EPSIS NÁUTICA, MÁQUINAS Y RADIOELECTRÓNICA NAVAL

TRABAJO DE FIN DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE GRADUADO EN TECNOLOGÍAS MARINAS

DESCRIPCIÓN Y ESTUDIO DE LA PLANTA PROPULSORA DEL BUQUE BENCHIJIGUA EXPRESS

Cynthia del Reguero Alvarez
Julio 2016

Doctora Mª del Cristo Adrián de Ganzo, Profesora Asociada de la UDE de Ingeniería Marítima del Departamento de Ingeniería Agraria, Náutica, Civil y Marítima de la Universidad de La Laguna, certifica que:

Dª Cynthia del Reguero Alvarez, alumna que ha superado las asignaturas de los cuatro primeros cursos del Grado en Tecnologías Marinas, ha realizado bajo mi dirección y codirección Dº José Agustín González de Almeida, el Trabajo de Fin de Grado nominado: **"DESCRIPCIÓN Y ESTUDIO DE LA PLANTA PROPULSORA DEL BUQUE BENCHIJIGUA 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 surta efectos oportunos, expido y firmo el presente certificado en Santa Cruz de Tenerife, a fecha 15 de Julio de 2016.

Dª Mª del Cristo Adrián de Ganzo

Directora del trabajo

Dº José Agustín González de Almeida, Profesor Asociado de la UDE de Ingeniería Marítima del Departamento de Ingeniería Agraria, Náutica, Civil y Marítima de la Universidad de La Laguna, certifica que:

Dª Cynthia del Reguero Alvarez, alumno que ha superado las asignaturas de los cuatro primeros cursos del Grado en Tecnologías Marinas, ha realizado bajo mi dirección y codirección Dª María del Cristo Adrián de Ganzo, el Trabajo de Fin de Grado nominado: **"DESCRIPCIÓN Y ESTUDIO DE LA PLANTA PROPULSORA DEL BUQUE BENCHIJIGUA 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 asignado para su lectura.

Para que conste y surta los efectos oportunos, expido y firmo el presente certificado en Santa Cruz de Tenerife a fecha de 15 de Julio 2016.

Dº José Agustín González de Almeida

Director del trabajo

ÍNDICE

Índice de contenido

I INTRODUCCIÓN 3

II OBJETIVOS 9
1. OBJETIVO GENERAL 9

2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 9

III REVISIÓN Y ANTECEDENTES 11
1. HISTORIA DE LAS COMUNICACIONES MARÍTIMAS DE LA COMPAÑÍA FRED OLSEN EN LAS ISLAS CANARIAS[1] 13

IV MATERIAL Y MÉTODOS 22
1. MATERIAL 24
1.1 Descripción general del buque 24
1.1.1 Dimensiones y capacidades 26
1.2 Sala de máquinas 27
1.2.1 Sala de máquinas de proa 28
1.2.2 Sala de máquinas de popa 32
1.2.3 Jet room 35

2.METODOLOGÍA 41

V. RESULTADOS 43
1. MOTORES PRINCIPALES 45
1.1 Descripción general 45
1.2 Dimensiones de los motores 45
1.3 Especificaciones generales 46
1.4 Arranque de los motores 48
1.4.1 Después de una parada prolongada 48
1.4.2 Arranque diario 49
1.4.3 Arranque del motor desde el LOP (Local Operation panel) 49
1.5 Parada de los Motores. 49
1.5.1 Parada de los motores desde el LOP 49
1.5.2 Parada del motor en emergencia 50
1.5.3 Después de una parada de emergencia 50
1.5.4 Después de una parada de la maquina 50
1.6 Operación de chequeo. 50
1.7 Avería 51
1.7.1 Cambio de la unidad de potencia del motor principal 51
1.7.2.1 Descripción 51
1.7.2 Cambio de los cojinetes de fricción del motor principal 56
1.7.2.1 Descripción 57

2.GENERADORES ELÉCTRICOS 62
2.1 Descripción general 62
2.2 Especificaciones generales 62
2.3 Puesta en marcha del generador 64
2.4 Arranque del motor desde LOP 64

2.5 Parada del motor desde el LOP 65
2.5.1 Parada de emergencia desde el LOP 65
2.5.2 Después de la parada de emergencia desde LOP 65
2.6 Avería 66
2.6.1 Cambio del intercooler 66
2.6.1.1 Descripción 66
2.6.2 Reglaje de las válvulas 70
2.6.2.1 Descripción 70

3. REDUCTORAS EXTERIORES RENK ASL 65 71
3.1 Descripción general 71
3.2 Especificaciones generales 72
3.3 Operaciones de emergencia 72
3.4 Control de embrague 73
3.5 Arrastre de los waterjets 74

4. REDUCTORA CENTRAL RENK ASL 2x80 74
4.1 Descripción general 74
4.2 Especificaciones generales 75
4.3 Operaciones de emergencia 75
4.4 Control de embrague 76
4.5 Arrastre de los waterjets 76
4.6 Avería 76
4.6.1 Problemas de embrague de la reductora central 76
4.6.1.1 Descripción 77

5. WARTERJETS KAMEWA ROLLS-ROYCE 125 SII 78
5.1 Descripción general 78
5.2 Especificaciones generales 79
5.3 Sistema hidráulico kamewa 79
5.4 Control remoto y sistema de avisos (gobierno y empuje) 80
5.4.1 Descripción general 80

6. WATERJET KAMEWA ROLLS-ROYCE 180 BII 80
6.1 Descripción general 80
6.2 Especificaciones generales 81
6.3 Sistema hidráulico kamewa 81

7. MANTENIMIENTO NOCTURNO 82

VI. CONCLUSIONES 92

VII. BIBLIOGRAFÍA Y WEBGRAFÍA 96

Índice de ilustraciones

Ilustración 1: Ferry Benchijigua arriba por primera vez a Santa Cruz de Tenerife 14
Ilustración 2: Ferry Gomera 14
Ilustración 3: El Ferry Benchijigua atracado en el puerto de los Cristianos 15
Ilustración 4: El Ferry Benchijigua atracado en el puerto de San Sebastián de la Gomera. 16
Ilustración 5: Maniobra, levantando el yelmo, en el puerto de los Cristianos 17
Ilustración 6: El Ferry atracado en el puerto de los Cristianos, al poco del comienzo de la línea 18
Ilustración 7: Varado en las instalaciones de NUVASA, en Santa Cruz de Tenerife..... 19
Ilustración 8: Relevo en San Sebastián de la Gomera, Octubre de 1980 20
Ilustración 9: Rebautizado “Akraborg” y abanderado en Islandia 20
Ilustración 10: El buque rebautizado “Saeborg” opera en aguas de Islandia.....21
Ilustración 11: Vista frontal, lateral y trasera del Fast-Ferry Benchijigua Express 24
Ilustración 12: Plano de la sala de máquinas del buque 27
Ilustración 13: Motor principal uno 28
Ilustración 14: Motor principal dos 28
Ilustración 15: Generador eléctrico nº1 29
Ilustración 16: Seachest o caja de mar 29
Ilustración 17: Bomba antiheeling 30
Ilustración 18: Bomba drencher y bomba antiheeling 30
Ilustración 19: Filtros primarios de fuel del motor principal uno 31
Ilustración 20: Bomba de pre-lubricación del motor principal dos..... 31
Ilustración 21: Motor principal tres..... 32
Ilustración 22: Motor principal cuatro 32
Ilustración 23: Toma de agua de la sala de máquinas de popa 33
Ilustración 24: Bomba drencher 33
Ilustración 25: Bomba de pre-lubricación del motor principal tres 34
Ilustración 26: Panel LOP 34
Ilustración 27: Cojinete del eje de la reductora de los motores uno y dos 35
Ilustración 28: Eje de salida al waterjet 35
Ilustración 29: Waterjet 36
Ilustración 30: Tanque de aceite hidráulico 36
Ilustración 31: Tanque de aceite lubricante..... 36
Ilustración 32: Tanque de lodos 36
Ilustración 33: Tanque de sentina..... 36
Ilustración 34: Smartpac de babor..... 36
Ilustración 35: Smartpac de estribor..... 37
Ilustración 36: Botella de aire comprimido..... 37
Ilustración 37: Compresor de aire 38
Ilustración 38: Secador de aire 38
Ilustración 39: Sistema hidráulico del waterjet 39
Ilustración 40: T-max de babor 40
Ilustración 41: T-max de estribor 40
Ilustración 42: Diseño del T-max..... 40
Ilustración 43: Motor principal MTU 20V 8000..... 47
Ilustración 44: Unidad de potencia del motor principal 51
Ilustración 45: Montaje de la unidad de potencia en el motor 52
Ilustración 46: Unidad de potencia nueva en su soporte 53
Ilustración 47: Operación de giro del cigüeñal 54

Ilustración 48: Introducción de la unidad de potencia en el motor 55
Ilustración 49: Instalación de los espárragos el cojinete de la biela 56
Ilustración 50: Cojinete y cabeza de biela del motor..... 57
Ilustración 51: LOP 58
Ilustración 52: Tapas del bloque motor 59
Ilustración 53: Bomba y tensores hidráulicos..... 59
Ilustración 54: Tensor hidráulico 59
Ilustración 55: Gato hidráulico 60
Ilustración 56: Muñón del cigüeñal y tapilla de cojinete..... 60
Ilustración 57: Tapilla nueva 60
Ilustración 58: Generador eléctrico 63
Ilustración 59: Intercooler del generador eléctrico..... 66
Ilustración 60: Motor auxiliar, con indicación de la ubicación del Intercooler..... 67
Ilustración 61: Cabeza de uno de los cilindros del generador eléctrico 68
Ilustración 62: Reglaje de válvulas..... 70
Ilustración 63: Cabeza de los cilindros del generador eléctrico 70
Ilustración 64: Reductora RENK ASL65 73
Ilustración 65: Reductora RENK ASL 2x80 76

Índice de tablas

Tabla I: Dimensiones y capacidades Benchijigua Express 26
Tabla II: Dimensiones motores MTU 20V 8000..... 45
Tabla III: Especificaciones generales motores principales..... 46
Tabla IV: Especificaciones generales generador eléctrico 62
Tabla V: Especificaciones generales reductora RENK ASL65..... 72
Tabla VI: Especificaciones generales reductora RENK ASL 2x80 74
Tabla VII: Especificaciones generales waterjets 125 SII 79
Tabla VIII: Especificaciones generales waterjet 180 BII..... 61

I. INTRODUCCIÓN

El presente proyecto, pretende realizar un estudio sobre el sistema de propulsión del buque trimarán Benchijigua Express, de la compañía Fred Olsen.
El Fast-Ferry Benchijigua Express desde 2005 opera la línea de Tenerife (Los Cristianos) a La Gomera (San Sebastián) en poco más de 50 minutos, también es el ferry que en 2 horas y 55 minutos une Tenerife (Los Cristianos) con La Palma (S.C. de La Palma).

Se tratará de explicar, mediante trabajo de campo y de investigación, el funcionamiento de los elementos que componen la planta propulsara y el mantenimiento que se realiza a bordo a este tipo de sistema. Debido a que estos motores se tratan de máquinas experimentales, se tratará de dilucidar su funcionamiento y particularidades para mostrar la tendencia que seguirá el desarrollo de los motores marinos.

El trabajo constará de una primera parte en la que se abordará los antecedentes históricos, la historia de la compañía Fred Olsen en las Islas Canarias, el comienzo de las comunicaciones marítimas con la isla de La Gomera y los primeros barcos que operaron la línea que hoy día cubre el buque Benchijigua Express.

La segunda parte del trabajo, profundiza en el tema de estudio y en la experiencia y conocimientos adquiridos en el periodo de prácticas. En este apartado, se hace una descripción general del buque Benchijigua Express, se explican la sala de máquinas y los elementos que la forman. A continuación se profundiza en los equipos que forman el sistema de propulsión, se realiza una explicación de su funcionamiento, un desglose de sus partes y se procede a la explicación de las averías que han sufrido cada uno de los equipos durante el embarque. Finalmente, se expondrán los trabajos de mantenimiento nocturnos efectuados en el buque.

El contenido del trabajo está completamente documentado in situ, contrastado por trabajadores de la empresa, catálogos y con procedimientos ofrecidos por el propio fabricante. Por ello, el trabajo está fundamentado en planos de los elementos descritos, fotos, información recogida de los manuales consultados y de en la propia experiencia adquirida.

ABSTRACT

The present Project aims to work in a study on the Benchijigua´s Express propulsion system. Fast-Ferry Benchijigua Express operates since 2005 in the line of Tenerife (Los Cristianos) to La Gomera (San Sebastian) in a little more than 50 minutes. It is also joins Tenerife (Los Cristianos) with the Palma (SC de La Palma) in 2 hours and 55 minutes.

I will attempt to explain, through fieldwork and research, the performance of the elements within the propulsion plant and the maintenance that is performed on board in this type of system. Because these engines are experimental machines, we will attempt to clarify its behavior and characteristics to show the trend that will continue the development of marine engines.

This project will consist of a first part in which we will approach on the historical background, the history regarding the company Fred Olsen in the Canary Islands, the beginning of maritime communications with the island of La Gomera and the first vessels that operated the line that nowadays covers the vessel Benchijigua Express.

The second part of the project, delves into the subject of study, experience and knowledge acquired during the internships. In this section, a general description of the vessel Benchijigua Express is done, we will explain the engine room and the elements that form it. We will then delve into the equipment that forms the propulsion system, an explanation of its operation, a breakdown of its parts and later on, we wil proceed to explain the faults that have suffered each of the teams during my internships. Finally, night work performed maintenance on the ship will be exhibited.

The content of the work is fully documented in situ, contrasted by company employees, catalogs and procedures offered by the manufacturer. Therefore, this project is based on the elements described, like for instance: drawings, photos, information collected from consulted manuals and own acquired experience

II. OBJETIVOS

1. OBJETIVO GENERAL

- Conocimiento y estudio del funcionamiento de los equipos que forman la planta propulsora del buque Benchijigua Express.

2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Entender el funcionamiento y las características de los equipos principales, así como de los auxiliares.
- Aprender los procedimientos usados en la operación de las maquinas de buques rápidos.
- Conocer el funcionamiento de los diferentes sistemas involucrados.
- Adquirir conocimientos acerca de la estructura y disposición de la maquinaria en buques Fast-Ferrys.
- Entender las averías que sufren los equipos y la forma de proceder.
- Conocer las diferentes acciones que se llevan a cabo en el mantenimiento nocturno a bordo, tanto de manera correctiva así como de manera preventiva y predictiva.

III. REVISIÓN Y ANTECEDENTES

1. HISTORIA DE LAS COMUNICACIONES MARÍTIMAS DE LA COMPAÑÍA FRED OLSEN EN LAS ISLAS CANARIAS[1]

Existe un antes y un después en la historia de las comunicaciones marítimas de La Gomera, aspecto que, unos años después se haría extensivo al conjunto del Archipiélago Canario. En el caso que nos ocupa, sin embargo, el punto de partida constituye un hito relevante y está asociado a un nombre, Fred. Olsen; una compañía, Ferry Gomera; un barco, el primer *Benchijigua* y una fecha, el 8 de julio de 1974 –hoy se cumplen 37 años-, cuatro referentes y una misma identidad para el desarrollo sin precedentes de una isla que, aislada y en medio de penurias de todo tipo, había provocado, entre otras consecuencias, una constante sangría emigratoria desde hacía algo más de dos décadas.

A mediados de 1973 ya se conocía en La Gomera el proyecto con el que Fred. Olsen Sr. había respondido a los planteamientos de las autoridades insulares de la época, entre ellas el presidente del Cabildo, Jaime Vega, quien anteriormente había planteado al almirante Leopoldo Boado, por entonces subsecretario de la Marina Mercante, la posibilidad de mejorar las comunicaciones de la isla con un buque tipo ferry. La respuesta de Boado fue determinante: "Vayan a ver a Fred. Olsen. Seguro que le interesa, pues él es un gomero más".

En la Semana Santa de aquel año, aprovechando que el armador noruego se encontraba de vacaciones en su casa de Tecina, una comisión de gomeros notables fueron a verle y le plantearon la cuestión. Testigos presenciales cuentan que Fred. Olsen les escuchó con la máxima atención y apenas hizo comentarios. Pero unos días después, desde Oslo, llegó la confirmación de que sus peticiones habían sido atendidas y ya existía, sobre el papel, el proyecto de un barco de menos de mil toneladas de registro bruto, condición expresa impuesta por el Régimen Económico y Fiscal de Canarias vigente, para que el Consejo de Ministros –todavía en época de Franco– autorizase la importación de un buque de construcción extranjera, habida cuenta de las restricciones que entonces imponía la legislación española en ese sentido.

Ilustración 1: Ferry Benchijigua arriba por primera vez a Santa Cruz de Tenerife

Fuente: ***"****De la mar y los barcos. Wordpress"*

El departamento técnico de Fred. Olsen trabajó con celeridad y las especificaciones del nuevo buque estaban totalmente definidas antes del comienzo del verano, firmándose el contrato de construcción en junio de 1973 con los astilleros Trondhjems M/V, propiedad de la sociedad Aker Trondelag A/S, con sede en Trondheim (Noruega), por un importe, al cambio de entonces, de unos 170 millones de pesetas. Cifra respetable, si tenemos en cuenta que Ferry Gomera, la recién constituida sociedad armadora del buque, era una empresa totalmente privada y afrontaba en solitario semejante desafío, sin ayudas oficiales de ninguna clase, frente al trato privilegiado que entonces recibía la compañía naviera de soberanía nacional.

Ilustración 2: Ferry Gomera

Fuente: *"De la mar y los barcos. Wordpress"*

Se discutió lo suyo para decidir el nombre del nuevo barco, con la condición previa de que tendría que empezar por la consonante B, siguiendo la tradición de la flota de Fred. Olsen. Esa misión, en parte, se encomendó al denominado Grupo Gomero –compuesto, principalmente, por el "almirante" Adolfo Trujillo, Domingo León, Lorenzo Cabeza y José Manuel Noda-, entusiastas defensores de su tierra y del nuevo proyecto. Se buscó y rebuscó en la toponimia insular –se apuntó la posibilidad de que fuera *Bejira*- y finalmente se propuso el nombre de *Benchijigua*. Al principio, dada su pronunciación para la gente de fuera, no parecía tan fácil, pero acabó imponiéndose y se convirtió en un referente tan familiar como entrañable.

Quizás sea un dato poco conocido el hecho de que, debido a la latitud en la que se encuentra el astillero, la construcción del *Benchijigua* se realizó, en su mayor parte, en espacio cerrado, en una nave industrial de grandes dimensiones, situación que habría de repetirse, casi treinta años después, con los modernos "fast-ferries" de factura australiana que hoy cruzan las aguas de Canarias.

Ilustración 3: El Ferry Benchijigua atracado en el puerto de los Cristianos

Fuente: *"De la mar y los barcos. Wordpress"*

Construcción número 712 del citado astillero (IMO 7382938), se trata de un buque de 887 toneladas de registro bruto, 360 netas y 321 de peso muerto, siendo sus principales dimensiones 68 metros de eslora total –60 entre perpendiculares-, 11,51 de manga, 4,50 de puntal y 3,29 de calado. Está propulsado por dos motores Nohab & Polar, con una potencia

de 2.310 caballos acoplados a sendos ejes con hélices de paso variable del sistema Kamewa, que le permitía mantener una velocidad de crucero de 14,5 nudos.

Matriculado en el puerto de San Sebastián de La Gomera y con el escudo de la Isla estampado en la proa, el barco tenía capacidad para 399 pasajeros y 67 coches. Estos datos hoy pueden parecer irrisorios, pero entonces constituía una oferta suficiente para la demanda que generaba la isla. De elegante línea marinera, enmarcada en un casco de ajustadas proporciones, proa lanzada y dos chimeneas paralelas a cada banda, en la cubierta principal tenía un gran salón y otro muy coqueto situado debajo de la cubierta del garaje, así como un solarium que hacía las delicias de los turistas.

Ilustración 4: El Ferry Benchijigua atracado en el puerto de San Sebastián de la Gomera

Fuente: *"De la mar y los barcos. Wordpress"*

El armamento del ferry *Benchijigua* se hizo a flote en los primeros meses de 1974, cuando ya se encontraba en Noruega la primera tripulación del barco, al mando del capitán Miguel Ángel Sánchez Conejo y del jefe de máquinas José García Oliva, quien ocuparía, durante varios años de su intensa vida profesional en Fred. Olsen, el puesto número uno en el escalafón del personal de Flota.

Al mismo tiempo, en Tenerife y en Madrid, se desarrollaba una carrera contrarreloj para lograr que toda la documentación y las diversas gestiones administrativas y portuarias estuvieran a punto. El peso de esa responsabilidad estuvo, en gran medida, a cargo del presidente del consejo de administración, Leopoldo Boado Endeiza; y de su vicepresidente, Cándido García Sanjuán y la inestimable ayuda, entre otras personas destacadas, de Thor O. Lindberg; Per Tonsager, primer gerente de Ferry Gomera; Julio Mosquera Valeiras,

capitán inspector y delegado en Los Cristianos; y Tomás Cerdeña Brito, delegado y consignatario en La Gomera. Y también de Laly Hernando –todo un referente de buen y bien hacer–, primera trabajadora del personal de tierra de Ferry Gomera, que afrontó la responsabilidad de preparar la oficina de ventas y de atención al público, situada entonces en la calle Goya.

Ilustración 5: Maniobra, levantando el yelmo, en el puerto de los Cristianos

Fuente: *"De la mar y los barcos. Wordpress"*

La prensa tinerfeña siguió con especial atención todas las noticias relacionadas con la llegada del ferry *Benchijigua*, que arribó al puerto tinerfeño aleteando al viento la multicolor empavesada, ese conjunto tan bonito de banderas que forman parte del Código Internacional de Señales. No había tiempo que perder. Mientras se organizaba la presentación oficial a las autoridades y los medios marítimos tanto en Santa Cruz de Tenerife como en San Sebastián de La Gomera, el barco realizó diversas pruebas en los puertos de Los Cristianos y San Sebastián, teniendo en cuenta la peculiaridad de la maniobra y las condiciones técnicas ajustadas a unas rampas hidráulicas, especialmente diseñadas, que fueron las primeras de su tipo que se instalaron en Canarias.

El 8 de julio de 1974, a las siete de la mañana, comenzaron las singladuras de Ferry Gomera y del primer *Benchijigua* desde el puerto de San Sebastián. Hoy nos puede parecer anecdótico, pero aquel día se había producido un nuevo episodio en la historia de La Gomera. Cada día, en 80 minutos de viaje, la Isla Colombina viajaba a bordo de un barco moderno, y con un trato preferente y distinguido, hasta el puerto de Los Cristianos, en el Sur de Tenerife, que era tanto como decir, con el resto del mundo, pues además de

disponer de un servicio muy estimable y confortable, permitía el traslado de todo tipo de vehículos, por sus propios conductores, que entraban directamente al garaje por la popa y salían por la proa del barco, y que los gomeros pudieran comunicarse en cuestión de horas con las restantes islas, la Península, Europa y Venezuela.

Ilustración 6: El Ferry atracado en el puerto de los Cristianos, al poco del comienzo de la línea

Fuente: *"De la mar y los barcos. Wordpress"*

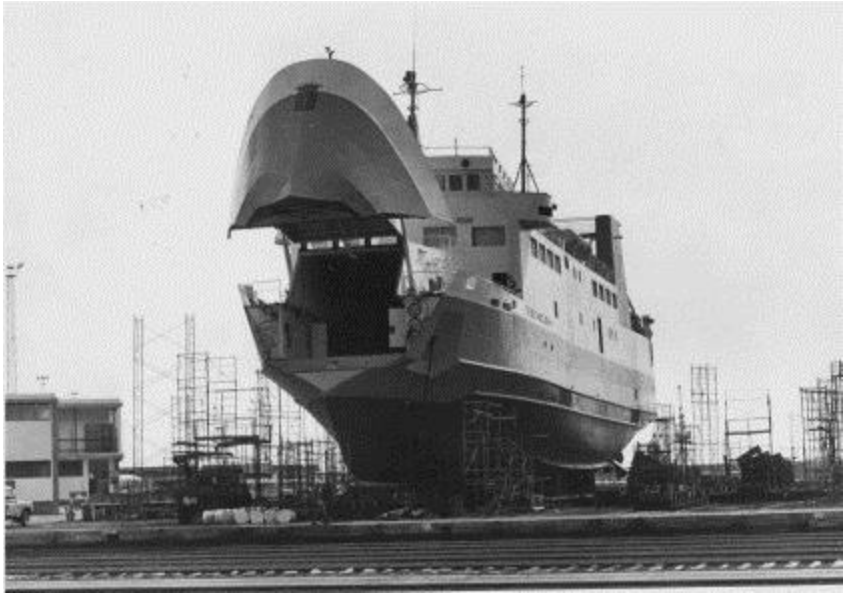
Permitía algo tan vital como que una ambulancia pudiera evacuar a un enfermo grave, en muchas ocasiones en viajes extraordinarios sólo con ese fin y sin coste alguno, para que se pudiera salvar una vida, lo que en muchas ocasiones se consiguió. Existen suficientes testimonios. Por eso las vitrinas de este barco, y de los que habrían de sucederle, están llenas de numerosas menciones y distinciones a tan loable labor.

El cambio fue radical en muy poco tiempo. De pronto supimos que La Gomera estaba a un paso y que la isla tenía muchos alicientes por descubrir. Las excursiones de un día se convirtieron en un nuevo atractivo y ello permitió que miles de canarios y visitantes tuvieran la oportunidad de descubrir el hermoso paisaje y la calidez afectiva del pueblo gomero.

Comenzaron a llegar los primeros grupos de turistas. Para ello fue necesario contratar un servicio de guaguas acorde a los nuevos tiempos, del mismo modo que se había hecho con Tenerife Bus para el servicio terrestre entre Santa Cruz y Los Cristianos. Como entonces no había espacio suficiente para comer en grupos grandes, Ferry Gomera acondicionó un restaurante en Las Rosas, que pronto se convirtió en todo un referente de la gastronomía insular.

Los propios gomeros –importante colonia establecida en Tenerife- tuvieron la oportunidad de reencontrarse con su tierra con una asiduidad hasta entonces impensable y a unos precios muy asequibles. De modo que, en poco tiempo, el garaje del barco se quedó pequeño y en más de una ocasión había que comprar el billete con bastante antelación para conseguir plaza para el coche, y eso que el barco hacía tres viajes diarios y, en determinadas ocasiones, incluso se hicieron cuatro viajes redondos en un solo día, tratando de dar respuesta a la creciente demanda.

Ilustración 7: Varado en las instalaciones de NUVASA, en Santa Cruz de Tenerife



Fuente: *"De la mar y los barcos. Wordpress"*

A bordo del barco se vivieron muchas y muy emotivas vivencias. Memoria que nos hace evocar a quienes fueron sus capitanes: Miguel Ángel Sánchez Conejo, Servando Peraza García, Tomás González Sánchez-Araña, Fernando Salvador Sánchez-Caro, Francisco Rodríguez Aguiar y José Ramón León Herrera.

Este cronista recuerda, especialmente, el viaje que hiciera a La Gomera el ex presidente de la República de Venezuela, Rafael Caldera Rodríguez. Y también algunas situaciones muy críticas, como el temporal registrado en enero de 1979, que destruyó parcialmente el muelle de Los Cristianos y en el que el capitán Francisco Rodríguez Aguiar, con indudable riesgo, logró salvar el barco de lo que se presentía una tragedia segura.

En apenas cinco años, el proyecto de Ferry Gomera se había consolidado plenamente. Hasta el extremo de que en 1980 llegó el momento de su necesario relevo, por un barco más grande en todos los sentidos, que lo sustituyó en octubre del citado año.

Ilustración 8: Relevo en San Sebastián de la Gomera, Octubre de 1980

Fuente: *"De la mar y los barcos. Wordpress"*

La sustitución del primer *Benchijigua* permitió la apertura en agosto de 1981 de una nueva línea entre Playa Blanca y Corralejo, en la que se emplazó este barco, que fue rebautizado con el nombre de *Betancuria*. A pesar de las prometedoras perspectivas, una serie de circunstancias, entre las que influyeron considerablemente las limitaciones que entonces tenían los mencionados puertos, determinó la decisión, en febrero del año siguiente, de aplazar su continuidad a la espera de mejores tiempos.

Ilustración 9: Rebautizado "Akraborg" y abanderado en Islandia

Fuente: ***"****De la mar y los barcos. Wordpress"*

Ello justificó que el barco se pusiera en venta y después de una temporada varado en NUVASA –donde se hicieron diversos trabajos de puesta a punto-, en junio de 1982 lo

compró la compañía islandesa H/F Skallagrimur, con sede en Akranes, siendo abanderado en la matrícula naval del citado país y rebautizado en el nombre de*Akraborg*, cubriendo una línea regular entre el citado puerto de su matrícula y la capital del país, Reykjavik.

Ilustración 10: El buque rebautizado "Saeborg" opera en aguas de Islandia

Fuente: *"De la mar y los barcos. Wordpress"*

En 1998 pasó a la titularidad de la entidad Slysavarnafelag, siendo asignado como buque de entrenamiento del Centro Nacional de Seguridad Marítima y Salvamento del citado país –homónimo de la SASEMAR española, que tan noble labor realiza- y rebautizado con el nuevo nombre de *Saebjorg*, condición en la que permanece desde entonces. Estéticamente, en la estampa marinera del primer *Benchijigua* no se han producido alteraciones significativas, por lo que es fácilmente reconocible y en ella encontramos el barco que hizo posible un nuevo amanecer en la historia de La Gomera.

IV. MATERIAL Y MÉTODOS

1. MATERIAL

1.1 Descripción general del buque

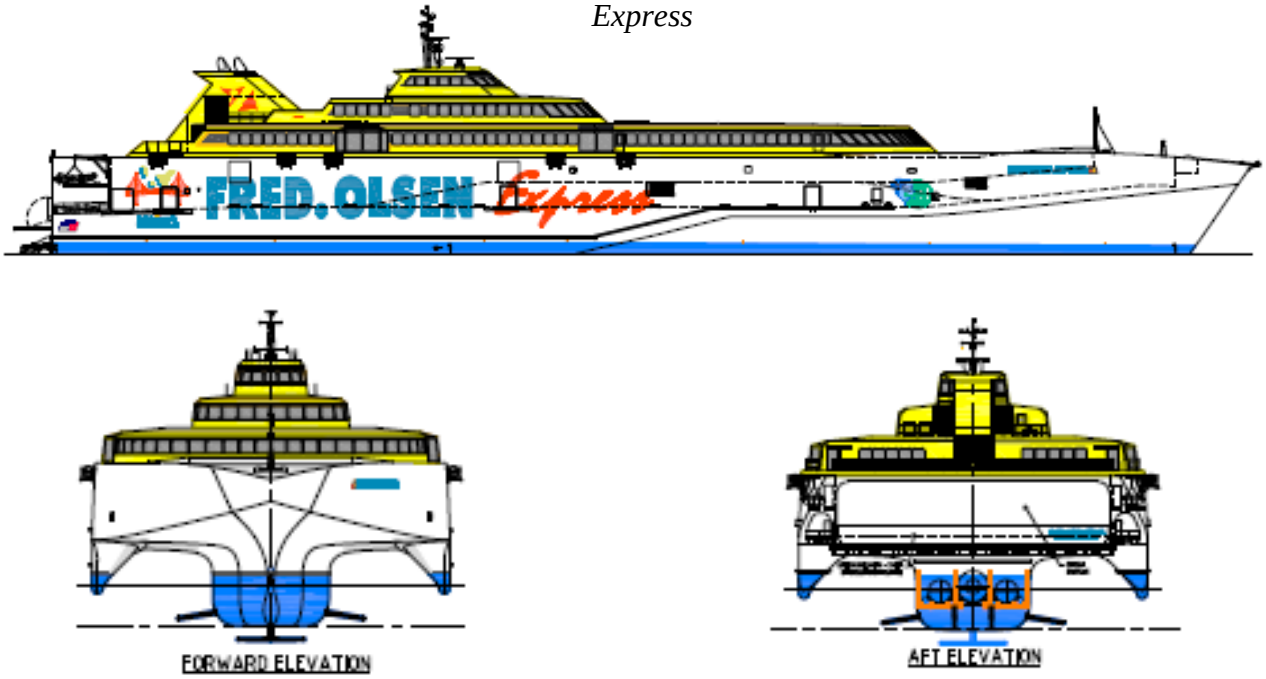
El buque Benchijigua Express, clasificado como el barco trimarán más moderno del mundo, es la construcción número 260 de los astilleros Austal Ships, con sede en Fremantle (Australia) con unas medidas de 126.65 metros de eslora, 30.4 metros de manga y un calado de 4 metro. Desde 2005 este buque cubre la ruta de Tenerife (Los Cristianos) a La Gomera (San Sebastián) en poco más de 50 minutos, también es el ferry que en 2 horas y 55 minutos une Tenerife (Los Cristianos) con La Palma (S.C. de La Palma) .

Se trata de un Ferry rápido de carga mixta, operado por la compañía de origen noruego Fred. Olsen Express, que tiene ganado el sobrenombre de buque insignia de la compañía por ser el único trimarán de la flota y además, el único trimarán del mundo destinado al transporte de mercancías.

Su diseño es el de un buque monocasco simétrico construido de aluminio Marine Grade con incorporación de un bulbo en su proa.

Su velocidad de servicio es de 36 nudos aunque puede alcanzar la velocidad máxima de 42 nudos

Ilustración 11: Vista frontal, lateral y trasera del Fast-Ferry Benchijigua Express



Fuente: 260 Drawig Register

En cuanto a su sistema de propulsión, el buque está provisto por cuatro motores Diesel MTU modelo 20V 8000 alojados en el casco central, capaces de desarrollar cada uno de ellos una potencia de 9.100 KW a un régimen de 1.150 rpm. Su propulsión es por chorro de agua, formado por tres sistemas WaterJets.

Dos waterjets direccionables y reversibles, montados uno a cada banda, alimentados cada uno por un motor diésel acoplado a diferentes reductoras, modelo Renk ASL 65.
Los WaterJets que se encuentran en las bandas a diferencia del Booster son de sistema Kamewa totalmente dirigibles, lo que confiere al buque una mayor maniobrabilidad aparte de la propulsión, en contraposición con el Booster que únicamente entrega potencia.

Los dos motores principales de proa se acoplan a una única reductora, la cual alimenta al Booster, mientras que los motores de popa se acoplan de manera convencional cada uno a su propia reductora, que accionan a los WaterJets.

Un Waterjet único de impulso montado en la línea de crujía del casco, alimentado por dos de los motores principales, a través de dos ejes, uno a cada motor que se acoplan a una misma reductora modelo Renkjets ASL 2x80, con un solo eje de salida.
El barco posee dos hélices de proa azimutales para la ayuda a las maniobras de atraque y desatraque.

La maniobra de entrada y salida de puerto requiere de un procedimiento diferente, siendo preciso moderar la velocidad a seis nudos para posibilitar la acción de dos hélices azimutales situadas a proa, que junto con los WaterJets le confieren toda la maniobrabilidad al buque.

1.1.1 Dimensiones y capacidades

Tabla I: Dimensiones y capacidades Benchijigua Express

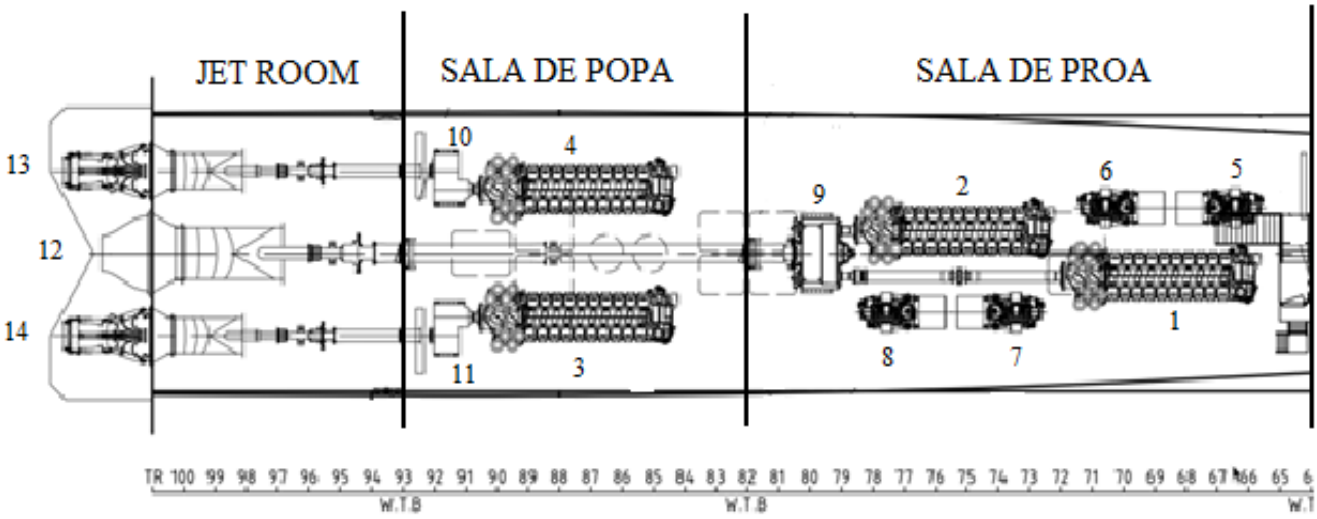
Nombre del buque	Benchijigua Express
Propietario	Fred Olsen, SA.
Numero OMI	9299056
Tipo de buque	Buque de alta velocidad mixto-pasaje
Potencia	36.400 kW
Motores principales	4 x MTU 20V 8000
Constructor	Austal Ships Pty
Tonelaje	8.973 Toneladas
Velocidad	36 nudos
Capacidad	1.350 pasajeros 337 vehículos
Eslora total	126.65 m
Eslora de línea de flotación	114.8 m
Manga	30.4 m
Puntal	8.2 m
Calado (Máximo)	4.0 m
Peso muerto máximo	1.141,05 toneladas
Tripulación	22

Fuente: Plano del buque. General Arrangement

1.2 Sala de máquinas

La sala de máquinas está formada por tres salas claramente diferenciadas: La sala de máquinas de proa, la sala de máquinas de popa y el jet room.

Ilustración 12: Plano de la sala de máquinas del buque



Fuente: 260 Drawing Register

1. Motor principal nº1
2. Motor principal nº2
3. Motor principal nº3
4. Motor principal nº4
5. Generador eléctrico nº1
6. Generador eléctrico nº2
7. Generador eléctrico nº3
8. Generador eléctrico nº4
9. Reductora central
10. Reductora exterior
11. Reductora exterior
12. Booster
13. Waterjet direccionable
14. Waterjet direccionable

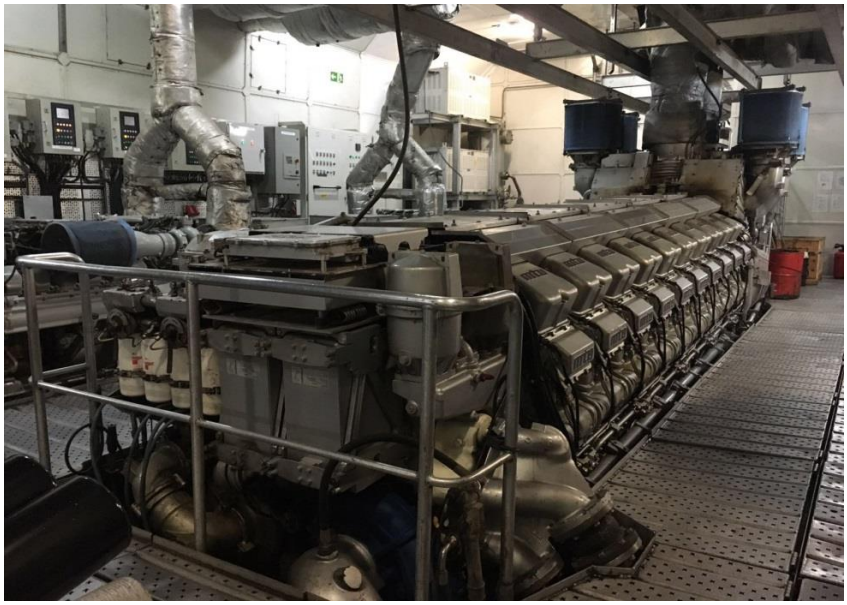
1.2.1 Sala de máquinas de proa

En la sala de máquinas de proa se encuentran dos de los motores principales, el motor principal uno y el motor principal dos, que acoplan a una misma reductora, modelo Renk ASL 2x80, que alimenta al waterjet de empuje Kamewa 180 BII.

Ilustración 13: Motor principal uno

Fuente: trabajo de campo.

Ilustración 14: Motor principal dos



Fuente: trabajo de campo.

El buque está provisto de cuatro generadores eléctricos que se encargan de satisfacer la demanda energética.

Ilustración 15: Generador eléctrico nº1

Fuente: trabajo de campo

Además, en la sala se encuentra un Seachest o caja de mar, que toma agua salada que alimenta a todos los sistemas de la sala que demanden agua salada para refrigerar o para lastrar.

Ilustración 16: Seachest o caja de mar.

Fuente: trabajo de campo.

En esta sala se encuentran dos bombas antiheeling, cuya finalidad es la de trasegar el agua de mar que recibe del seachest a los tanques de lastre con la finalidad de lastrar o deslastrar el buque.

El sistema de contra-incendios es abastecido por las bombas drencher y por las bombas de contra-incendios, que aspiran agua de la caja de mar. Las bombas drencher suministran el agua a los Sprinklers, o rociadores automáticos, que están distribuidos estratégicamente por todo el buque para activarse en caso de detectar humo. Por otro lado, las bombas contra-incendios son las encargadas de impulsar el agua por las mangueras contraincendios en caso de producirse un fuego a bordo.

Ilustración 17: Bomba antiheeling

Fuente: trabajo de campo

Ilustración 18: Bomba drencher y bomba antiheeling

Fuente: trabajo de campo

La sala cuenta con una bomba de sentinas en el lado de estribor, encargada de achicar los fluidos que se encuentran en la sentina de esta sala, normalmente fluidos aceitosos procedentes de pequeñas pérdidas en tuberías, juntas y bombas que pudieran derramarse como consecuencia de la normal operación de la planta propulsora.

En la reductora que se encuentra en esta sala acoplan dos de los motores principales a través de dos ejes, uno de cada motor, para dar salida a un único eje encargado de arrastar al wáterjet de impulso montado en la línea de crujía del casco.

La toma de agua de mar también abastece de agua para la refrigeración del agua dulce de los motores principales y para la refrigeración de los smartpack hidráulicos del sistema de estabilidad del buque (T- Foil, Rolfin e Interceptor) a través de las bombas RCS (Rail Control System)

Además de los elementos esenciales para el funcionamiento de los equipos: Filtros primarios de fuel, bombas de refrigeración, botella de aire comprimido, secador de aire o Dryer, bombas de pre-lubricación, tanque de pérdidas de fuel, etc.

Ilustración 19: Filtros primarios de fuel del motor principal uno

Fuente: trabajo de campo

Ilustración 20: Bomba de pre-lubricación del motor principal dos

Fuente: trabajo de campo

En la sala se encuentran los paneles de control de los motores principales nº1 y nº2 llamados LOP (Local Operating Panel). En estos paneles se operan los motores en modo local, además de mostrar la monitorización de los motores entregando datos como la temperatura, las revoluciones, presiones, etc. Además, también se encuentran en esta sala los paneles de control de los cuatro motores auxiliares.

1.2.2 Sala de máquinas de popa

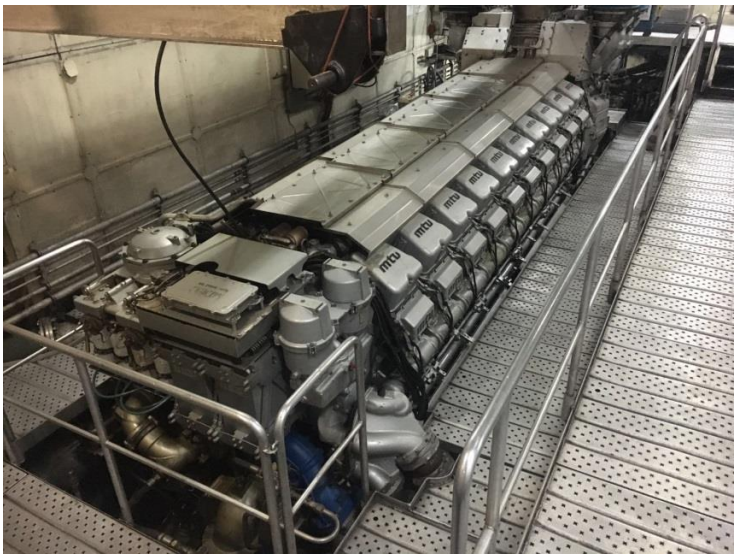
En la sala de máquinas de popa se encuentran el motor principal nº3 y el motor principal nº4 que están acoplados cada uno a una reductora que alimentan a los waterjets direccionables Kamewa 125 SII.

Estos waterjets a diferencia del Booster son de sistema Kamewa totalmente dirigibles, lo que confiere al buque una mayor maniobrabilidad aparte de la propulsión, en contraposición con el Booster que únicamente entrega potencia.

Ilustración 21: Motor principal tres

Fuente: trabajo de campo

Ilustración 22: Motor principal cuatro



Fuente: trabajo de campo

Al igual que en la sala de máquinas de proa, la sala de popa está provista de tomas de agua de mar, en este caso dos, una a cada banda, indicadas también para suministrar agua salada al sistema de contra-incendios, el sistema de lastre y para la refrigeración de los motores.

Ilustración 23: Toma de agua de la sala de máquinas de popa

Fuente: Trabajo de campo

Además, la sala esta provista de una bomba contraincendios que se encuentra a babor, y dos bombas de lastre. Las tres bombas aspiran agua salada de la toma de mar.

Ilustración 24: Bomba drencher

Fuente: trabajo de campo

Cada motor cuenta con una bomba de pre-lubricación situada en la parte inferior del motor, que se encarga de asegurar la mínima fricción entre piezas móviles en el arranque.

Ilustración 25: Bomba de pre-lubricación del motor principal tres

Fuente: trabajo de campo

Además, en la sala se encuentran tres bombas de sentina y una bomba RCS (Rail Control System) que refrigera a los smartpack.

Al igual que en la sala de máquinas de proa, en esta sala también se encuentran los LOP o paneles de control de los motores principales nº3 y nº4, encargados de mostrar la monitorización de los motores además de permitir su operación en modo local.

Ilustración 26: Panel LOP

Fuente: trabajo de campo

En la zona inferior de la sala se encuentra el cojinete del eje de trasmisión de la reductora de los motores principales uno y dos, encargado de reducir la fricción.

Ilustración 27: Cojinete del eje de la reductora de los motores uno y dos

Fuente: trabajo de campo

1.2.3 Jet room

A esta sala llegan los ejes de las tres reductoras que arrastran al booster y a los waterjets.

Ilustración 28: Eje de salida al waterjet

Fuente: trabajo de campo

Ilustración 29: Waterjet

Fuente: trabajo de campo

Además, se encuentra el tanque de sentina, con una capacidad de 1500 litros, el tanque de lodos, con capacidad para 2000 litros, el tanque de aceite lubricante, con 2500 litros de capacidad y el tanque de aceite hidráulico, con 1000 litros de capacidad.

Ilustración 30: Tanque de aceite hidráulico

Fuente: trabajo de campo

Ilustración 31: Tanque de aceite lubricante

Fuente: trabajo de campo

Ilustración 32: Tanque de lodos

Fuente: trabajo de campo

Ilustración 33: Tanque de sentina

Fuente: trabajo de campo

En la sala se encuentran dos smartpac, uno a babor y otro a estribor. Los smartpac son sistemas hidráulicos formado por un tanque de aceite hidráulico, una bomba hidráulica, un motor eléctrico, un filtro, un intercambiador de calor agua salada- aceite y un filtro de recirculación. Tienen su propio circuito de refrigeración y filtración y está monitorizado para controlar el nivel de aceite del depósito, la temperatura, presión hidráulica de la bomba principal y el nivel de obstrucción del filtro.

Ilustración 34: Smartpac de babor

Fuente: trabajo de campo

Ilustración 35: Smartpac de estribor

Fuente: trabajo de campo

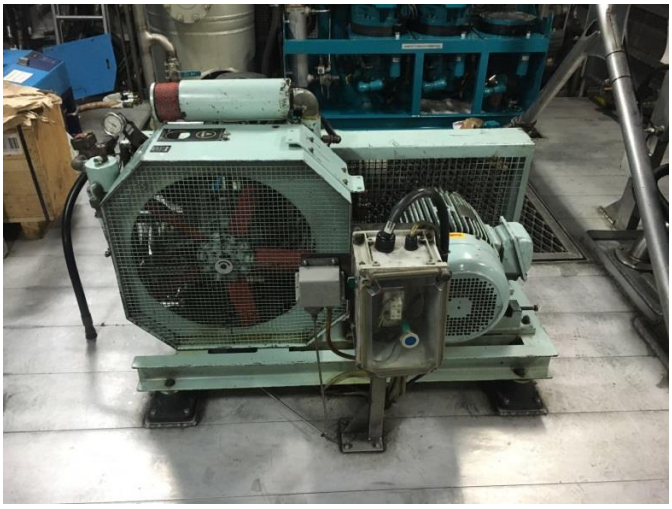
Al igual que en la sala de máquinas de proa y de popa, en los fondos del jet room se encuentra una bomba de sentina encargada de achicar los fluidos que caen y de mandarlos al tanque de sentinas.

Además, la sala está equipada con un sistema de aire comprimido; el aire se comprime mediante el compresor y se almacena en la botella para posteriormente suministrar la presión requerida. El almacenar el aire comprimido en botellas nos permite disponer de margen para arrancar el motor varias veces sin requerir el funcionamiento de los compresores. Además, el secador de aire nos permite extraer la humedad del aire. La botella cuenta con una purga para descargar la humedad condensada.

Ilustración 36: Botella de aire comprimido

Fuente: trabajo de campo

Ilustración 37: Compresor de aire



Fuente: trabajo de campo

Ilustración 38: Secador de aire

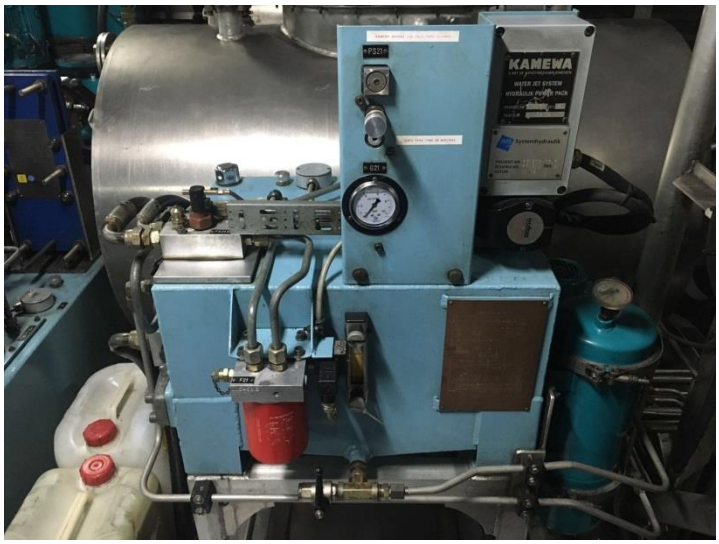
Fuente: trabajo de campo

Separador de sentina, se encarga de depurar el fluido de la sentina para separar el aceite y el agua aprovechando la diferencia de densidad. El agua libre de aceite se puede expulsar al

mar por medio de la bomba de descarga acoplada en el separador. En el mamparo de estribor se encuentra la descarga de la bomba de lodos.

El sistema hidráulico de los wáter jets se emplea principalmente para el manejo de la tobera de dirección y la marcha atrás manejando la posición de la cuchara, y para mantener la presión de aceite que lubrica el cojinete. El sistema está formado por una válvula hidráulica, un colector de aceite y una bomba que se acciona electrónicamente. Además, posee un filtro separador de agua y aceite de los waterjets.

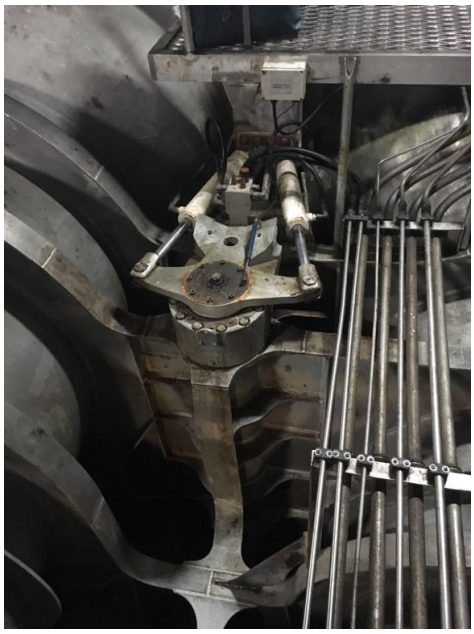
Ilustración 39: Sistema hidráulico del waterjet



Fuente: trabajo de campo

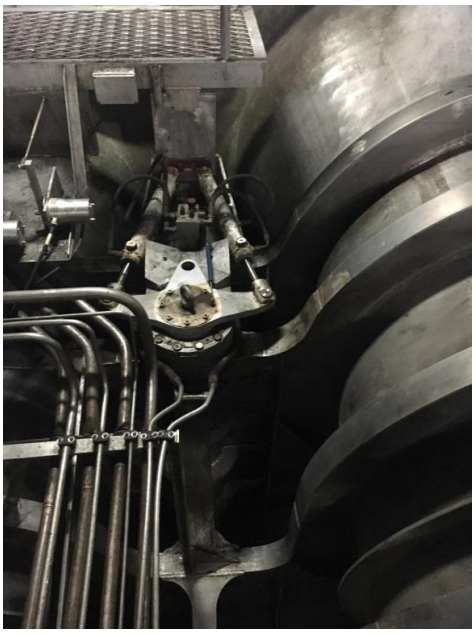
En la zona inferior de la sala, al lado de los waterjets se puede observar la zona superior de los dos T-max de los que dispone el buque. El T-max es un elemento tipo timón encargado de ayudar en la dirección del buque reorientando el fluido que pasa en torno al casco. La superficie de control, la pala del timón, es de bronce de fundición y aluminio y níquel. Está montado en un eje de acero que gira en un cojinete inferior. El extremo superior del eje aloja el cojinete superior y se gira por los accionadores hidráulicos.

Ilustración 40: T-max de babor



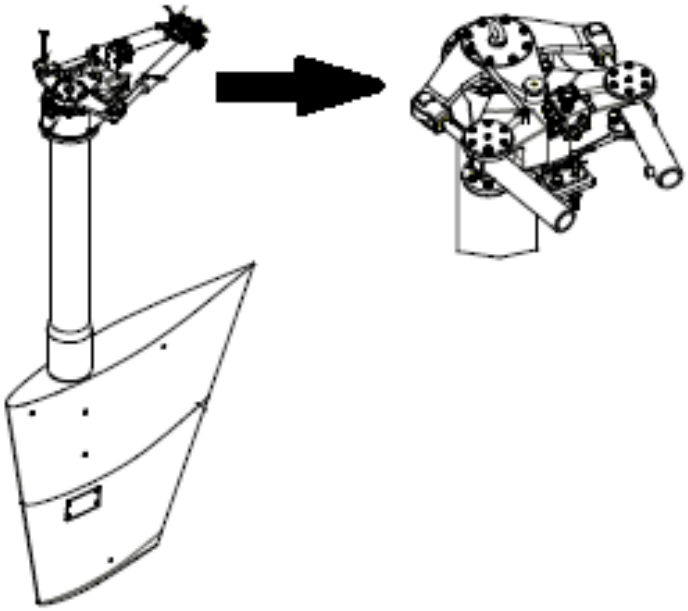
Fuente: trabajo de campo

Ilustración 41: T-max de estribor



Fuente: trabajo de campo

Ilustración 42: Diseño del T-max



Fuente: manual Seastate T-max

2. METODOLOGÍA

El procedimiento llevado a cabo para alcanzar los resultados en los que se fundamenta el proyecto ha consistido en un continuo trabajo de campo e investigación llevado a cabo para conocer y entender los diferentes equipos, junto con la lectura de manuales y la visualización de planos, pudiendo así hacer acopio de datos de donde extraer información veraz y válida para el estudio.

Dentro del trabajo de campo se incluye el mantenimiento nocturno llevado a cabo, donde se realizaban no sólo tareas correctivas en los equipos que lo requirieran sino además trabajos basados en el mantenimiento preventivo pertinente.

V. RESULTADOS

1. MOTORES PRINCIPALES

1.1 Descripción general

Los motores principales del buque son motores Diesel de cuatro tiempos MTU modelo 20V 8000. Este tipo de motores están provistos de 4 válvulas por cilindro e inyección directa. Son motores controlados por 24 voltios con arranque por aire y secuencia automática de arranque. Formados por 20 cilindros en V con un ángulo de inclinación de 48º, la potencia que desarrolla cada motor es de 9100 KW, 450 KW por cilindro.

El sistema de inyección que emplea es Common-rail controlado electrónicamente.

La sobrealimentación del motor la realizan cuatro turbocompresores secuenciales con refrigeración del aire de admisión. Este tipo de motores poseen su propio sistema de gestión electrónica centralizada en el ECU (Engine Control Unit) EMU (Engine Monotoring Unit) y LOP (Local Operating Panel).

Entre sus beneficios destaca el bajo consumo de fuel dentro de su rango nominal de trabajo, bajo consumo de aceite lubricante, fácil mantenimiento, y demás características que son conformes a la compatibilidad medio ambiental de IMO de las emisiones de NOX que certifican las normas.

El agua de refrigeración de los motores se le añade BASF Glysacorr G93-94, al 10% un aditivo soluble que inhibe la corrosión

Hay tres tipos de refrigerantes los cuales son requeridos por MTU. Estos son:

- Aceite emulsionante preventivo-corrosión: MTL 5047
- Anticongelante (inhibidor de corrosion): MTL 5048
- Inhibidor de corrosión soluble en el agua: MTL 5049

1.2 Dimensiones de los motores

Tabla II: Dimensiones motores MTU 20V 8000

Longitud máxima	7405 mm
Ancho máximo	2410 mm

Altura máx. (Incluyendo silenciadores de entrada de aire)	4055 mm
Peso en seco	44,500 kg

Fuente: manual operación del buque

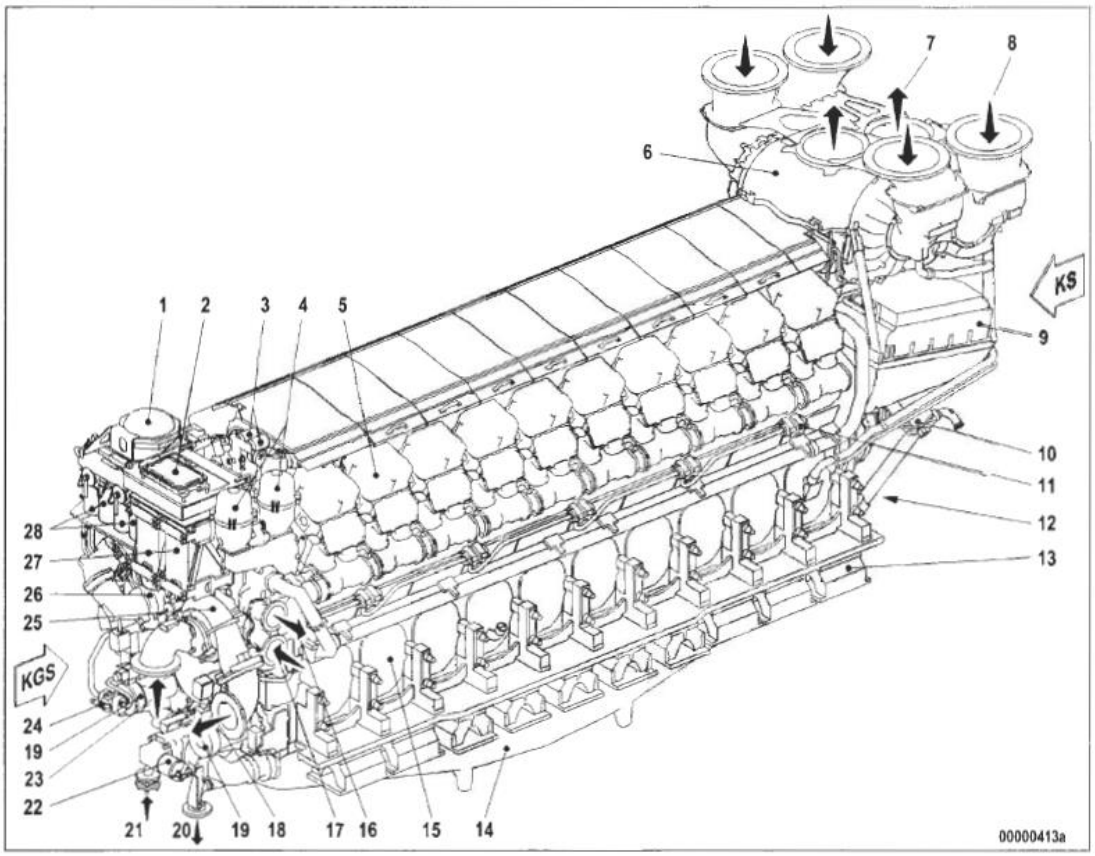
1.3 Especificaciones generales

Tabla III: Especificaciones generales motores principales

Potencia contínua	8200Kw
Revoluciones de operación	1150rpm
Revoluciones de ralentí	400rpm
Cilindros y características	20 cilindros, 48º V
Calibre	265mm
Carrera	315mm
Desplazamiento por cilindro	17.37 Litros
Desplazamiento total	347.40 Litros
Radio de compresión	16.2:1
Velocidad del pistón	12.1m/sg
Método de arranque	Motor de arranque por aire
Rotación (visto desde Flywheel end)	Sentido horario-dextrógiro
Rating de condiciones ambientales	25ºC aire y 25ºC agua de mar

Fuente: manual operación de buque

Ilustración 43: Motor principal MTU 20V 8000



Fuente: manual MTU 2000

1. Filtro automático
2. ECU
3. Filtro refrigerante
4. Filtros centrífugos
5. Unidad de potencia
6. Carcasa del turbocompresor
7. Salida del escape
8. Entrada de aire
9. Intercooler
10. Arranque del aire
11. Common rail
12. PTO
13. Bancada
14. Colector de aceite
15. Cigüeñal

16. Refrigerante del módulo refrigerador
17. Refrigerante desde módulo refrigerante
18. Salida del agua salada
19. Bomba de alta presión del combustible
20. Hacia la bomba de cebado de aceite lubricante
21. Desde la bomba de cebado de aceite lubricante
22. Bomba de aceite
23. Entrada de agua salada
24. Bomba de suministro de combustible
25. Bomba de agua salda
26. Bomba del refrigerante
27. Intercambiador de calor de aceite
28. Filtro de fuel

1.4 Arranque de los motores

1.4.1 Después de una parada prolongada.

Después de un periodo superior a tres meses de parada de los motores y antes de arrancarlos se deben seguir los pasos siguientes:

- Desproteger el motor.
- Chequear el nivel de aceite de los mismos.
- Cebar el filtro primario de combustible.
- Cebar la bomba de agua salada si se encuentra debajo de la línea de flotación.
- Si la parada ha sido superior a un año se deben cambiar los refrigerantes.
- Chequear la conexión al ECU.
- Arrancar el sistema de control del motor y pulsar listo para operar.
- Pulsar la prueba de lámparas del LOP.
- Chequear el nivel de refrigerante en el LOP.
- Precalentar el refrigerante con la unidad de precalentamiento.

1.4.2 Arranque diario

Antes de arrancar los motores todas las mañanas, se debe seguir los siguientes pasos:

- Abrir purgas del motor.
- En el LOP, seleccionar operación en local y luego pulsar el listo para operar.
- Seleccionar el botón de giro/purga del motor.
- Después de terminar esto. Presionar el botón de "Arranque de motor".

Antes de arrancar el motor se debe haber realizado el mantenimiento diario y el periódico del mismo. Para así prevenir mayores reparaciones en el futuro.

1.4.3 Arranque del motor desde el LOP (Local Operation panel)

- Asegurarse de que el motor está en condición de no carga
- Poner en "On" el interruptor del sistema de control del motor.
- Presionar el botón Ready for operation en el panel principal del LOP, el botón debe iluminarse intensamente.
- Presionar el botón de "Start" el botón debe iluminarse intensamente.

Cuando el botón de "Start" es presionado, el motor realizara un chequeo general de seguridad. El arranque automático se realizara una vez haya terminado este chequeo general del motor. Los tacómetros indicaran un aumento de la velocidad del cigüeñal, una vez la velocidad se estabilice en la condición de ralentí el botón de "Start" volverá a su iluminación habitual.

1.5 Parada de los Motores

1.5.1 Parada de los motores desde el LOP

Para realizar la parada del motor de manera local, primero se procede al desembrague de la reductora desde el LOP. Se espera a que las revoluciones del motor bajen a las revoluciones al ralentí y se observa la temperatura. Cuando la temperatura del motor se mantenga estable, se para el motor en LOP mediante el botón "Stop".

1.5.2 Parada del motor en emergencia

La parada de emergencia del motor se realiza de manera local, se procede a abrir la tapa se seguridad del botón de parada de emergencia. Se presiona el botón de parada de emergencia y esta orden es ejecutada por el ECU (Engine Control Unit) que parará el motor. La parada del motor en emergencia viene acompañada de una alarma sonora y del parpadeo del botón.

1.5.3 Después de una parada de emergencia

- Presionar el botón de reconocimiento de alarma dos veces.

Después de haber presionado este botón la primera vez, tanto la alarma acústica como la visual desaparecerán.

Al presionar por segunda vez el botón de reconocimiento de alarma, el ECU volverá a tener corriente eléctrica y la alarma se desactivará.

1.5.4 Después de una parada de la maquina

- Si el refrigerante existente en el enfriador fuese insuficiente para la temperatura de la misma, debe ser drenado.
- Si el motor fuese a pasar un largo periodo fuera de servicio, drenar toda el agua deb refrigeración del mismo.
- Parar el sistema de control de los motores
- Si el motor va estar parado por más de una semana, cerrar el sello de entrada de aire y salida de escape.
- Si la parada del motor es superior a un mes, realizar todos los pasos para preservar el motor.

1.6 Operación de chequeo

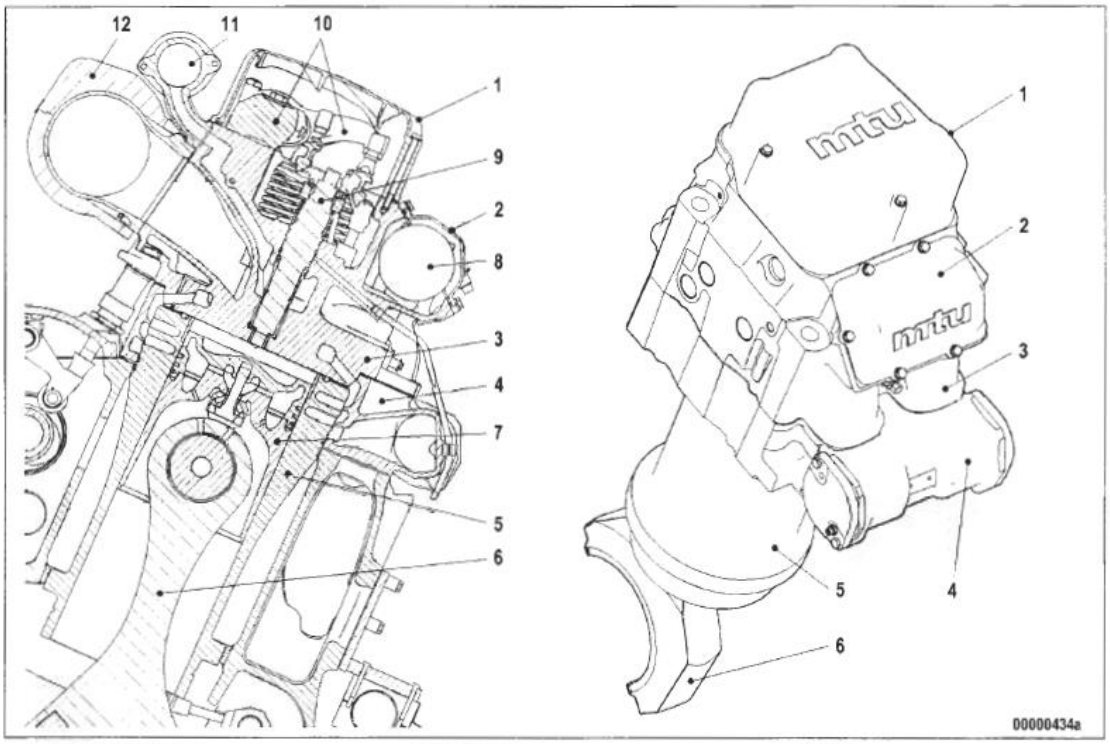
- Chequear el color de los gases de escape.
- Chequear todas las líneas de condensación de posibles fugas y obstrucciones.
- Chequear la lana de los filtros.
- Chequear la presión diferencial del pre-filtro de combustible.
- En LOP chequear el nivel de refrigerante.
- En LOP chequear el nivel de aceite.

- Chequear ruidos en el giro, tuberías internas y externas de posibles pérdidas y chequear la velocidad, presiones y temperaturas en LOP.
- Drenar el sistema de aire de posibles condensaciones.

1.7 Avería

2.7.1 Cambio de la unidad de potencia del motor principal

Ilustración 44: Unidad de potencia del motor principal

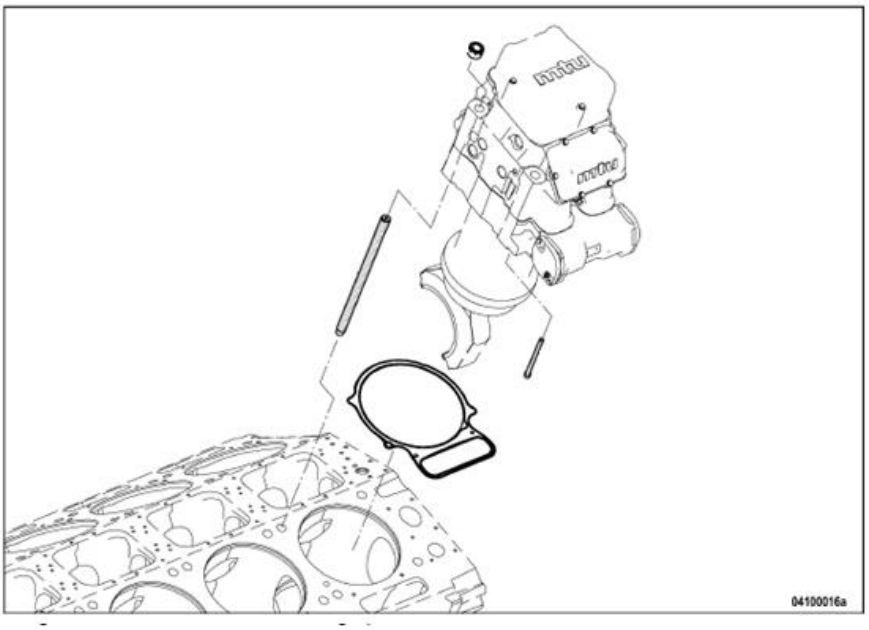


Fuente: manual MTU 8000

1. Tapa de la cabeza del cilindro
2. Tapa del acumulador
3. Cabeza del cilindro
4. Espaciador
5. Camisa del cilindro
6. Biela
7. Pistón
8. Acumulador de presión
9. Inyector

10. Válvulas
11. Salida del refrigerante
12. Escape

Ilustración 45: Montaje de la unidad de potencia en el motor



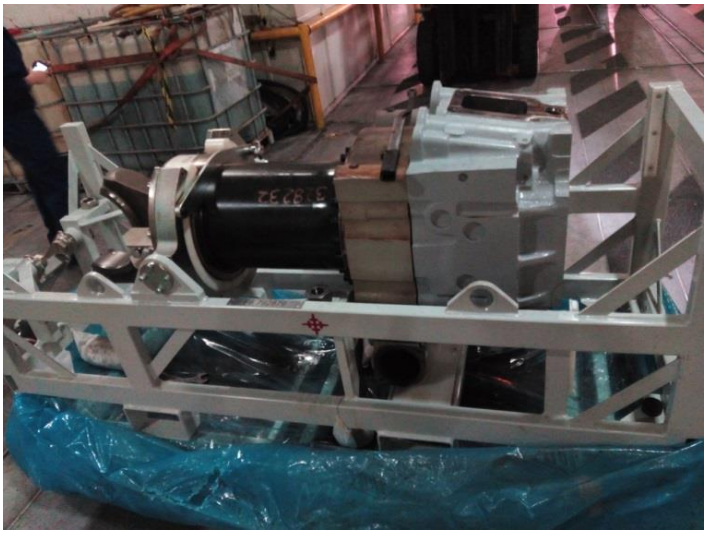
Fuente: manual MTU 8000

1.7.2.1 Descripción

En este tipo de motores es frecuente el cambio de las unidades de potencia debido al deterioro del asiento de la válvula, por donde se introduce agua de refrigeración del motor en el cilindro. Una particularidad de estos motores es que no se desmontan para cambiar el asiento o el elemento que requiera ser remplazado, si no que se extraer la unidad de potencia por completo.

Este tipo de trabajos y reparaciones lo realiza personal externo de la empresa, perteneciente a una subcontrata del fabricante de los motores (MTU). Para el apoyo y la agilización del trabajo, el personal de mantenimiento nocturno trabaja con ellos preparando la unidad nueva a colocar y encargándose de la extracción de la unidad de potencia defectuosa.

Ilustración 46: Unidad de potencia nueva en su soporte



Fuente: trabajo de campo

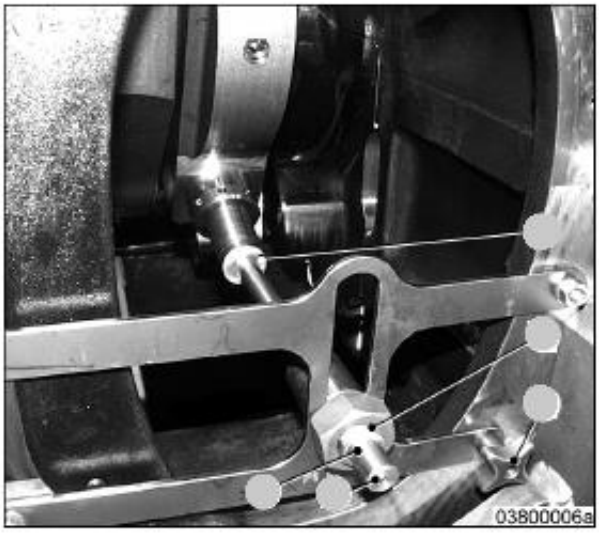
El proceso comienza introduciendo la nueva unidad de potencia en el barco mediante la carretilla elevadora de la que dispone la empresa. Parte del personal comienza con los trabajos de preparación de la unidad. Las unidades de potencia se extraen e introducen en la sala de máquinas desde el garaje del buque. Para ello, se desatornilla y retira la tapa del suelo del garaje correspondiente, acción que realiza el personal de la empresa. Para el movimiento de las unidades de potencia se requiere de un tecle, en este caso eléctrico, que se encuentra en el techo del garaje y que ha de ser descubierto retirando las lamas del techo.

Para la preparación de la nueva unidad de potencia, se comienza desembalándola de la caja en la que viene. Posteriormente, se quita la tapa del cojinete de la biela y se baja a la sala de máquinas. Se asegura de que los dispositivos de retención para la biela y el pistón están instalados de forma segura. Se prepara el cojinete de la biela. Para ello, se limpia y se comprueba que el cojinete está alineado con la carcasa y se lubrica con aceite. Se coloca y fija una placa en la culata, necesaria anclar la unidad de potencia y con el gancho que posee, poder transportarla. El enganche de la placa se regula hasta darle cierto grado de inclinación, que será el necesario para la introducción de la nueva unidad de potencia en el motor. Se prepara la unidad y el asiento para la instalación, para ello, se limpia cuidadosamente la cara de acoplamiento de la unidad de potencia en el cárter. Apriete del perno a 100 Nm. Se colocan las nuevas juntas de la unidad de potencia, comprobamos que la alineación es la correcta y lubricamos el cojinete de la biela.

Se engancha la unidad de potencia al tecle y se sueltan los accesorios que amarran la unidad de potencia a su soporte. Una vez está libre, se procede a la elevación de la misma con el tecle para la introducción en la sala de máquinas.

De manera previa al comienzo del desmontaje de la unidad defectuosa, se vacía el agua de refrigeración del motor. Los operarios de MTU preparan los útiles y máquinas necesarias para este trabajo y comienzan el desmontaje. En primer lugar, instalan el dispositivo de posicionamiento para el tren de rodaje. Después, giran el cigüeñal a la posición correcta para poder retirar la unidad de potencia. Con el dispositivo de restricción se gira el cigüeñal hasta el tornillo inferior de la tapa del cojinete de la biela, y se extrae la tapa del cojinete. Se ha de limpiar los tornillos, la tapa y las tuercas.

Ilustración 47: Operación de giro del cigüeñal



Fuente: manual MTU 8000

Una vez realizado esto, se asegura la tapa del cojinete superior de la biela instalando el dispositivo de retención asegurándolo contra su caída. Posteriormente se gira el cigüeñal hasta el punto muerto superior, y la muñequilla de la unidad de potencia. De esta manera el cigüeñal estará asegurado en esta posición. Se instala la sujeción del pistón, que se ha fijado en el punto muerto superior. Se liberan los espárragos de la unidad de potencia. Los espárragos se extraen por alargamiento, extrayendo de manera simultánea los cuatro espárragos empleando 2300 bar de presión. Durante esta operación se ha de asegurar que la presión hidráulica no se exceda ni baje de los 2300 bar.

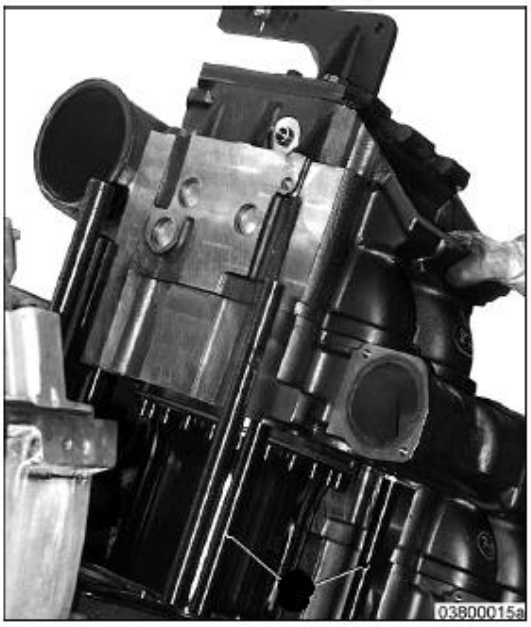
Para la extracción de la unidad, se engancha ésta con las cadenas al tecle de la sala de máquinas, asegurándose de que está firmemente anclada. Se ha de levantar

cuidadosamente prestando especial atención de no golpear la biela. Una vez es extraída del motor, será transportada con el tecle de la sala hasta la zona que se ha habilitado para la extracción de la misma de la sala de máquinas. En coordinación con los operarios que se encuentran en el garaje, se anclará al tecle del garaje para así extraerla. Posteriormente se procede a montarla en el soporte en el que se encontraba la unidad nueva, se prepara colocándole los amares y las protecciones pertinentes, se cierra la caja y con el elevador se saca del buque.

Una vez extraída la unidad defectuosa y preparada la unidad de potencia nueva, se procede a su montaje.

Para la instalación, en primer lugar se comprueba que el cárter no esté dañado. Para asegurarlo, con el dispositivo de restricción se gira el cigüeñal hasta aproximadamente 30º antes del punto muerto superior. Se colocan las juntas nuevas. Seguidamente se comienza a colocar la unidad en el motor prestando especial atención a la biela para no golpearla.

Ilustración 48: Introducción de la unidad de potencia en el motor

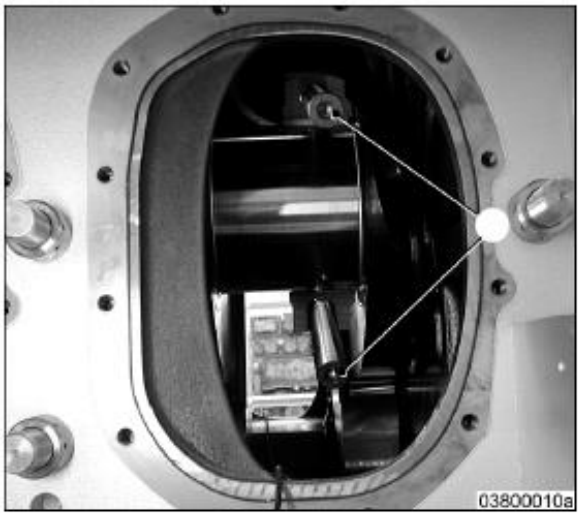


Fuente: manual MTU 8000

Se asegura la colocación de los tubos. Una vez asentada la unidad en el motor, se comprueba su correcta posición y se suelta el enganche del tecle. Se retira la placa de la culata que se había colocado para el transporte de la unidad de potencia. Se gira el cigüeñal hasta el punto muerto superior y con el dispositivo de restricción, se gira hasta que el perno de la manivela haya alcanzado el punto muerto superior y la biela esté en pleno contacto

con la muñequilla. Se procede a la extracción del útil que sujetaba el pistón. Se eliminan los accesorios que fijaban el cojinete de la biela y se instalan de manera manual los espárragos del cojinete.

Ilustración 49: Instalación de los espárragos el cojinete de la biela



Fuente: manual MTU 8000

Posteriormente, se aprietan los pernos prisioneros a 10 Nm. Una vez finalizada esta acción, se procede a la colocación de la tapa del cojinete. Finalmente se comprueba de manera manual que no exista juego axial en el cojinete.

Una vez se hayan finalizado los trabajos, se procederá a recoger las herramientas que se hayan requerido y se limpiará todo aquello que se haya manchado. Se procederá al llenado de agua de refrigeración del motor, se arrancará y se comprobará su correcto funcionamiento.

1.7.2 Cambio de los cojinetes de fricción del motor principal

Se trata de una avería en los cojinetes de fricción del cigüeñal de un de los motores principales. Los cojinetes de fricción son elementos que se desgastan normalmente con el tiempo y por la carga de trabajo a la que son sometidos. Los cojinetes pueden sufrir anomalías antes de estos periodos de desgaste normal, que se deberán solucionar lo antes posible, para evitar problemas mayores. Normalmente estos desgastes son sufridos por la falta de aceite o presión de lubricación, impurezas en el aceite lubricante provenientes de otra parte del motor, o fallas en el material de los tapillas o del muñón del cigüeñal, que

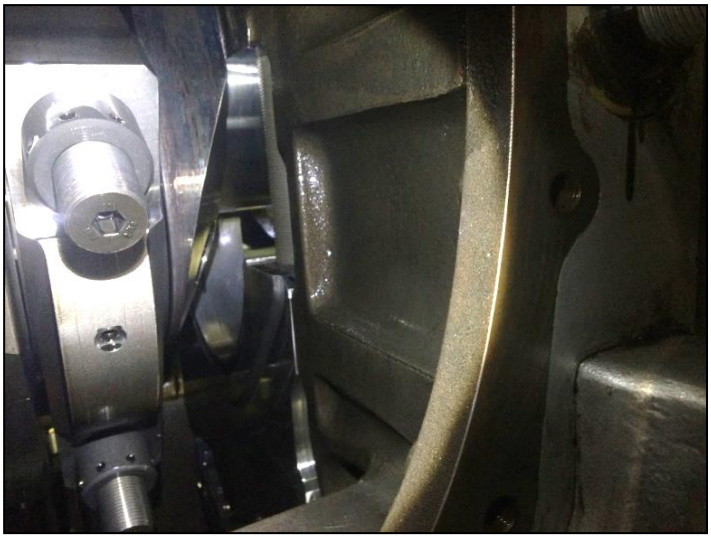
provocan el contacto directo metal-metal, y por consiguiente un aumento de la temperatura crítico, lo que podría producir que se gripara el cojinete.

Los desgastes más comunes son:

- Desgaste adhesivo
- Desgaste abrasivo
- Desgaste por fatiga
- Desgaste corrosivo
- Desgaste por erosión

1.7.2.1 Descripción

Ilustración 50: Cojinete y cabeza de biela del motor



Fuente: trabajo de campo

Los motores marinos de gran potencia implementan una serie de sensores para su monitorización, poseen sondas de temperatura, sensores de presión, posición, etc… para monitorizar estas variables en cada uno de los pistones, cojinetes y otros elementos del mismo, en el caso del motor expuesto cada cojinete de bancada tiene un sensor de temperatura, lo que permite recibir información detallada en todo momento, además de una serie de alarmas en el caso de que se supere una determinada temperatura.

Este trabajo se realiza con al menos 3 operarios, y para evitar la manipulación del motor de forma remota, una vez este haya parado se deberá pasar el control en el L.O.P. (Local Operation Panel) a modo local de operación.

Ilustración 51: LOP (Local Operational Panel)

Fuente: trabajo de campo

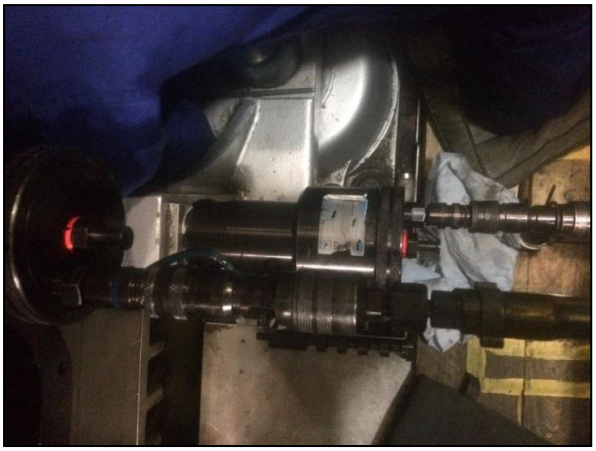
Seguidamente colocamos el virador eléctrico del tren alternativo en el espacio donde se encuentra el motor de arranque por aire comprimido, sacamos la tapa y aseguramos el virador a la carcasa, después engranamos el piñón de ataque que se encuentra retraído sobre la corona del cigüeñal, una vez hecho, ya podremos controlar el giro del cigüeñal por medio de un mando.

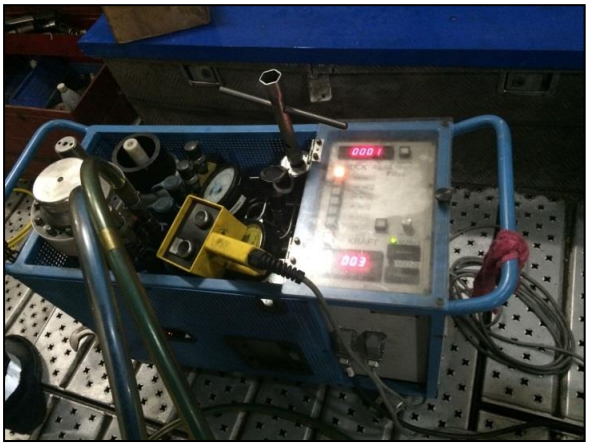
Quitamos las tapas correspondientes a los espacios donde se encuentran las cabezas de biela y los sombreretes de las tapillas del cigüeñal a cada lado del bloque motor.

Procedemos a aflojar los pernos que sujetan el sombrerete, en total son 6, 4 laterales y 2 verticales.

Aflojamos primero los pernos laterales de ambos lados, para ello los tensores hidráulicos aplican una fuerza de 2300 bar, tendremos en cuenta de que los tensores no deben llevarse hasta el tope al enroscarlos a los pernos, ya que al aflojar la tuerca se podrían quedar atascados.

Ilustración 52: Bomba y tensores hidráulicos





Fuente: trabajo de campo

Una vez flojos se dejan presentados, quitamos la sonda de temperatura que se encuentra en la parte inferior del sombrerete. La rosca de la sonda sirve a su vez para que con el útil específico se puedan colocar los tensores en el interior del cárter y así aflojar los pernos verticales. Sin este útil la maniobra sería difícil de ejecutar ya que los tensores pesan mucho y la posición para su colocación es incomoda, además del riesgo de que caigan al cárter y puedan dañar otros elementos.

Ilustración 53: Tensor hidráulico

Fuente: trabajo de campo

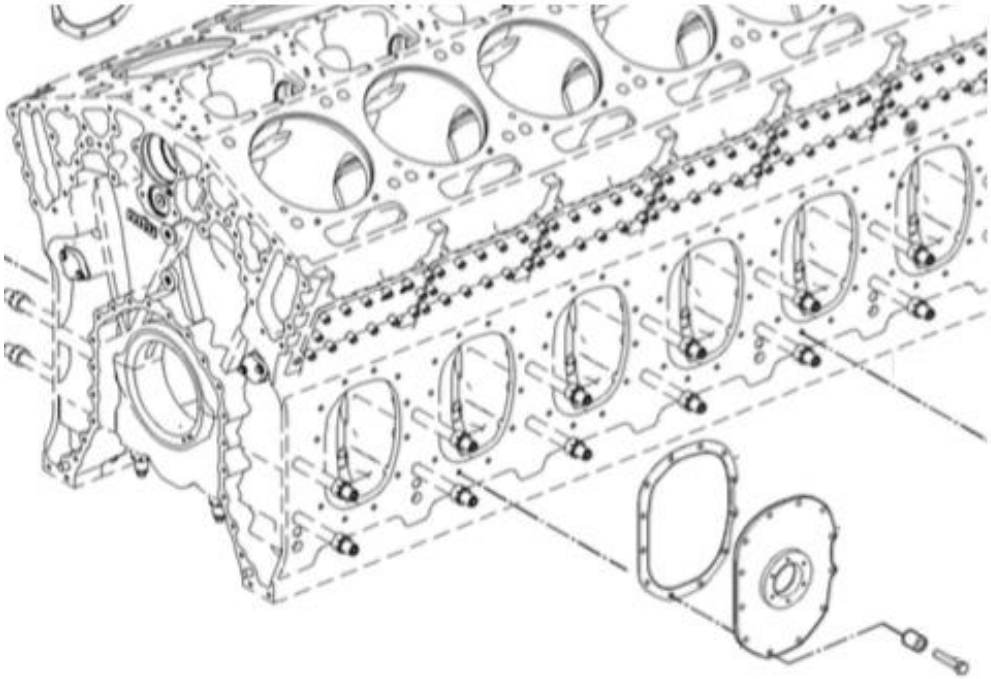
Una vez se han aflojadas las tuercas de los pernos y de quitar los tensores y el útil para poder colocarlos, se utilizan dos útiles que soportaran el gato hidráulico para poder bajar el sombrerete y acceder a la tapilla del cojinete.

Ilustración 54: Gato hidráulico

Fuente: trabajo de campo

Colocado el gato hidráulico y apoyado el peso del sombrerete sobre el mismo, podemos sacar los pernos laterales que habíamos dejado presentados para bajar poco a poco la pieza, lo hacemos de varias veces ya que el recorrido del gato es inferior al total que debe recorrer el sombrerete para poder acceder a la tapilla.

Ilustración 55: Tapas del bloque motor



Fuente: manual MTU 2000

Ilustración 56: Muñón del cigüeñal y tapilla de cojinete

Fuente: trabajo de campo

Cambiamos la tapilla por una nueva y después de colocar aceite lubricante en su superficie, procedemos de manera inversa para volver a colocar los tensores hidráulicos y poder apretar las tuercas de los pernos. Al apretar los mismos, el primer apriete se hace a 250 bar y el segundo a 2300 bar.

Ilustración 57: Tapilla nueva

Fuente: trabajo de campo

2. GENERADORES ELÉCTRICOS

2.1 Descripción general

Los generadores eléctricos del buque son motores Diesel de cuatro tiempos. Son motores refrigerados por líquido, con inyección directa y turbocompresor de una sola etapa secuencial. Arranque por aire comprimido y modo de arranque automático secuencial.

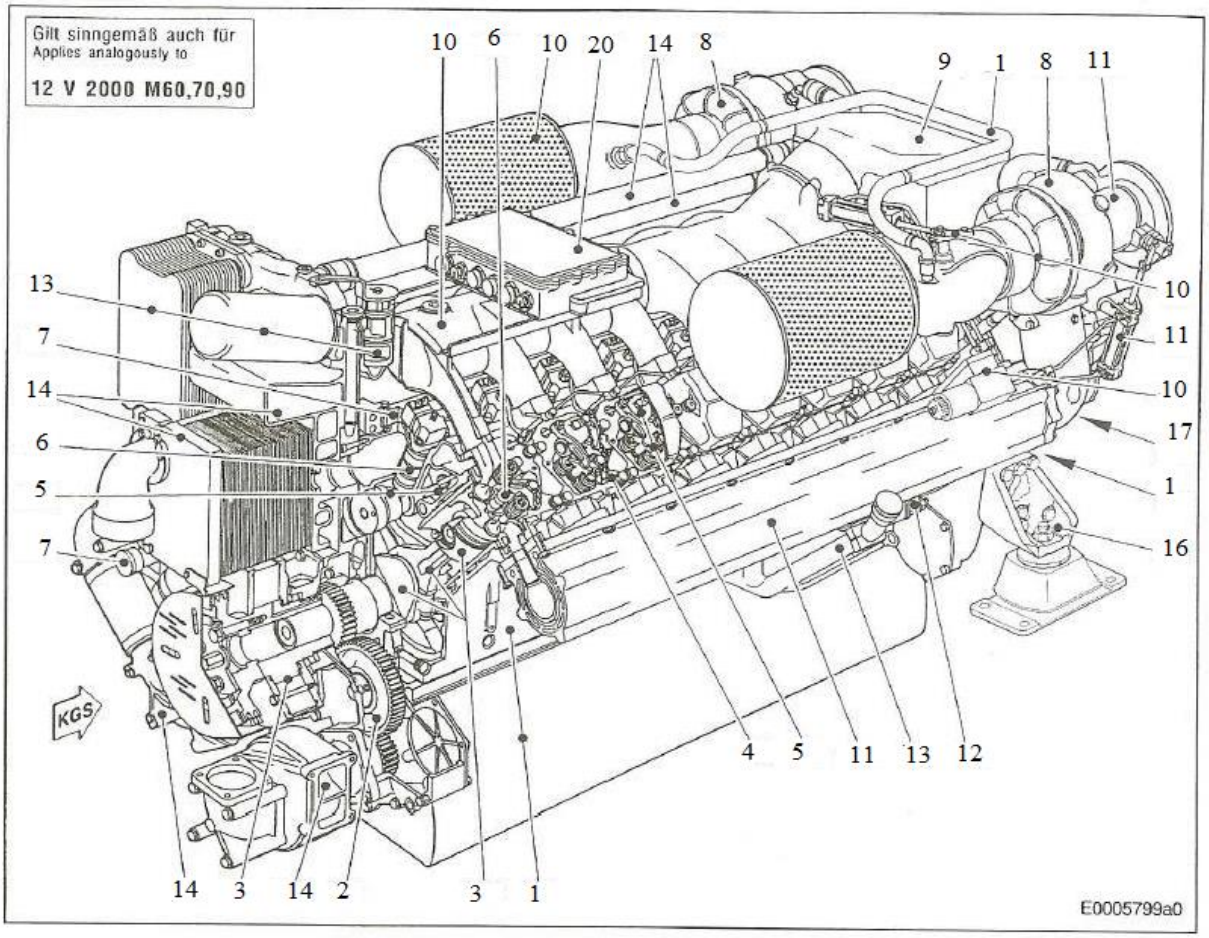
2.2 Especificaciones generales

Tabla IV: Especificaciones generales generador eléctrico

Potencia continua	575 kW
Revoluciones de operación	1150 rpm
Cilindros	12 cilindros, 90º V
Calibre	130 mm
Carrera	150 mm
Desplazamiento por cilindro	1.99 Litros
Desplazamiento total	23.88 Litros
Radio de compresión	15.2:1
Velocidad del pistón	7.5 m/ sg
Método de arranque	Motor de arranque por aire
Rotación (Visto desde el Flywheel end)	Sentido anti-horario

Fuente: manual operación de buque

Ilustración 58: Generador eléctrico



Fuente: manual MTU 2000

1. Carcasa
2. Tren de engranaje
3. Engranaje
4. Cabeza del cilindro
5. Válvula de engranaje
6. Sistema de fuel (Alta presión)
7. Sistema de fuel (Baja presión)
8. Escape del turbocompresor
9. Refrigeración del aire de alimentación
10. Toma de aire
11. Tubería de escape
12. Sistema de arranque
13. Sistema de aceite

14. Sistema de refrigeración
15. Fuente de alimentación
16. Montaje
17. Sistema PTO.
18. Sistema de escape
19. Sistema de agua salada
20. Sistema de control y monitorización

2.3 Puesta en marcha del generador

Antes de comenzar con la operación de la máquina y como medida de seguridad, el motor debe de estar parado para evitar un arranque accidental, y de manera diaria y periódica antes de proceder al arranque de los generadores, se han de realizar las siguientes operaciones de chequeo:

• Comprobar el nivel de aceite lubricante.
• Comprobar el nivel de líquido refrigerante.
• Precalentar el líquido refrigerante a través de la pre- calentador.
• Vaciar el pre - filtro de combustible.
• Comprobar el estado de la correa de transmisión del generador de carga.
• Encender el sistema de control, y pulsar el botón de “Ready for start”

Además, para el arranque del generador, antes se debe determinar si la puesta en marcha se efectúa tras un periodo prolongado de la máquina fuera de servicio o si se trata de una breve parrada de funcionamiento, ya que la forma de proceder al arranque será totalmente distinta. A continuación, se tratan los procedimientos de arranque a seguir tras una parada breve, es decir, los arranques diarios.

2.4 Arranque del motor desde LOP

- Asegurarse de que el motor se encuentra en la condición sin carga.
- Encender el sistema de control del motor en operación local.
- Se activa el modo de funcionamiento.
- Pulsar el botón “Ready for start” en el LOP.
- Pulsar el botón “Start” en el LOP.

- Comienza el procedimiento de arranque automático.
- Se realizan las comprobaciones de funcionamiento.
- Durante la operación, los siguientes controles operacionales deben ser ejecutados de manera periódica:

  - Con el motor bajo carga a la velocidad nominal de funcionamiento, inspeccionar visualmente el estado del generador y comprobar que no haya fugas o ruidos anormales.
  - Comprobar si la presión del pre-filtro de combustible está dentro de los límites nominales de funcionamiento.
  - Comprobar la línea de drenaje del intercambiador.
  - Comprobar la posición del anillo de la señal del filtro de aire.
  - Comprobar el orificio de aireación de la bomba de refrigerante.
  - Comprobar el orificio de alivio de la bomba de agua de mar.

2.5 Parada del motor desde el LOP

- Antes de parar el motor, retirar la carga y bajar las revoluciones del motor al ralentí.
- Continuar haciendo funcionar el motor al ralentí hasta que la temperatura de funcionamiento haya disminuido y se haya estabilizado.
- Pulsar en el LOP el botón de “Stop”. Una vez se lleve a cabo la acción el motor se parará.

2.5.1 Parada de emergencia desde el LOP

- Abrir la tapa de parada de emergencia en el LOP y pulsar el botón.
- La fuente de alimentación a la ECU se detendrá y parará el motor.
- Comienza a parpadear el botón de “Stop” y debido a que es una parada de emergencia, una alarma acústica comenzará a sonar.

2.5.2 Después de la parada de emergencia desde LOP

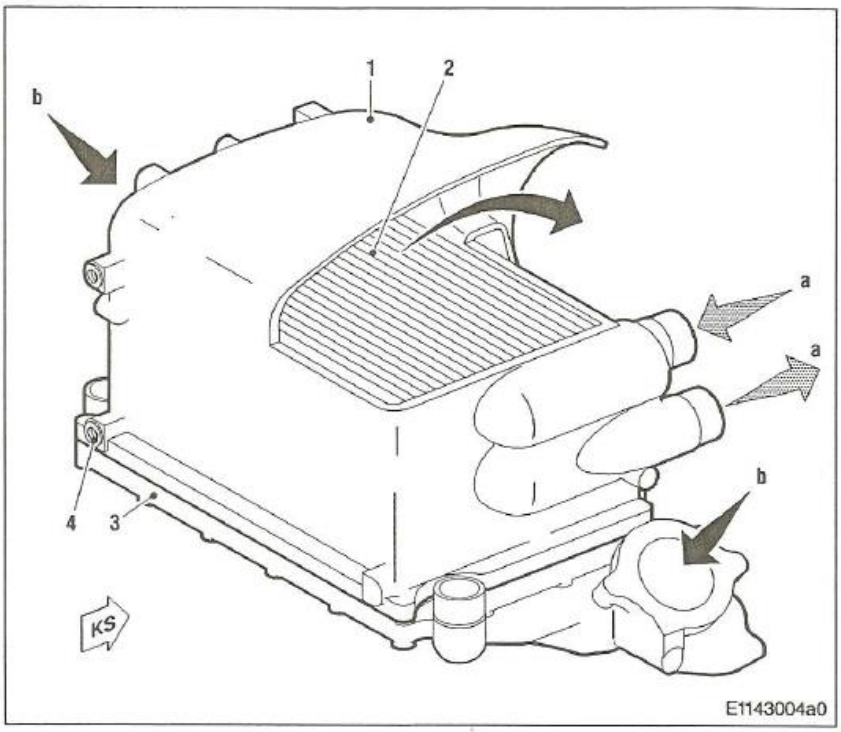
- Pulsar el botón de la alarma para aceptarla y que cesen las alarmas visuales y acústicas.

- Pulsar de nuevo el botón de la alarma, la alarma se reconoce y se restaura la alimentación del ECU.
- El motor estará listo para reanudar el funcionamiento.

2.6 Avería

2.6.1 Cambio del intercooler

Ilustración 59: Intercooler del generador eléctrico



Fuente: manual MTU 2000

1. Carcasa
2. Núcleo del enfriador
3. Conexión de la carcasa
4. Conector

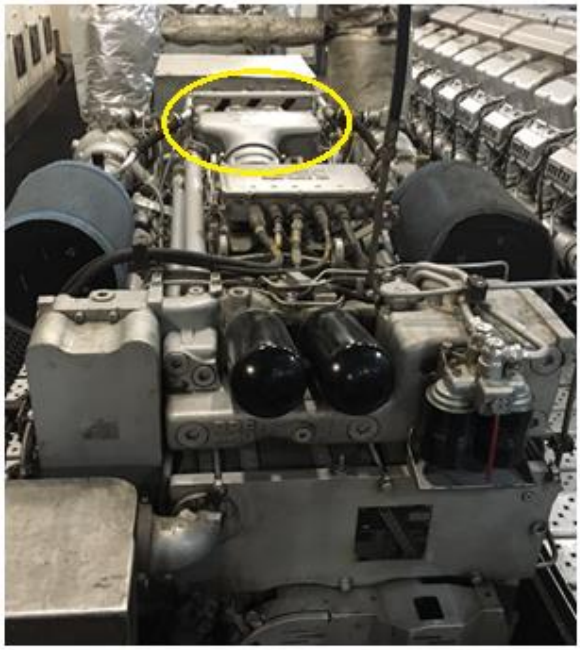
A. Refrigerante del motor
B. Carga de aire

2.6.1.1 Descripción

El intercooler del generador eléctrico es un intercambiador de calor aire-agua, necesario para la sobrealimentación de la máquina. Para aumentar el rendimiento del motor, se emplea un compresor para comprimir el aire, ya que así conseguimos introducir mayor cantidad de oxígeno en el cilindro y con ello, mayor energía en la combustión.

Al aumentar la presión del aire al comprimirlo, aumenta su temperatura lo que ocasiona una pérdida de densidad y por ello, entra una menor cantidad de oxígeno al cilindro, con la consecuente pérdida de potencia. Por ello se requiere del intercooler, que enfría el aire de admisión.

Ilustración 60: Motor auxiliar, con indicación de la ubicación del Intercooler



Fuente: trabajo de campo

En condiciones normales de funcionamiento la presión de aire (1.1 bar) es menor que la presión de agua (1.8 bar). Sin embargo, cuando paramos el motor o bajamos mucho sus revoluciones, la presión de aire se mantiene y la presión de agua baja, siendo así menor que la de aire.

Se sospecha que el serpentín de intercambio de calor del intercooler está picado. Esta avería es común en este tipo de enfriadores ya que el agua con la que se realiza el intercambio de calor corroe el serpentín

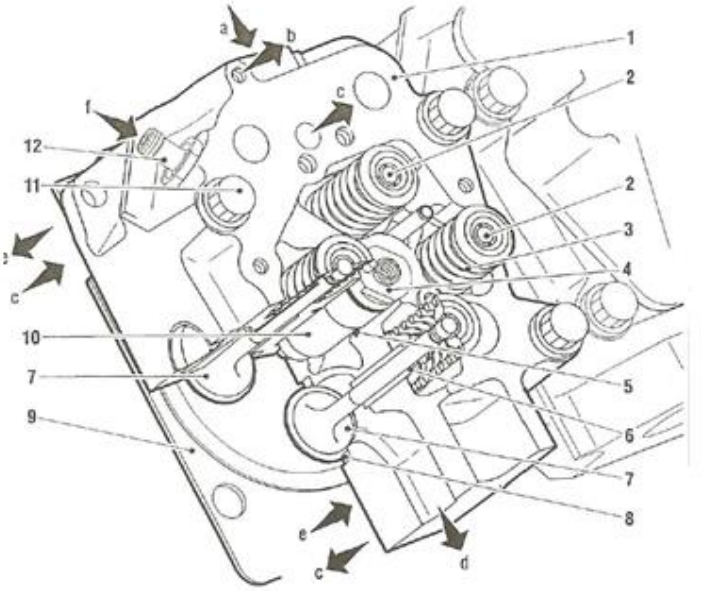
Teníamos dos indicios claros que evidenciaban esta avería ya que, el tanque de expansión burbujeaba cuando se paraba el motor y además, la línea de drenaje tenía grandes cantidades de agua.

La explicación de estos fenómenos es la siguiente:

En condiciones normales de funcionamiento, el aire tiene mayor presión y se mete en el circuito de agua, yendo al punto más alto del circuito, que es el tanque de expansión, y por ello burbujea.
Sin embargo cuando tenemos condiciones normales de funcionamiento, la presión de agua es mayor que la presión de aire, y por ello el agua se introduce en el circuito del aire, yendo al punto más bajo, que es la línea de drenaje y por ello gotea. La línea de drenaje descarga el condensado que se genera cuando se enfría el aire de alimentación comprimido. Si una pequeña cantidad de agua emerge en la línea de drenaje, es el condensado que se ha formado al comprimir el aire; sin embargo si hay gran cantidad de agua, es una señal de que el intercooler tiene una fuga.
Para la reparación del intercooler, se procedió a su desmontaje para mandarlo a reparar a la empresa Tincasur. Se desmontaron las tuberías de la carga de aire y de entrada de agua del intercooler, el conector y finalmente se liberaron los tornillos encargados de fijarlo al motor.
El generador eléctrico estuvo un día fuera de servicio, hecho que no supuso un problema ya que la demanda energética del buque la pueden satisfacer sin dificultades los otros tres generadores.

2.6.2 Reglaje de las válvulas

Ilustración 61: Cabeza de uno de los cilindros del generador eléctrico



Fuente: manual MTU 2000

1. Cabeza del cilindro
2. Válvula de entrada
3. Resorte de la válvula
4. Inyector de fuel
5. Junta tórica
6. Guía de la válvula
7. Válvula de escape
8. Asiento de la válvula
9. Junta de la culata del cilindro
10. Funda protectora
11. Tornillo hexagonal
12. Junta de tubería de presión

A. Aire de carga

B. Fugas de combustible

C. Aceite del motor

D. Escape del gas

E. Refrigerante del motor

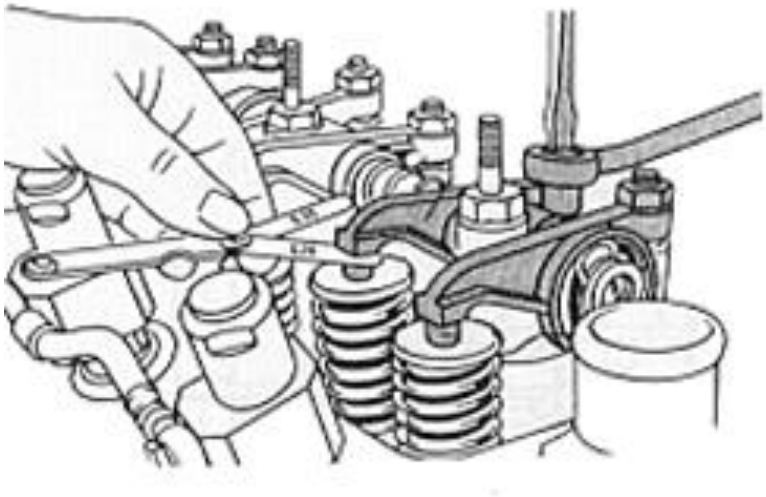
F. Suministro de fuel

2.6.2.1 Descripción

El reglaje de válvulas consiste en un ajuste de la holgura en el sistema de accionamiento de las válvulas ya que sufren dilataciones térmicas debido a las grandes diferencias de temperatura a las que se ve expuesto el motor. Por ello, la existencia de estas dilataciones térmicas nos obliga a dejar un huelgo con el motor frío.

Esta operación es de vital importancia para el correcto funcionamiento del motor. Si la holgura fuera insuficiente, las válvulas permanecerían abiertas más tiempo del necesario, dando lugar a una combustión incompleta y produciendo gases inquemados tales como CO_2, SOx y NOx. En caso contrario, un huelgo excesivo provocaría que las válvulas permanecieran abiertas menos tiempo teniendo como consecuencia una pérdida del rendimiento de la máquina, menor productividad y por lo tanto mayor consumo.

Ilustración 62: Reglaje de válvulas

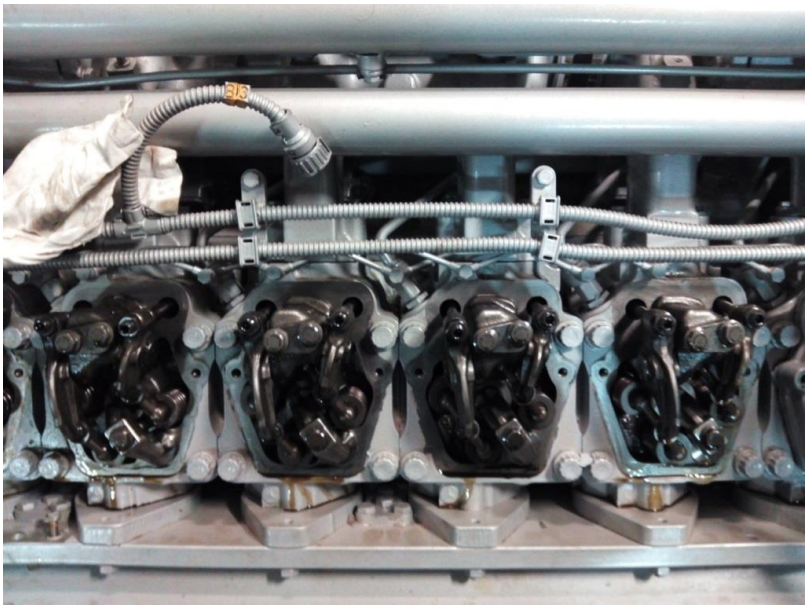


Fuente: www.aficionadosalamecanica.net

Para que el reglaje de las válvulas sea fidedigno ha de realizarse con el motor frío. Para ello, en primer lugar se retiran las tapas de los balancines, y comprobamos en el manual del fabricante los huelgos que debe de haber en las válvulas de admisión y de escape.

En nuestro caso, los huelgos que nos indica el fabricante son de 0.06mm las válvulas de escape y de 0.4 mm las válvulas de admisión. El hecho de que la holgura sea mayor para la válvula de escape con respecto a la de admisión es debido a que al estar sometida al calor de los gases de escape, sufra una mayor dilatación.

Ilustración 63: Cabeza de los cilindros del generador eléctrico



Fuente: trabajo de campo

Para su reglaje necesitaremos un juego de galgas o de calibre de espesores para poder medir el huelgo.

Seguidamente, se identifican las válvulas de admisión y de escape y se gira el volante de inercia del motor para saber en qué fase de la combustión se encontrarían. La mejor fase para hacer el reglaje es en la compresión ya que tanto la válvula de admisión como la de escape se encontrarían cerradas.

Una vez que tenemos identificadas todas las válvulas se procede a hacer el reglaje de taqué. Para ello se coloca la galga entre la cola de la válvula y el extremo del balancín, se aprieta el tornillo, y una vez que la galga queda sujeta por la presión entre ambas piezas, se aprieta la tuerca que sirve de blocaje al tornillo.

3. REDUCTORAS EXTERIORES RENK ASL 65

3.1 Descripción general

Las dos reductoras exteriores modelo RENK ASL 65 están localizadas en la sala de máquinas de popa, y son las que se acoplan a los motores de la sala de popa.

Estas reductoras tiene integradas un disco de embrague incorporado de acero y bronce que se opera de manera hidráulica. El embrague de los motores se efectúa por medio de una señal eléctrica, y puede realizarse desde la sala de máquinas o desde el puente.

La temperatura de las dos reductoras está monitorizada tanto en el puente con en el panel del LOP.

Además, existe una bomba PTO acoplada a cada una de estas reductoras. La PTO está acoplada al eje de entrada por lo que su accionamiento comienza con el arranque del motor y no necesita el embrague del mismo.

El mantenimiento y operaciones de estas reductoras debe ser realizado siguiendo las instrucciones del fabricante y usando los lubricantes adecuados.

Para embragar desde el puente se deben conmutar los botones de embrague y desembrague, localizados en las consolas del puente. Para operarlos desde las salas de máquinas se debe hacer desde el LOP (Local Operating Panel).

3.2 Especificaciones generales

Tabla V: Especificaciones generales reductora RENK ASL65

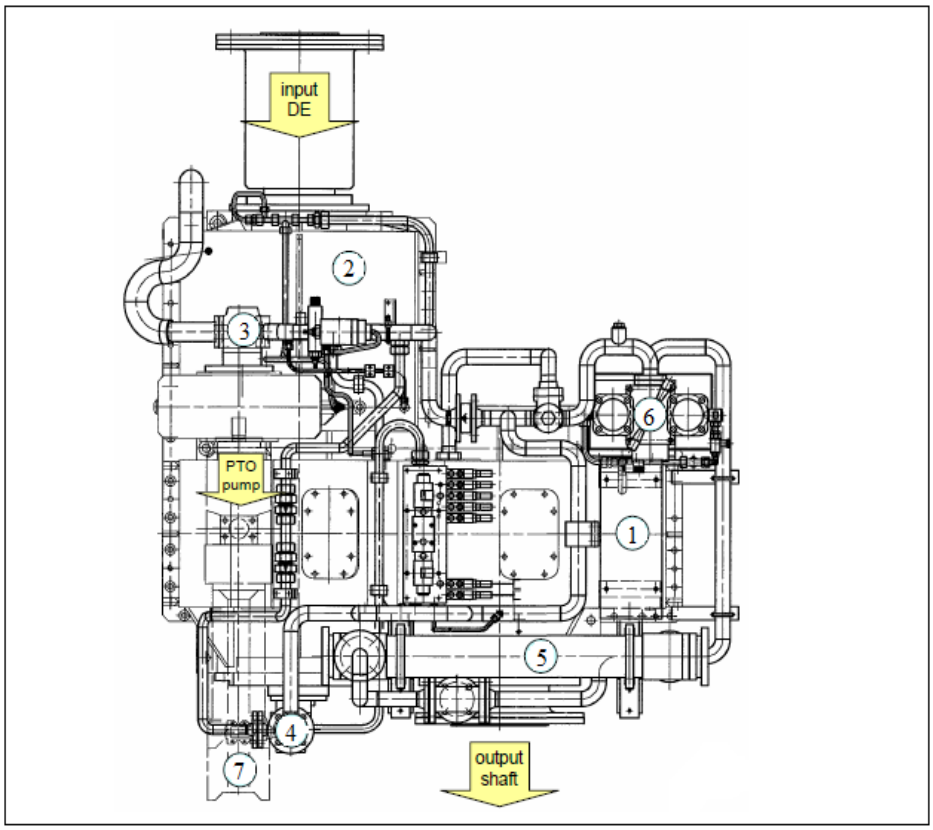
Ratio de reducción	2.06:1
Velocidad de entrada	1130-1150 rpm
Velocidad de salida	548.9-558.6 rpm
Capacidad de aceite	350 litros
Viscosidad del aceite	ISO VG 100/ SAE 30
Dirección de la rotación	Entrada: contrario al sentido horario Salida: en sentido horario

Fuente: operating instruction ASL 65

3.3 Operaciones de emergencia

En el caso de fallo de control de la reductora, la válvula de control de la misma puede ser accionada manualmente desconectando las solenoides de las mismas. Las válvulas de control están en la posición ON cuando las reductoras están embragadas. Sin embargo para desembraga, la válvula de control ha de estar en OFF.

Ilustración 64: Reductora RENK ASL65



Fuente: operating instruction ASL 65

1. Unidad reductora
2. Embrague integrado multidisco
3. Bomba de aceite de control
4. Bomba de aceite lubricante
5. Enfriador aceite-agua de mar para el aceite lubricante
6. Cambio del filtro de aceite doble
7. Bomba PTO

3.4 Control de embrague

El embrague es realizado por la solenoide, que tiene anillos separados tanto para el embrague como para el desembrague. Cuando se realiza el embrague y el desembrague el contacto con el sistema Kamewa debe de estar continuamente cerrado.

Para embragar los motores, estos deben estar en marcha y siempre entre 410 a 620 rpm y la posición de las cucharas de los waterjets en neutro. De no cumplirse estas condiciones, el

sistema de control no permitirá el embrague. Antes de proceder al embrague de las reductoras, el personal sea de asegurar de que no hay personas alrededor ni objetos o herramientas.

3.5 Arrastre de los waterjets

El arrastre del waterjet se realiza con el eje y sin necesidad de una bomba adicional de aceite.

Antes de realizar esta operación, se ha de comprobar que la válvula de control está en posición OFF.

Durante la operación de arrastre de los waterjets, la presión de lubricación debe estar monitorizada y no debe ser inferior a 0.4 bar. y la velocidad de giro del eje no puede superar las 558.6 rpm.

Si estas condiciones no se cumplen, es decir la velocidad de giro del eje fuese superior o la presión de lubricación fuera inferior, el eje se debe bloquear en sentido contrario al giro con el fin de prevenir posibles daños.

4. REDUCTORA CENTRAL RENK ASL 2x80

4.1 Descripción general

En la sala de máquinas de proa, está localizada la reductora RENK ASL 2x80 a la cual se le acoplan los motores principales uno y dos, ubicados en la sala de máquinas de proa.

Esta reductora tiene un disco de reducción fabricado en acero y bronce y su control se realiza desde el puente o desde la sala de máquinas de proa.

Para la utilización de la misma se debe realizar el mantenimiento previsto por el fabricante, así como la utilización de los lubricantes adecuados.

El sistema hidráulico de esta reductora está provisto de una bomba hidráulica, un filtro doble, un enfriador de aceite, una válvula de regulación de temperatura, una válvula de seguridad para alta presión y un control de la válvula de presión de aceite. La presión del eje es la que marca la presión de operación de la reductora. Cuando el motor está en su máxima velocidad, embragado y la reductora trabajando en condiciones normales, la presión debe estar en los parámetros normales.

Para embragar los motores deben pulsarse desde el puente los botones de embrague/desembrague o bien hacerlo desde el LOP. La monitorización de las reductoras, donde se aprecian temperaturas, se encuentra en el panel del Marine Link o en la sala de

máquinas de proa en el panel del LOP.

4.2 Especificaciones generales

Tabla VI: Especificaciones generales reductora RENK ASL 2x80

Ratio de reducción - Entrada de un solo motor - Entrada de dos motores	 3:83:1 3:00:1
Velocidad de entrada	1130-1150 rpm
Velocidad de salida - Acoplado a un solo motor - Acoplado a dos motores	 300 rpm 376.7-383.3 rpm
Capacidad de aceite	900 litros
Viscosidad del aceite	ISO VG 100/SAE 30
Dirección de la rotación (Visto desde popa)	Entrada: contrario al sentido horario Salida: en sentido horario

Fuente: operating instruction ASL 2x80

4.3 Operaciones de emergencia

En el caso de fallo de control de la reductora, la válvula de control de la misma puede ser accionada manualmente. El control de la válvula 20 y 21 están en la posición ON cuando las reductoras están embragadas. Para desembragar, el control de válvula 20 debe estar en OFF. Para poder mover estas válvulas hay que desconectar las solenoides de las mismas.

4.4 Control de embrague

El embrague es realizado por una válvula solenoide con anillos separados para embrague y desembrague.

Uno de los contactos con el sistema de Kamewa, por ejemplo el embrague o desembrague debe estar siempre cerrado. Cuando se realiza el embrague el contacto debe estar continuamente cerrado y cuando se realiza el desembrague también.

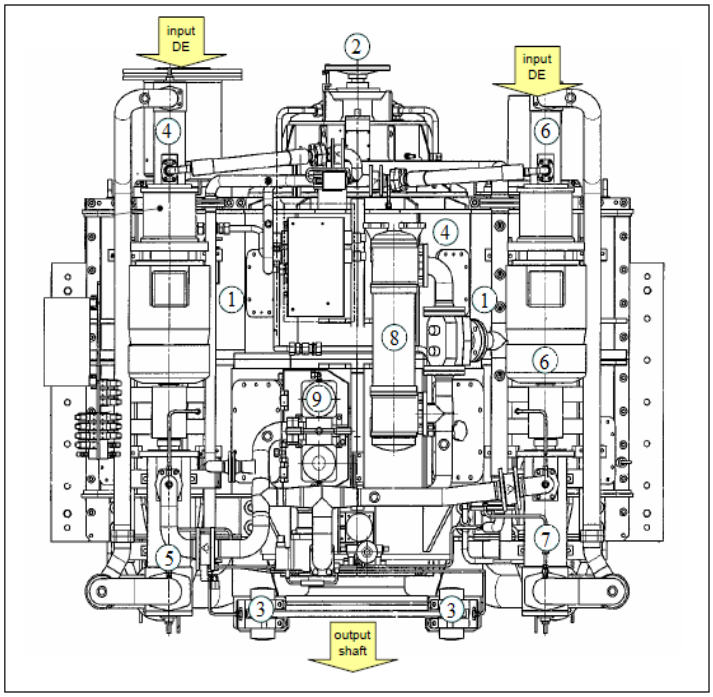
Para embragar los motores estos deben estar en marcha y siempre entre 405 a 575 rpm, la posición de las cucharas de los waterjets en neutro.
El sistema de control no permitirá que se pueda embragar si estas condiciones no se cumplen.

4.5 Arrastre de los waterjets

El waterjets se puede arrastrar con el eje y sin necesidad de una bomba adicional de aceite.
Prioritariamente a esta operación hay que chequear que la válvula está en posición OFF.

Durante la operación de arrastre de los waterjets, la presión de lubricación debe monitorizarse y no debe ser inferior a las recomendadas por el fabricante. Adicionalmente a esto la velocidad de giro del eje no debe sobrepasar las 300 rpm.
Si estas condiciones no se cumpliesen, es decir la velocidad de giro del eje fuese superior o la presión de lubricación fuera inferior, el eje se debe bloquear en sentido contrario al giro, con el fin de prevenir posibles daños.

Ilustración 65: Reductora RENK ASL 2x80



Fuente: Operating instruction ASL 2x80

1. Embrague integrado de discos multiples
2. Rueda manual para modificar el acople a uno o a los dos motores
3. Freno del eje de salida
4. Bomba del aceite de control
5. Bomba del aceite lubricante
6. Bomba en Stand-by de aceite de control
7. Bomba Stand-by de aceite lubricante
8. Intercambiador de calor aceite lubricante-agua de mar
9. Filtro de aceite doble

4.6 Avería

4.6.1 Problemas de embrague de la reductora central

4.6.1.1 Descripción

La reductora está diseñada para funcionar con dos motores acoplados, el motor principal uno y el motor principal dos, que alimentan el Booster, y por ello se embraga una vez el buque sale del puerto, para dar potencia. Una Cuando se sale del puerto, se intenta embragar desde el puente la reductora y ésta no embraga. El panel indica que este problema se debe a que la presión de aceite de control está por debajo de la tarada (6 bar).

El aceite de control de la reductora forma parte de los sistemas esenciales necesarios pues es el necesario para embragar la reductora y el motor.

Se baja a la sala de máquinas y con un manómetro manual se comprueba la presión de aceite. Y se corrobora que la presión es la nominal. Inicialmente se sospecha que es un fallo del presostato encargado de medir la presión del aceite de control.

Se cambia el presostato por uno nuevo, y se comprueba que sigue midiendo mal
la presión del aceite de control.
Se sospecha que el problema se encuentra en el LOP (Local Operation Panel)

El panel lee e interpreta el valor de presión que entrega el presostato mediante los transductores. Los transductores son dispositivos capaces de convertir una determinada señal de entrada, en este caso un valor de presión, en una señal de salida de diferente magnitud. Así pues la señal la transforma a un impulso eléctrico, que es la señal que interpreta el control electrónico del panel.

La presión mínima de aceite de control con la que permite embragar la reductora es de 6 bar, y el presostato que mide la presión está tarado hasta 12 bar.
La solución a esta avería fue cambiar el presostato a uno que estaba tarado hasta 6 bar de presión. Así, el presostato manda como información que tenemos la presión máxima (pues teníamos 6 bares), "engañando" así al transductor, que convierte la señal eléctrica a la máxima que le corresponde, permitiéndonos por tanto embragar la reductora al motor y poder continuar hasta puerto donde una vez allí, se investigaría y verificaría si ese era el verdadero problema.

5. WARTERJETS KAMEWA ROLLS-ROYCE 125 SII

5.1 Descripción general

Se trata de dos waterjets direccionables y reversibles localizados a popa, uno a babor y otro a estribor.
Cada sistema waterjets Kamewa consiste en una entrada de agua, una bomba con una salida del chorro en forma de jet y un sistema direccionable y reversible. El sistema de gobierno está diseñado para cambiar la orientación de la salida del chorro y así conferir maniobrabilidad. Para la condición de atrás, los waterjets poseen una cuchara que logrará invertir el sentido del chorro hacia delante haciéndolo rebotar contra ella, consiguiendo así el empuje deseado. Este empuje se puede graduar además de con las revoluciones del motor, con la apertura y cierre gradual de la cuchara. La acción se realiza por medio de un hidráulico situado en su parte superior. La cuchara se une al waterjets mediante unos cojinetes de bronce autolubricados que se maneja hidráulicamente logrando asó los 340º a cada banda.

La bomba de aspiración está localizada en la parte inferior del casco. La forma de la entrada de la aspiración está diseñada con la finalidad de evitar turbulencias en la entrada.

El movimiento de los waterjets es direccionable y orientable 30 grados hacia babor y estribor.

Tanto el control del gobierno como del empuje avante o atrás, es logrado por un sistema de control electrónico conectado al sistema del servomotor. Los indicadores de las posiciones de las cucharas en posición de avante o atrás y de gobierno están situados en las estaciones de control de los mismos.

El control principal de los waterjets y el sistema de gobierno de emergencia está situado en el puente. En la parte de atrás de la consola, se encuentra la consola de maniobra, donde se localizan controles e indicadores de los waterjets, donde se tiene el control de las revoluciones, apertura y cierre de los waterjets, y control sobre el gobierno de los mismos.

El sistema de emergencia de los waterjets, consiste en un joysticks para cada uno de los waterjets que controla la dirección y la apertura y cierre del mismo.

5.2 Especificaciones generales

Tabla VII: Especificaciones generales waterjets 125SII

RPM máximas	553 ± 8 rpm
Rotación del eje visto de la popa	Sentido horario

Fuente: operating instruction

5.3 Sistema hidráulico kamewa

El sistema hidráulico de estos waterjets reversibles y direccionables, se divide en dos partes. El que controla el gobierno y empuje (unidad de potencia hidráulica) y el que controla la lubricación y la presión del cojinete (unidad de potencia de lubricación).

Estas unidades de potencia hidráulica están ubicadas en las salas de jets y separadas para cada waterjets.

La unidad de potencia hidráulica consiste en una válvula manifold hidráulica, un tanque de aceite y una bomba eléctrica. Todo el sistema está provisto de lubricación y de una bomba de emergencia. A estas bombas de kamewa se les une una bomba PTO localizada junto a la reductora. Las bombas hidráulicas de kamewa pueden accionar los waterjets sin necesidad de

tener el motor en marcha.

Tanto el aceite del sistema hidráulico como el de lubricación deberán tener el grado de viscosidad acorde con ISO VG46 (46cST/40ºC) y cumplir según los requerimientos de DIN 51524, parte II (aceite mineral HLP).

5.4 Control remoto y sistema de avisos (gobierno y empuje)

5.4.1 Descripción general

El sistema de control de kamewa es un microprocesador basado en un sistema remoto de control, usado para el control del gobierno de las cucharas y las revoluciones del motor.

El gobierno controla el movimiento de los waterjets a estribor y babor.

La maniobra se realiza desde la consola de popa utilizando un level y momento para conseguir las diferentes posiciones de los waterjets y revoluciones. Es la curva combinada la que muestra la relación entre el aumento de revoluciones y apertura o cierre de la cuchara.

El sistema incluye indicadores de la posición de apertura y cierre de las cucharas, así como la posición direccional de los waterjets, que está eléctricamente separada del sistema.

Este sistema tiene provisto un sistema de emergencia totalmente separado del principal y que consiste en un panel con control tanto de la dirección como de la apertura-cierre y revoluciones. Estos controles están conectados directamente a los controles de la unidad de potencia y al Governor del motor.

Hay dos alarmas diferentes del sistema de control remoto; Fallo del sistema de control y fallo del sistema de control de emergencia. En el caso de emergencia, los jets pueden ser controlados directamente desde la sala de jets.

6 WATERJET KAMEWA ROLLS-ROYCE 180 BII

6.1 Descripción general

El waterjets kamewa 180 BII es un sistema de chorro fijo de agua que le confiere empuje al buque y que a diferencia de los waterjets kamewa 125 SII, no es ni orientable ni reversible.

Esta unidad de chorro de agua solamente proporciona el empuje, y no se utiliza para el control direccional de la embarcación, que es independiente del sistema de control kamewa utilizado para los otros dos chorros de agua. El control de este chorro se lleva a cabo directamente desde el sistema de MTU para los dos motores centrales.

El sistema de este waterjet consiste en un conducto de entrada y una bomba con una boquilla de salida. El conducto de entrada está integrado en el casco del buque y la intersección con el casco está carenada para evitar desórdenes en la bomba. Para reducir el arrastre desde el eje del impulsor, el eje se coloca en un carenado de protección en forma de tubo conectado al conducto.

6.2 Especificaciones generales

Tabla VIII: Especificaciones generales waterjet 180 BII

RPM máximas	380 ± 6 rpm
Rotación del eje visto de la popa	Sentido horario.

Fuente: operating instruction

6.3 Sistema hidráulico kamewa

El sistema hidráulico está instalado para lubricar el cojinete de la unidad de la bomba y también para mantener la presión de aceite en la carcasa del cojinete .

Un paquete de energía kamewa se encuentra en la sala de máquinas. El grupo consta de un bloque hidráulico de la válvula, un depósito de aceite y una bomba accionada eléctricamente encargada de lubricar.

El aceite debe tener un grado de viscosidad según la norma ISO VG46 (46cST / 40 ° C) y cumplir con los requisitos de la norma DIN 51524 , parte II (aceite mineral HLP)

7. MANTENIMIENTO NOCTURNO

En lo que respecta al mantenimiento nocturno que se realiza a éste buque, se lleva a cabo en el puerto de La Palma una vez que el buque es atracado. A bordo se efectúan distintos tipos de mantenimiento, en función de las horas de trabajo de los equipos, de manera semanal, de forma diaria y mantenimientos correctivos condicionados por la rotura o fallo de algún equipo.

De manera diaria, se realiza una inspección de manera visual y a fondo los motores principales y auxiliares en busca de cualquier tornillo suelto o cualquier signo anormal que pudiera evidenciar un posible fallo de las máquinas. Se revisaban los niveles de aceite y de agua de refrigeración tanto de los motores principales como de los motores auxiliares, y se procedía a su llenado en el caso de que fuera pertinente. Por último, una hora antes de finalizar la jornada se arrancaban los motores para comenzar su precalentamiento y evitar daños y fatigas térmicas de los mismos debido a un gran contraste de temperaturas. Seguidamente se procede al soplado de los cuatro motores principales para expulsar el agua que se haya podido introducir en los cilindros. Este hecho sucede usualmente en estos motores debido a que uno de los fallos que suceden con mayor frecuencia es el desgaste o rotura del asiento de las válvulas, por donde se introduce el agua de refrigeración del motor. Debido a que el agua es un fluido incompresible, en el caso de que el motor trabajara con agua en sus cilindros expondríamos a la máquina a una avería crítica, pues elevaría de gran manera la presión en el interior del cilindro pudiendo romper el elemento más débil o rajar la culata. Además para preparar el motor también se realiza contraflujo, que consiste en invertir el sentido del flujo de combustible en los filtros secundarios para expulsar los elementos que se hayan quedado en el filtro y así, bajar el diferencial de presión y alargar la vida útil del filtro. Finalmente, se colocan las herramientas y útiles empelados y se realiza el Check List de inicio de jornada.

De manera semanal, se realiza una inspección exhaustiva a los T-Foil, Tmax, Roll fin. Se engrasan los acoplamientos de las hélices de proa. Se inspecciona la bomba de descarga de aguas negras y grises. Se inspeccionan los Smart Pack y se realiza el mantenimiento semanal del separador de sentinas.

Como parte del mantenimiento preventivo, cada 500 horas de funcionamiento o de manera mensual, en los motores principales se realiza una inspección exhaustiva del, filtro

centrifugo, las uniones atornilladas, la entada de aire y el motor de arranque. En las reductoras, cada 500 horas se chequean las tuberías de aceite y de agua, los filtros dobles, los sellos en la entrada y la salida del eje así como de las conexiones eléctricas.

Con el fin de conseguir la mayor vida de los motores, se deben realizar inspecciones del mismo antes de arrancarlos. Hacer una inspección visual alrededor de las instalaciones, buscando posibles pérdidas de aceite o refrigerantes, pérdidas de tornillos y concentración de basura. Quitando cualquier basura y llevando a cabo las reparaciones pertinentes, si fuese necesario.

Cualquier tipo de goteo o pérdida de fluido (refrigerante, aceite o combustible) se limpiará sobre la marcha. Esta pérdida debe ser observada y controlada, con el fin de encontrar su procedencia y rectificar el problema. Si solamente se sospecha de la misma, se debe chequear los niveles con más frecuencia de lo habitual hasta poder localizarla y eliminarla, o desestimar la sospecha de la misma.

De manera correctiva, a diario se realiza el mantenimiento de los elementos o sistemas que tengan un mal-funcionamiento con la finalidad de corregir el fallo y que tengan un buen funcionamiento. Por ello este tipo de mantenimiento se lleva a cabo según surja y varía cada día. Como ejemplo de este mantenimiento, se nombrarán trabajos realizados durante la jornada de mantenimiento nocturno.

Se cambian los filtros secundarios de combustible de los motores principales, que son el último elemento de filtración por el que pasará el combustible que emplean los motores. Se procederá a su cambio cuando el diferencial de presión sea elevado, lo que nos indica que ya no ejercen su función correctamente pues se encuentran llenos de los elementos que se desean separar el combustible. Se gestionan los filtros inservibles llevándolos al container que se encuentra en puerto y colocándolos todos en una pipota para que la empresa que competa se encargue de su gestión.

En los trabajos de mantenimiento nocturno, todos los fallos que sean importantes o involucren a partes críticas de los motores, lo llevan a cabo personal de la empresa fabricante, MTU, debido a que los motores del barco son motores totalmente experimentales, y cualquier modificación o tarea crítica la llevan a cabo ellos para un control exhaustivo de los proceso. De esta manera la empresa introduce y prueba mejoras

que investiga para desarrollar sus propios modelos de motores y conseguir hacerlos lo más eficientes y mejores posibles.

Uno de los fallos que se tratan con mayor frecuencia a bordo es el cambio de las unidades de potencia de los motores principales. Esto es debido la gran mayoría de las veces a que el asiento de la válvula que se encuentra en la cabeza del cilindro se desgasta, y se introduce el agua de refrigeración del motor al cilindro, provocando que se raje la culata y rompan los elementos más débiles. En este tipo de motores se solucionaba este problema extrayendo la Power Unit o unidad de potencia por completo y procediendo a la sustitución por otra ya reparada.

Fallo de la bomba de baja presión de combustible del motor principal 2. Se detecta fallo de baja presión de la bomba en el sistema de monitorización. Se desmonta la bomba y se comprueba que el eje está roto, motivo por el cual la bomba no trabajaba y por ende no tenía presión. Con el motor parado, se cierran las líneas de combustible y se procede al desmonte de la misma y la sustitución por otra nueva

El día anterior, durante la travesía se detecta alta temperatura en el generador eléctrico tres, se procede a la inspección visual del equipo y se sospecha que el enfriador de aire de barrido que refrigera el motor está estropeado, se sospecha que está picado. Durante el mantenimiento nocturno se procede a su inspección exhaustiva. Con el equipo en funcionamiento, se observan dos hechos que evidencian el mal funcionamiento del enfriador: con el motor parado se observa burbujeo en el tanque de expansión, y con el motor funcionando, la línea de drenaje tiene grandes cantidades de agua.

En este tipo de reparaciones acude una empresa externa llamada “Carrier” a encargarse de la reparación. Para su reparación, con el motor parado se desmonta el enfriador del equipo y la empresa acude con un enfriador nuevo que montan en la máquina. La empresa se lleva el intercooler defectuoso para repararlo. Una vez es finalizado el trabajo, se realiza una prueba de funcionamiento del motor con carga para comprobar su funcionamiento.

Se detecta fugas de combustible hacia la sentina del motor principal tres. El personal de mantenimiento nocturno con el motor parado realiza una inspección de la máquina. Se detecta que el tubo de descarga de la bomba de alta presión de combustible del lado B sufre pérdidas. Para su reparación, se cierran las válvulas y se procede al desmontaje de la tubería y a su sustitución por otra nueva. Al inicio de la jornada con el motor arrancado se comprueba que el funcionamiento sea el correcto y no existan fugas.

Como tareas correctivas, de manera asidua se cambian los filtros primarios y secundarios de combustible de los motores principales.
Se realiza mantenimiento del buque procediendo al cambio de las lámparas rotas y las bombillas fundidas de la sala Plant Room de popa.
En puerto la compañía dispone de un almacén donde almacenar todos los respetos necesarios para el buque y donde depositar y gestionar aquellos que se encuentran en desuso, bien por encontrarse averiados o por que se haya finalizado la vida útil de ese elemento, objetos tales como filtros secundarios de combustible usados, filtros de aire de las turbosoplantes reemplazados, chapas de aluminio, pipotas con aceite deteriorado etc. Todo ello con la finalidad no sólo del almacenaje de los respetos sino además, para la correcta gestión de todos estos elementos. Por ello el personal de mantenimiento también se encarga de las tareas de limpieza del almacén y colocado de los elementos en el mismo.

Apriete de las prensas hidráulicas de las hélices de proa y llenado de aceite hidráulico al tanque almacén. Para ello con el elevador mecánico se trae una pipota de aceite del almacén, y con una bomba de pulmón se trasiega hasta el tanque.
Inspección de los fondos de proa en busca de grietas y control de la cantidad de agua que se encuentra en los fondos. Si se requiere, se procederá a su achique con una bomba de pulmón indicada para esta tarea.
Inspección de los Smartpack de proa y popa y de sus bombas de enfriamiento, para corroborar que no existen anomalías que se puedan detectar visualmente como tornillos sueltos, pérdidas de fluidos, etc.

Se achica la sentina de la sala de máquinas de proa. El trabajo se realiza mediante una bomba de membrana ya que, son de desplazamiento positivo y además auto-cebantes, es decir, que no requieren de que el la tubería de aspiración esté llena del líquido a impulsar para su funcionamiento, lo que las hace ideales para el trasiego de líquidos. Ya que se trata de una bomba neumática, se procede a conectarla a la tubería de aire comprimido, y seguidamente se conecta la descarga a la tubería del depósito de aguas negras. Una vez realizado, se baja a la sentina con una linterna y la tubería de aspiración de la bomba y se procede al achique, siempre controlando y supervisando el funcionamiento de la bomba para que no aspire elementos que se hayan caído a la sentina, tales como llaves o trapos.
Para un control de las bombas Drencher de la sala de máquinas, se toman los datos de su aislamiento mediante el tester y se comprueba que está todo correcto.

Inspección de las tapas de los Amah y limpieza de la válvula de control de la reductora del motor tres. Para ello, con la reductora y el motor parado, se aísla la válvula cerrando todas las líneas de suministro. Posteriormente se libera la presión y se procede al desmontaje del cuerpo de la válvula para la limpieza de los depósitos que se hayan formado en su interior. Para ello, se afloja la contratuerca en el vástago y se gira la tuerca que se encuentra en la parte superior para eliminar la precarga del resorte, y se levanta el anillo del asiento y la empaquetadura del cuerpo. Una vez es desmontada la válvula, se inspecciona de manera visual el asiento de la válvula, para su reemplazo en el caso de que se encuentre dañado.
Revisión del motor de arranque del motor auxiliar dos, ya que se detecta que uno de los leds de la placa base no se enciende. Después de su desmontaje se observa que el fallo se encuentra en la bobina. Se sustituye la bobina y se corrobora su correcto funcionamiento.

Se realiza una endoscopia a la unidad de potencia B9 del motor principal número tres. La boroscopia se trata de un método de inspección superficial no destructivo que permite observar y determinar la presencia de obstrucciones, defectos superficiales internos, formaciones de cascarillas, óxidos y/o adherencias que resultan de difícil acceso.
Comprobación de las presiones del sistema de combustible de los motores principales uno y dos.
Se examinan las bombas antiheeling de estribor, y se verifica el estado defectuoso en el que se encuentran los tornillos prisioneros.
Se procede al desmontaje de los mismos y se sustituyen por unos nuevos. Para finalizar el trabajo, se arrancan las bombas en las que han sido reemplazados los tornillos y se comprueba su correcto funcionamiento.
Cambio de la bomba de agua del evaporador A404, perteneciente al sistema de refrigeración de la sala de pasaje. Cambio de dos evaporadores de la zona de clase oro
Inspección de las maquinillas de proa y engrase del retracting device de las hélices de proa.

Debido al mal tiempo, cuando el buque se encontraba atracado en puerto el oleaje provocó daños graves en las uñas de las rampas. Las uñas son unos elementos que se encuentran en la popa del barco y es donde se anclan las rampas. Por ello, se procede a su inspección. Se corrobora que hay tres uñas dañadas. Durante la jornada de mantenimiento nocturno se procede a su soldadura y reparación.
Cambio de tornillos de la control block del motor principal tres y sustitución de los cojinetes de bancada ocho y nueve del motor principal uno.

Toma de datos de los Smart pack de proa y de popa y cambio del sensor que se encuentra antes de la bomba de agua salada del motor principal tres.
Se realiza inventario de los filtros primarios y secundarios de combustible disponibles en el buque y en el contenedor para formalizar un pedido.
Cambio de los filtros de aire de las turbosoplantes de los motores principales tres y cuatro.
Se observan ruidos anormales en el motor principal uno. Después de una inspección exhaustiva se sospecha de un mal funcionamiento del turbocompresor del lado B. Durante el mantenimiento nocturno, se procede al desmontaje de la turbina y el compresor y se analiza su estado y se descubre holgura en el eje. Esto es debido al desequilibrio del eje debido al desgaste por el rozamiento. Se procede a la sustitución de la turbosoplante. Para ello, con el motor parado y frío se comienza a desmontar las tapas superiores del motor, las conexiones y finalmente la turbina y el compresor con ayuda de un tecle. Se sustituye por el turbocompresor nuevo y se arranca el motor para comprobar su funcionamiento.
Extracción y montaje de los tornillos de las uñas de babor y reposición de respetos del buque.
Cambio del servomotor del damper de los ventiladores de la sala de máquinas de popa y relleno de los tanques de aceite diario de los motores principales
Se procede al ajuste de la presión de arranque del compresor de aire de proa. El arranque es automático y está controlado por un presostato, cuando la presión desciende por debajo de la tarada, arranca el compresor. Para bajar la presión de arranque del compresor, se quita la tapa del presostato, donde hay dos tornillos con sus respectivos resortes, uno encargado de la presión de parada y otro encargado de la presión de arranque. Con un destornillador, se calibra la presión mediante el apriete del tornillo, pues ésta es la manera de ejercer más presión en el resorte. Una vez está regulada a la presión de arranque que necesitábamos, se coloca de nuevo la tapa del presostato.
Se realiza el reglaje de las válvulas de admisión y escape de los cilindros del generador eléctrico y se limpian los enfriadores de los Smartpack de popa.

Se detecta fallo de alta temperatura del motor principal tres en el sistema de monitorización. Se sospecha de fallo de la bomba de refrigeración de agua dulce del motor. Durante el mantenimiento, con el motor parado se procede al desmontaje de la bomba.
Cambio del retén de aceite en cilindros de izado de hélices de proa además de la colocación de los tornillos allen en oring moulded de la hélice de proa proa.

Se detecta fallo de baja presión de la bomba del motor principal dos en el sistema de monitorización. Se desmonta la bomba y se comprueba que el eje está roto, motivo por el cual la bomba no trabajaba y por ende no tenía presión. La empresa subcontratada por MTU cambia la bomba de baja presión con la ayuda del personal de mantenimiento.

Toma de aislamientos eléctricos de la bomba contraincendios de la sala de máquinas de popa con el tester. Recableado del potenciómetro de la hélice de proa.
Para la renovación parcial del aceite de lubricación de la reductora central, se realiza una sangría de 50 litros. Esta práctica se lleva acabo para alargar la vida útil del aceite de la reductora sin llegar a comprometer la seguridad de la misma. Además se añaden 100 litros de aceite de lubricación a la reductora del motor principal tres.

Se trae pipota de aceite HLX 30 del almacén para trasegar 650 litros de aceite al tanque almacén. El trasiego se efectúa sumergiendo la lanza de la aspiración de la bomba neumática en la pipota, conectando la bomba al sistema de aire comprimido y conectado la descarga de la bomba a los conductos que desembocan en el tanque de almacén del aceite.
Con el mismo proceder que para el trasiego del aceite lubricante, se trasiegan 200 litros de Hyspin AWH M 46. Se trae la pipota del almacén y se trasiega con una bomba neumática, conectándola a la línea de aire comprimido, sumergiendo la lanza de la tubería de aspiración en la pipota, y conectando la descarga a la tubería que desemboca que en tanque almacén de aceite hidráulico que se encuentra en el Jet Room.
De manera sistemática se procede a la limpieza del enfriador de la reductora central. Este enfriador es un enfriador de haces tubulares que refrigera el aceite de la reductora con agua de mar. Debido a ello, se incrustan caracolillos y se crean calcificaciones en los haces tubulares que entorpecen el paso del agua para realizar el intercambio de calor. Se limpia introduciendo varillas en los haces tubulares para romper las incrustaciones y calcificaciones.

Durante la travesía y debido a un golpe, se desprende una barandilla de habilitación de la sala de pasaje. Se reciben órdenes de soldarla y repararla para la seguridad del pasaje.
Debido al retraso de la llegada de un pedido de filtros secundarios de combustible, nos quedamos sin respetos a bordo y en el almacén. Por ello, como medida transitoria se procede al lavado de los filtros de combustible usados con ATK (Queroseno). Este

producto es empleado ya que tiene una densidad menor a la del combustible, pudiendo así arrastrar las partículas estancadas en el filtro. Para ello, se hace pasar a contraflujo el queroseno impulsado con una bomba hasta que el color del queroseno sea lo más claro posible.

Revisión rutinaria en busca de pérdidas en la reductora y achique de lodos del tanque. Inspección de los cuadros eléctricos y engrase de las hélices de proa. Revisión de las bombas drencher de proa y sustitución del transductor de presión 103 y de la tarjeta del GCU de la reductora del motor principal tres.

Se comprueba que la presión de nitrógeno del condensador A467 es correcta, se extrae el nitrógeno, se hace vacío y se repone la carga del gas.

Sustitución de las expansiones de escape del motor principal dos y cambio de los presostatos que se encuentran antes de las bombas de agua salada de los motores principales uno y cuatro y cambio de aceite del motor principal tres.

Se coloca la junta cebada nueva a la empaquetadura de la hélice de proa de popa y se engrasa el retracting device de las hélices de proa.

VI. CONCLUSIONES

A continuación, se expondrán las conclusiones a las que se ha llegado con la realización del presenta Trabajo de Fin de Grado:

- Gracias a las facilidades que me ha ofrecido el personal de la empresa, se ha podido mostrar y describir los procedimientos seguidos a bordo en la operación de las máquinas así como en las acciones que se llevan a cabo en el mantenimiento nocturno.

- También se ha realizado una descripción y estudio en mayor profundidad de los equipos encargados de la propulsión del buque, así como la familiarización en su funcionamiento, con el aporte de la información, parámetros de funcionamiento y los documentos gráficos empleados.

- Gracias a comprender el funcionamiento de los equipos, se ha conseguido entender los motivos de las averías surgidas, así como la forma de proceder y resolverlas.

- Se han explicado procedimientos concretos en la operación de las maquinas, describiendo el proceso en muchos casos con detalle suficiente como para tener una idea bastante clara de la acción.

Aparte de los objetivos marcados al comienzo del Trabajo de Fin de Grado, se han logrado otras conclusiones que caben mencionar:
Realizar las prácticas en el buque Benchijigua Express ha sido una experiencia inolvidable tanto en la relación con la tripulación como en lo que a los conocimientos aprendidos se refiere. Actualmente, la tecnología que se emplean en este tipo de motores está completamente enfocada al desarrollo y las mejoras en lo que a propulsión marina se refiere, obteniendo un altísimo rendimiento en la planta propulsora

Resaltar el gran número de equipos a los que he tenido acceso tanto en los trabajos de mantenimiento nocturno como en la puesta en marcha de los mismos. Además, cabe mencionar la posibilidad de familiarización con sistemas prácticamente únicos, como lo es la reductora central, cuyo funcionamiento está implementado en el trabajo con dos

motores, los sistemas de propulsión waterjets y el método de sobrealimentación secuencial de los motores principales, entre otros.

Señalar en lo que al mantenimiento nocturno se refiere, no solo se llevan a cabo las tareas de mantenimiento programadas, si no que se realizan mantenimientos correctivos que suponen un gran beneficio ya que proporcionan la total disponibilidad del equipo aprovechando la parada diaria del buque. Además, se llevan a cabo chequeos e inspecciones en busca de posibles evidencias que denoten un mal funcionamiento. Por otra parte, el mantenimiento nocturno no solo engloba a los equipos de la sala de máquinas sino además el mantenimiento de todas las instalaciones del buque, así como del almacén que posee la compañía en puerto en donde se almacén respetos. Por ello, se hace notable la gran importancia que adquiere llevar a cabo de manera correcta los programas de mantenimiento y la gestión de respetos. Adquieren gran relevancia los mantenimientos predictivos y preventivos al fin de reducir al máximo los casos de averías imprevistas que puedan comprometer la seguridad del buque.

VII. BIBLIOGRAFÍA Y WEBGRAFÍA

[1] https://delamarylosbarcos.wordpress.com/tag/fred-olsen/
[2] http://www.aficionadosalamecanica.net/hazlo-taques.htm
[3] Manual operating instruction ASL 65
[4] Manual operating instruction ASL 2x80
[5] 260 Drawing Register
[6] Manual Seastate T-Max
[7] Manual MTU 2000
[8] Manual MTU 8000
[9] Manual Benchijigua Express Austal Hull 260