



Fuente: Trabajo de campo

Una vez ya realizada la limpieza, se trae un cojinete de bancada usado similar al que había partido.

Llegados a este punto, se monta el cojinete y se presenta con su tapilla en el cigüeñal.

Ilustración 14: Cojinete de bancada



Fuente: Trabajo de campo

V. RESULTADOS

Con un comprobador de superficie de contacto, en este caso azul de Prusia, se comprueba la superficie de contacto entre el cojinete y el cigüeñal, realizándose dos pruebas, una con aceite en la tapilla y otra sin aceite. El resultado fue desfavorable, ya que el cigüeñal no apoyaba en la superficie del cojinete de bancada N° 7.

Ilustración 15: Prueba de contacto con azul de prusia



Fuente: Trabajo de campo

Llegados a este punto lleno de incertidumbre, se decide realizar una prueba de contacto de superficie, con un hilo de plomo, presentando el cojinete contra el cigüeñal.

ESTUDIO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO A BORDO DEL BUQUE BETANCURIA EXPRESS.

La prueba con 3 hilos de plomo de 0,3 mm, una vez más, salió desfavorable.

Ilustración 16: Prueba de contacto con hilo de plomo



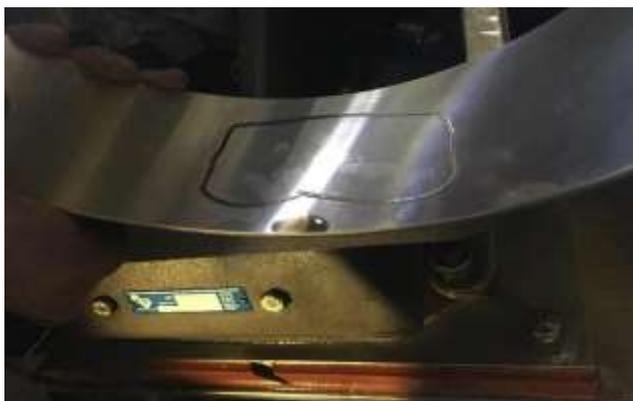
Fuente: Trabajo de campo

El ingeniero procedente de Augsburg, desconcertados con tal situación, proponer rebajar parte de la superficie de la pieza de fundición, para intentar que haya un mayor contacto entre el cojinete y el cigüeñal.

La pieza, es trasladada a FEROTHER para su modificación, en este caso se le rebaja 0.05mm.

Una vez rectificada la pieza, se vuelve a probar, presentándola en su sitio y realizando la prueba de contacto con el hilo de plomo, pero en este caso en forma de rectángulo por el centro de la tapilla del cojinete.

Ilustración 17: Prueba de contacto con hilo de plomo



Fuente: Trabajo de campo

Había una mejora respecto a la superficie de contacto, pero aun así faltaba que apoyara más el cigüeñal.

V. RESULTADOS

Una vez más, se lleva a rectificar la pieza de fundición a FEROTHER, y se le quita 0.06mm.

Durante éste proceso, también se ha procedido al desmontaje completo del turbo compresor del lado A, ya que presentaba pérdidas de agua.

En primer lugar, se quita la expansión de escape de la turbo.

Ilustración 18: Desmontaje de la turbo



Fuente: Trabajo de campo

ESTUDIO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO A BORDO DEL BUQUE BETANCURIA EXPRESS.

Ilustración 19: Desmontaje de la turbo



Fuente: Trabajo de campo

Previo al montaje de la turbo, se realiza con agua y una bomba manual, una prueba de estanqueidad a 10 bar de la cámara de agua, obteniendo un resultado positivo.

Ilustración 20: Prueba de estanqueidad cámara de agua



Fuente: Trabajo de campo

Reparando la pérdida de agua del turbocompresor del lado A, se procedió a su montaje.

V. RESULTADOS

Ilustración 21: Montaje expansión de escape de la turbo



Fuente: Trabajo de campo

Ilustración 22: Montaje de la turbo



Fuente: Trabajo de campo

ESTUDIO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO A BORDO DEL BUQUE BETANCURIA EXPRESS.

Una vez reparada la turbo del lado A, y ya habiendo rectificado 0.06mm del cojinete de bancada, parecía que esta vez sí había mejorado la superficie de contacto, lo que produjo el rearme del motor para su prueba.

Se realiza una limpieza completa del cárter, se rellena de aceite, se purgan las líneas de combustible y de aceite, se rellena el agua del motor y se arranca.

Ilustración 23: Limpieza del cárter



Fuente: Trabajo de campo

En la primera prueba, se realiza un arranque de 5min, al cabo de éste tiempo, se para el motor debido que se observa una gran diferencia de temperatura entre los cojinetes N.º 5, N.º 6 y N.º 7. Esto significaba que los cojinetes N.º 5 y N.º 6 estaban absorbiendo mayor carga que el cojinete de bancada N.º 7.

Realizando el flushing correspondiente y cambiando los filtros de aceite, se opta por modificar manualmente la pieza de fundición.

Una vez realizada la rectificación manual, con un mármol y con el comprobador de superficies azul de Prusia, se comprueba el acabado.

Ilustración 24: Rectificado manual



Fuente: Trabajo de campo

Tras haber realizado la rectificación manual, se procede al montaje del cojinete de bancada N°7, realizando un arranque con un periodo de 1h.

En ese periodo de 1h se ha observado la evolución de las temperaturas, lo que han sido favorables.

Ya habiendo comprobado la evolución del motor en ese periodo, se procede a la toma de dureza Brinell del cigüeñal con un durómetro. Viendo que se encontraba dentro de los parámetros admisibles, se procede a la toma de

ESTUDIO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO A BORDO DEL BUQUE BETANCURIA EXPRESS.

flexiones con el flexómetro y viendo los resultados favorables, posteriormente se realiza el reglaje de válvulas con el reloj comparador.

Ilustración 25: Toma de flexiones del cigüeñal



Fuente: Trabajo de campo

Finalizado las comprobaciones anteriormente descritas, se arranca el motor y se le realiza el rodaje correspondiente según los ingenieros del fabricante, dando un resultado positivo y finalizando así la reparación del MP 4 POME.

Ilustración 26: Rodaje

Standard running in programme.			
Running-in-period		Engine speed & Power	
Start up	Minutes	RPM	Power
Idle running	60	400	600
20%	30	580	1820
28%	30	660	2550
35%	30	710	3200
45%	30	770	4100
50%	30	795	4550
60%	30	850	5460
70%	30	890	6370
75%	30	910	6825
85%	30	950	7735
90%	30	970	8190
95%	30	935	8645
100%		1004	9100
	330		

Fuente: Trabajo de campo

Tras haber finalizado la reparación, y llevado a analizar el cojinete de bancada N°7, se determina que el motivo de la avería era un fallo en la fundición del material de la pieza destruida.

VI. CONCLUSIONES

**ESTUDIO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO A BORDO DEL BUQUE
BETANCURIA EXPRESS.**

CONCLUSIONES

Tras haber realizado el periodo de prácticas en este buque de pasaje, siendo parte de la tripulación como alumno de máquinas y reforzando los conocimientos adquiridos a lo largo del periodo académico, puedo llegar a las siguientes conclusiones:

- Es muy importante conocer los parámetros de funcionamiento de los equipos de abordo. Como han de funcionar para el correcto desarrollo de sus funciones y así poder detectar posibles factores de averías.
- La necesidad de la realización de un correcto mantenimiento preventivo de los equipos y sistemas, cumpliendo con las horas de funcionamiento establecidas por el fabricante. Esto proporcionará un ahorro, tanto en horas de trabajo como productividad del buque.
- Tener una buena planificación de los trabajos de mantenimiento realizadas por el primer oficial junto con el jefe de máquinas.
- Es imprescindible contar con un buen programa de mantenimiento y conocer los manuales del fabricante.
- Siendo un factor a destacar, el orden y la limpieza a la hora de realizar cualquier trabajo. Factores necesarios para la realización de un buen inventario, siendo necesario tener un control preciso y actualizado.

**ESTUDIO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO A BORDO DEL BUQUE
BETANCURIA EXPRESS.**

VI. CONCLUSIONES

VII. BIBLIOGRAFÍA

VII. BIBLIOGRAFÍA

[1] <https://www.austal.com>

[2] <https://www.fredolsen.es>

[3] <https://santacruzmiuerto.com>

[4] Plano del buque. General Arrangement

[5] <https://ingenieromarino.com>

[6] Manual motor principal MAN 20V 28/33D, operating instruction

[7] Manual motor principal MAN 20V 28/33D, working Instructions.

{1} Manual motor principal MAN 20V 28/33D, working Instructions.

{2} <https://ingenieromarino.com>

{3} <http://www.renovetec.com>

{4} Manual motor principal MAN 20V 28/33D, operating instruction

{5} <http://www.rae.es>

{6} Manual de las hélices de proa HPR.

{7} <https://marygerencia.com.com>

VII. BIBLIOGRAFÍA

**ESTUDIO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO A BORDO DEL BUQUE BETANCURIA
EXPRESS**