



SISTEMA DE GOBIERNO, ESTABILIZACIÓN Y WATERJET EN EMBARCACIONES RÁPIDAS “BENCHIJUA Y BONANZA EXPRESS”

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

UDE INGENIERÍA MARÍTIMA SECCIÓN DE NAUTICA,
MÁQUINAS Y RADIOELECTRONICA NAVAL
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA
Santa Cruz de Tenerife

**Ian Cáceres Méndez
José David Padilla Álvarez**
Septiembre 2016


D. José Agustín González Almeida, Profesor Asociado UDE de Ingeniería Marítima, perteneciente al Departamento de Ciencias de la Navegación, Ingeniería Marítima, Agraria e hidráulica de la Universidad de La Laguna certifica que:

D. José David Padilla Álvarez y D. Ian Cáceres Méndez, han realizado bajo mi dirección el trabajo fin de grado titulado: SISTEMA DE GOBIERNO, ESTABILIZACIÓN Y WATERJETEN EMBARCACIONES RÁPIDAS "BENCHIJIGUA Y BONANZA EXPRESS"

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

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

En Santa Cruz de Tenerife a 15 de septiembre de 2016.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'José Agustín González Almeida', with a long horizontal stroke underneath.

Fdo.: José Agustín González Almeida.

Director del trabajo.

D. Federico Padrón Martín, Profesor Ayudante Doctor de la UDE de Ingeniería Marítima, perteneciente al Departamento de Ciencias de la Navegación, Ingeniería Marítima, Agraria e hidráulica de la Universidad de La Laguna certifica que:

D. José David Padilla Álvarez y D. Ian Cáceres Méndez, han realizado bajo mi dirección el trabajo fin de grado titulado: SISTEMA DE GOBIERNO, ESTABILIZACIÓN Y WATERJETEN EMBARCACIONES RÁPIDAS “BENCHIJIGUA Y BONANZA EXPRESS”

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

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

En Santa Cruz de Tenerife a 15 de septiembre de 2016.

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

Fdo.: Federico Padrón Martín.

Director del trabajo.

ÍNDICE

ÍNDICE DE CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	4
2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO	4
III. ANTECEDENTES HISTÓRICOS DE LOS WATERJETS.....	5
IV. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL BUQUE BENCHIJIGUA EXPRESS	11
4.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES.....	14
4.2 SISTEMA DE PROPULSIÓN	14
4.2.1 Motores principales	15
4.3 HÉLICES DE MANIOBRA	18
V. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL BUQUE BONANZA EXPRESS	23
5.1 SISTEMA DE PROPULSIÓN	25
5.2.1 Motores principales.....	26
VI. WATERJETS	29
6.1 ¿QUÉ ES UN WATERJET?	30
6.2 CAVITACIÓN	31
6.2.1 Cavitación en un waterjet	32
6.2.2 Aireación	33
6.3 VENTAJAS DE LOS WATERJETS	34
6.3.1 Eficacia.....	34
6.3.2 Maniobrabilidad	35
6.3.3 Seguridad.....	35
6.3.4 Durabilidad	35
VII. SISTEMA DE WATERJETS “BENCHIJIGUA EXPRESS”	37
7.1 WATERJET KAMEWA ROLLS-ROYCE 125 SII.....	38
7.1.1 Sistema hidráulico del waterjet Kamewa ROLLS-ROYCE 125 SII:.....	39
7.2 WATERJET KAMEWA ROLLS-ROYCE 180 BII	41
7.2.1 Sistema hidráulico del waterjet Kamewa ROLLS-ROYCE 180 BII:.....	42
VIII. SISTEMA DE WATERJETS	45
“BONANZA EXPRESS”	45
8. WATERJETS LIPS LJ150D	46
IX. ESTABILIZADORES “BENCHIJIGUA EXPRESS”	47
9.1 INTERCEPTORS	49

9.2 T-MAX.....	52
6.2.1 Gobierno de emergencia.....	55
9.3 ROLLFIN	57
9.4 T-FOIL	59
X. ESTABILIZADORES “BONANZA EXPRESS”	63
XI. TRABAJO DE MANTENIMIENTO “30.000h del M.P. del buque Bonanza Express”	67
11.1 DÍA 1-DÍA 2	69
11.2DÍA 3	72
11.3DÍA 4	75
11.4DÍA 5	78
11.5DÍA 6	81
11.6DÍA 7	82
11.7DÍA 8	85
11.8DÍA 9-10.....	87
11.9 DÍA 11	88
11.10DÍA 12	89
11.11DÍA 13	91
11.12DÍA 14	93
11.13DÍA 15	94
11.14DÍA 16	96
11.15DÍA 17	96
XII. TRABAJO DE MANTENIMIENTO “Cambio de una Power Unit”	97
12.1 DESCRIPCIÓN.....	98
12.2 PROCESO	98
XII. CONCLUSIONES.....	103
13. BIBLIOGRAFÍA	106

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1: Tornillo de Arquímedes	6
Ilustración 2: Quinnat Hamilton Jet.....	7
Ilustración 3: Waterjet nave Destriero	8
Ilustración 4: Nave Destriero vista aérea	8
Ilustración 5: Evolución de los waterjet	9
Ilustración 6: Benchijigua Express en Astillero Austal	12
Ilustración 7: Condor Liberation en Astillero Austal	13
Ilustración 8: Sala de máquina de popa del Benchijigua.....	15
Ilustración 9: Sala de máquinas de proa del Benchijigua	15
Ilustración 10: Descriptiva Motor MTU 8000 20V	16
Ilustración 11 LOP (Local Operating Panel)	17
Ilustración 12: EMU (Engine Monitoring Unit).....	17
Ilustración 13: ECU (Engine Control Unit)	17
Ilustración 14: Hélice de proa-popa, vista desde arriba.....	19
Ilustración 15: Control local Hélices de proa.....	19
Ilustración 16: Motor eléctrico Hélice de proa.....	20
Ilustración 17: Variador Hélices de proa	20
Ilustración 18: Buque Bonanza Express de la compañía Fred Olsen.....	24
Ilustración 19: M.P. Bonanza Express.....	26
Ilustración 20: Componentes waterjet.....	30
Ilustración 21: Componentes internos waterjet	31
Ilustración 22: Etapas de la cavitación	32
Ilustración 23: Plano 3D sala de jet. Parte coloreada waterjets laterales	38
Ilustración 24: Plano Waterjet.....	39
Ilustración 25: Sala de Jet	39
Ilustración 26: Unidad de potencia de lubricación.....	40
Ilustración 27: Unidad de potencia hidráulica	40
Ilustración 28: Mandos de los waterjet en el puente	41
Ilustración 29: Plano 3D sala de jet, Parte coloreada waterjet central (Booster).....	41
Ilustración 30: Plano Booster	42
Ilustración 31: Unidad hidráulica del Booster	43
Ilustración 32: Mandos del Booster en el puente	43
Ilustración 33: Esquema waterjet Bonanza Express.....	46
Ilustración 34: Los grados del movimiento	48
Ilustración 35: Vista alzado Interceptors	50
Ilustración 36: Diedrico Interceptors.....	51
Ilustración 37: Trimado de los Interceptors	52
Ilustración 38: Tmax desde el interior de la sala de Jets.....	52
Ilustración 39: Diedrico Tmax.....	55
Ilustración 40: Acción de los Tmax	57
Ilustración 41: Acción de los Rollfin para corregir escora	58
Ilustración 42: Acción de los Rollfin para corregir escora	58
Ilustración 43: Flap Rollfin	59
Ilustración 44: Aleta principal Rollfin	59
Ilustración 45: T-Foil	60

Ilustración 46: Perfil T-Foil.....	60
Ilustración 47: Asiento aproante	61
Ilustración 48: Asiento apopante	61
Ilustración 49: T-Foil Bonanza Express	64
Ilustración 50: Actuador Trimtab	65
Ilustración 51: Waterjet y estabilizador Trim-Tab del Bonanza	65
Ilustración 52: Motor principal del bonanza Express.....	68
Ilustración 53: Izado bomba de agua dulce.....	69
Ilustración 54: Comparación bomba agua dulce nueva y vieja.....	70
Ilustración 55: Distinta perspectiva bomba agua dulce sacada del motor.....	70
Ilustración 56: Bomba de agua a punto de ser retirada.....	71
Ilustración 57: Colocación tuerca en bomba de agua salada nueva	72
Ilustración 58: Bomba de combustible en azul	73
Ilustración 59: Retirada de bomba de aceite	73
Ilustración 60: Izado bomba de aceite	74
Ilustración 61: Apriete de tuerca bomba de aceite.....	74
Ilustración 62: Colocación nueva bomba de aceite.....	75
Ilustración 63: Vista del motor sin los colectores de los forros de escape	76
Ilustración 64: Retirada de balancines, empujadores y taqués	76
Ilustración 65: Operario retirando balancines y vista de la toma de temperaturas de escape.....	77
Ilustración 66: Operario colocando los elementos para aflojar las tuercas de la culata.....	77
Ilustración 67: Gato hidráulico.....	78
Ilustración 68: Operarios aflojando pernos de la cabeza de biela	79
Ilustración 69: Operario retirando una culata.....	79
Ilustración 70: Operario izando una culata	80
Ilustración 71: Vista del útil para evitar que la camisa se salga del sitio	80
Ilustración 72 Colocación del útil de izado en la cabeza del pistón	81
Ilustración 73: Operario retirando el pistón.....	81
Ilustración 74: Izado de un pistón	82
Ilustración 75: Medición de la camisa	82
Ilustración 76: Bruñido de una camisa	83
Ilustración 77: Limpieza válvula termoestática.....	84
Ilustración 78: Limpieza del bloque del motor.....	84
Ilustración 79: Tuerca cojinete de bancada	85
Ilustración 80: Retirada tapa cojinete de bancada.....	85
Ilustración 81: Operarios levantando el cigüeñal con la ayuda de dos tecles	86
Ilustración 82: Utilización de un útil para la extracción del cojinete de bancada.....	87
Ilustración 83: Útil para elevar el cigüeñal	87
Ilustración 84: Colocación de la tapa del cojinete de bancada	88
Ilustración 85: Apriete de los cojinetes de bancada.	89
Ilustración 86: Colocación aros del pistón.....	90
Ilustración 87: Colocación del pistón con ayuda de un útil.....	90
Ilustración 88: Unión de la cabeza de biela	91
Ilustración 89: Unión de un pistón con la biela	92
Ilustración 90: Unión de un pistón con la biela desde otra perspectiva	92
Ilustración 91: Vista del motor con todas las culatas nuevas colocadas	93

Ilustración 92: Vista del motor con las culatas y los inyectores nuevos colocados	94
Ilustración 93: Operarios realizando el apriete de las culatas	95
Ilustración 94: Operarios colocando el codo del colector de admisión	95
Ilustración 95: Colocación del colector de escape	96
Ilustración 96: Plano del garaje. La parte coloreada en naranja se indica la ubicación de las sangrías.....	98
Ilustración 97: Placa que se fija con la inclinación necesaria	99
Ilustración 98: Unidad enganchada al tecele	100
Ilustración 99: Alargamiento de los espárragos	101
Ilustración 100: Unidad nueva al frente, Unidad defectuosa al fondo	102

Índice de Tablas

Tabla 1. Características generales Benchijigua.....	14
Tabla 2: Características de los motores principales del Benchijigua Express	18
Tabla 3: Características generales Bonanza	25
Tabla 4: Características de los motores principales del Bonanza Express	27

I.INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

En este proyecto hemos querido plasmar lo vivido y aprendido durante nuestro período de embarque. Hemos elegido hacer el trabajo conjuntamente porque queremos resaltar que embarcados y en alta mar una persona sola está en desventaja. Durante nuestro embarque hemos aprendido a convivir, cooperar y a trabajar en equipo con todos; y haciendo eco de esto y sintiéndonos orgullosos hemos querido plasmar esa complicidad haciendo el trabajo en pareja.

Durante este último año hemos vivido distintas experiencias en diferentes buques. Hemos coincidido, no en el mismo período, hacer las prácticas en el buque Benchijigua Express, y por ello, hemos elegido este buque para ser el protagonista del proyecto.

Este proyecto consta de una primera parte donde abordará los antecedentes históricos de los waterjets, un recorrido por su historia hasta llegar al día de hoy. Seguidamente profundizaremos en detalle con los waterjets del buque Benchijigua Express. En este punto también hablaremos del sistema de propulsión y estabilización del buque.

La segunda parte, se hará una descriptiva general del Benchijigua. Hablaremos de los componentes de la máquina, así como, una descripción de cada cubierta.

Para finalizar, hemos añadido una tercera parte donde consta un trabajo de mantenimiento que hemos tenido la oportunidad de estar en el mismo período de embarque se llevó a cabo.

Todo el contenido del trabajo está completamente documentado, contrastado por trabajadores de la empresa, manuales y páginas web de los distintos fabricantes. Por todo ello, el trabajo está fundamentado en planos de los elementos descritos, fotos propias y de la compañía.

II. OBJETIVOS

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

En primer lugar hemos hecho una recopilación de antecedentes históricos de los waterjets, un camino por su historia hasta llegar al día de hoy.

También hemos querido plasmar una visión general de dos de los buques rápidos de la compañía Fred Olsen Express, que operan en aguas de nuestro Archipiélago.

Y por último hemos querido aportar alguna avería o situación que hemos vivido durante el período de embarque de los buques donde hemos navegado, Benchijigua y Bonanza Express.

2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

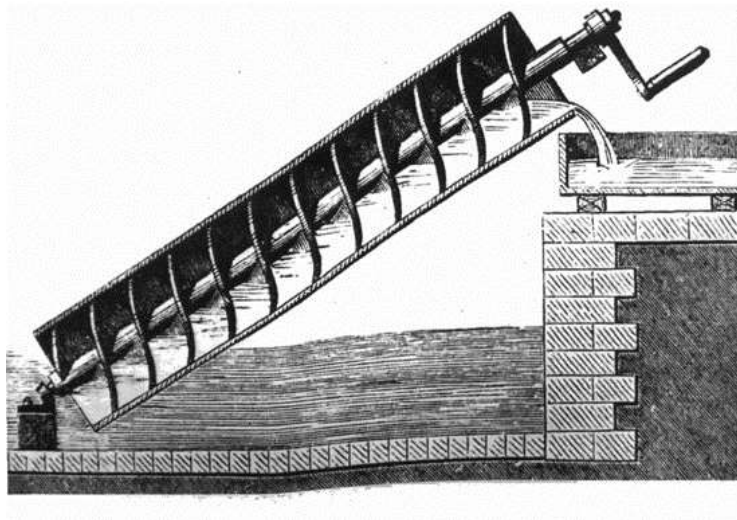
- Conocer y estudiar el sistema waterjet de los buques rápidos Bonanza y Benchijigua Express. Comprender las partes, características y su funcionamiento.
- Hemos estudiado el sistema de estabilización de estas dos naves de alta velocidad.
- Exponemos el trabajo de mantenimiento de las 30.000 horas que se ha llevado a cabo a uno de los motores principales del Bonanza Express. Así como el cambio de una Power Unit, por parte de los técnicos de MTU, en el buque Benchijigua Express.

III. ANTECEDENTES HISTÓRICOS DE LOS WATERJETS

3. ANTECEDENTES HISTÓRICOS DE LOS WATERJETS

El invento de la propulsión a chorro moderna se le puede atribuir a Arquímedes debido a su invento, el tornillo de Arquímedes. Consiste en hacer girar un tornillo, el cual está dentro de un cilindro hueco, situado sobre un plano inclinado. Esto permite elevar un cuerpo o fluido desde un nivel inferior a un nivel superior.

Ilustración 1: Tornillo de Arquímedes



Fuente: (Stewart)

En 1630 David Ramsay, Escocés, adquirió la patente inglesa número 50, ésta patente incluía una invención que según decía David Ramsay; "an invention to make boats, ships and barges go against strong wind and tide" (una invención para que los botes, barcos y barcas naveguen contra fuertes vientos y mareas). Esto puede dar pie a pensar que David Ramsay estaba pensando en algún tipo de waterjet. (John Allison, 1993)

El Francés Daniel Bernoulli en 1753 sugirió que si una corriente de agua era conducida hacia el exterior de popa de un barco por debajo de la línea de agua, la reacción del barco sería la de ir hacia delante. Bernoulli demostró el principio de la propulsión waterjet con el experimento donde se vierte agua en una tubería en forma de L que se extiende hasta el extremo de popa. Aun así, quedaba por determinar lo más importante, cómo forzar la entrada de agua hacia el barco.

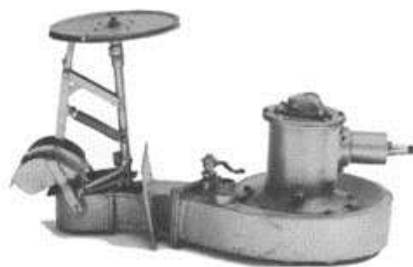
Debido a los pocos o malos conocimientos sobre la propulsión a chorro y a las limitaciones de la tecnología, casi no hubo evoluciones hasta mediados del siglo XIX en el cual había un gran interés por la propulsión a chorro para los buques de guerra. La marina británica y el gobierno sueco realizaron experimentos comparando buques propulsados por hélices y otros por waterjets. En estas pruebas, debido a los pocos avances tecnológicos de los waterjets, se vieron favorecidos los buques con hélices.

William Hamilton, en la década de 1950 empezó a experimentar con chorros marinos siguiendo el ejemplo del invento de la American Hanley hidrojet (Solà, 2014). Creó una embarcación que incorporaba una bomba de agua de centrifugado redondo que introducía agua y la expulsaba a través de una tobera por debajo de la embarcación. Dicha embarcación logró alcanzar una velocidad de 5,94 nudos y estaba pensada para navegar en los ríos de poca profundidad de Nueva Zelanda en los cuales las hélices chocaban contra las rocas.

Después de este primer diseño, William Hamilton, siguió trabajando para mejorar la eficiencia. En 1954 consiguió expulsar el chorro de agua por encima de la línea del mar al hacerle una modificación al primer diseño. Esta modificación fue fundamental para la evolución de la propulsión a chorro. Al expulsar el chorro de agua por encima de la línea del mar, Hamilton consiguió velocidades por encima de los 14 nudos y a su vez, consiguió eliminar los apéndices en la obra viva.

Esta unidad fue llamada “Quinnat” y consistía en una unidad de centrífuga de eje vertical, conducido a través de una caja de cambios de ángulo recto.

Ilustración 2: Quinnat Hamilton Jet



Fuente: (HamiltonJet)

La compañía sueca “Kamewa” ha sido líder con respecto a la producción en serie de waterjet. Esto se debe a la alta calidad, eficiencia y fiabilidad de sus waterjets.

El buque “Destriero”, el cual llevaba instalado el sistema propulsivo por waterjets de la casa Kamewa, cubrió la distancia que separa Nueva York de Inglaterra a una velocidad media de 59 nudos sin necesidad de repostar combustible.

Ilustración 3: Waterjet nave Destriero



Fuente: (Franciscano)

Ilustración 4: Nave Destriero vista aérea



Fuente: (Franciscano)

Ilustración 5: Evolución de los waterjet



Fuente: (HamiltonJet)

IV. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL BUQUE BENCHIJIGUA EXPRESS

4. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL BUQUE BENCHIJIGUA EXPRESS

El Benchijigua es un buque trimarán de alta velocidad. Está diseñado para el transporte de carga rodada y pasajeros. El astillero AUSTAL Ships fue el encargado de construir la nave, en Henderson, Australia. Fue entregado a Fred Olsen en el año 2005, para operar en aguas Canarias, con la ruta Tenerife-La Gomera-La Palma.

Con sus 127m de eslora, se le otorga el título del segundo trimarán más grande del mundo, solo por debajo del buque de combate Independence (128m), que basa su diseño en el Benchijigua Express y construido bajo el mismo astillero.

Actualmente, y construido por AUSTAL Ships, está el "Condor Liberation" que también es un trimarán de alta velocidad pero de 102m de eslora, basado al igual en el diseño del Benchijigua.

Ilustración 6: Benchijigua Express en Astillero Austal



Fuente: (Austal Corporate)

La ventaja principal ventaja del trimarán frente al monocasco, es que este último ofrece una menor resistencia a la corriente, así mismo posee una mejor estabilidad y un área menor de contacto con el casco. Sumado a todo esto, el trimarán tampoco necesita de la pesada quilla lastrada de un monocasco. Estas ventajas dan como resultado un buque bastante más ligero y más rápidos.

Ilustración 7: Condor Liberation en Astillero Austal



Fuente: (Austal Corporate)

4.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES

Tabla 1. Características generales Benchijigua

Eslora máxima <i>Lenght overall</i>	126.65 m
Manga máxima <i>Extreme breadth</i>	30.40 m
Puntal a la cubierta principal <i>Depth to main deck</i>	8.20 m
Calado máximo a proa <i>Maximun fore draught</i>	3.71 m
Calado máximo en el centro <i>Maximun cetre draught</i>	3.89 m
Calado máximo a popa <i>Maximun aft draught</i>	4.30 m
Desplazamiento máximo <i>Full load displacement</i>	2509 TM
Francobordo de verano <i>Summer freeboard</i>	4.19 m
Desplazamiento en rosca <i>Light ship displacement</i>	1509 TM
Peso muerto <i>Deadwight</i>	1000 TM
Arqueo bruto <i>Gross tonnage</i>	8973 TRB
Arqueo neto <i>Net tonnage</i>	2691 TRN
Velocidad de crucero <i>Cruising Speed</i>	33 Nudos
Velocidad máxima <i>Maximum speed</i>	45 udos

Fuente: Manual Benchijigua Express

4.2 SISTEMA DE PROPULSIÓN

El buque está dotado por cuatro motores diésel MTU 20V serie 8000. La sala de máquina se divide en: sala de máquina de proa donde encontramos dos MMPP que se acoplan a una misma reductora y poseen un waterjets de empuje Kamewa 180 BII (Booster) "sala de máquina de popa" donde se encuentras los dos MMPP restantes, éstos están acoplados cada uno a una reductora y a su vez poseen un waterjet direccional Kamewa 125 SII.

Ilustración 8: Sala de máquina de popa del Benchijigua



Fuente: Trabajo de campo

Ilustración 9: Sala de máquinas de proa del Benchijigua

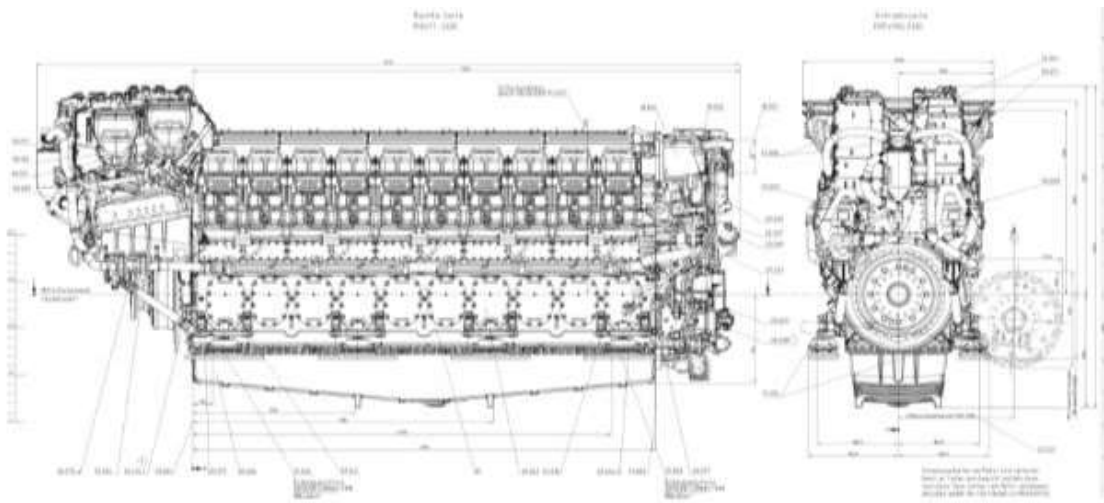


Fuente: Trabajo de campo

4.2.1 Motores principales

Estos motores son de cuatro tiempos, diésel y refrigerados por agua. Tienen una longitud de 7,4 metros y 2,4 metros de ancho con 44.500 Kg de peso. Estos motores están dotados por cuatro válvulas por cilindro e inyección directa. El sistema de inyección que emplea es Common-rail controlado electrónicamente.

Ilustración 10: Descriptiva Motor MTU 8000 20V

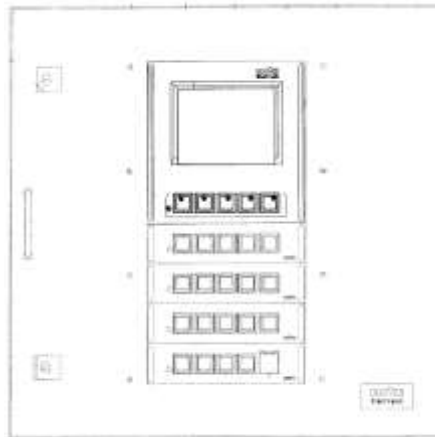


Fuente: 260 Manual MTU

Los motores están controlados por 24 voltios con arranque por aire y secuencia automática de arranque. A velocidad de crucero funciona a un régimen de 1100 rpm mientras que a ralentí lo hace a 400 rpm. Sus 20 cilindros en V le dan una potencia de 8200 Kw (11.150 CV), 410 KW por cilindro. Posee cuatro turbocompresores que son los encargados en sobrealimentar el motor.

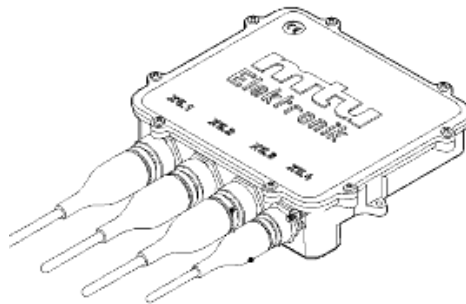
Cada motor posee su propio sistema de gestión electrónica centralizada, llamadas ECU (Engine Control Unit) EMU (Engine Monitoring Unit) y LOP (Local Operating Panel). Los datos proporcionados son de vital importancia para saber el estado de la máquina, y también nos sirven para tener un seguimiento de la misma. Los datos los podemos observar en la pantalla del Jefe de Máquinas en el puente, y también, in situ en la máquina. Si ocurriese cualquier anomalía el motor, éste está dotado de distintos tipos de sensores para alertar al operador. Estas alarmas son activadas cuando existen temperaturas, presiones, niveles o revoluciones críticas. El operador debe tomar las medidas oportunas, antes de sufrir cualquier inconveniente.

Ilustración 11 LOP (Local Operating Panel)



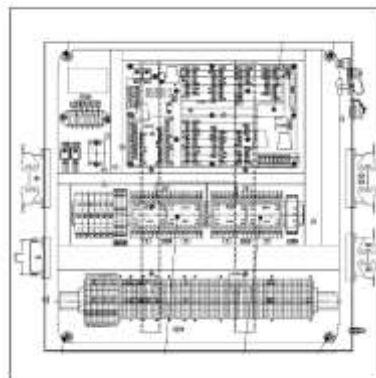
Fuente: 260 Manual MTU

Ilustración 12: EMU (Engine Monitoring Unit)



Fuente: 260 Manual MTU

Ilustración 13: ECU (Engine Control Unit)



Fuente: 260 Manual MTU

Tabla 2: Características de los motores principales del Benchijigua Express

Potencia	8200 kW
Revoluciones de relentí	400rpm
Revoluciones de operación	1150 rpm
Cilindros e inclinación	20 V 48°
Calibre	265mm
Carrera	315mm
Radio de compresión	16.2:1
Velocidad del pistón	12.1 m/s
Presión de aire necesaria para el arranque	14-16bar

Fuente: Manual MTU

4.3 HÉLICES DE MANIOBRA

El buque Benchijigua lo dotan dos hélices de proa, Rolls-Royce Aquamaster UL601. Son unidades azimutales, de gobierno hidráulico y retractiles. Están ubicadas en el casco central, en el "plan room", posterior a la zona de acomodación de la tripulación.

Según las diferentes condiciones que se puede encontrar, el capitán decide si opera las hélices como una sola unidad, o cada una independiente, es posible ya que están separadas mecánicamente. El buque también está preparado para actuar con una sola hélice en el caso que hiciera falta.

Las hélices son comandadas desde el puente, pero en caso de emergencia, se puede hacer en modo local in situ.

Estas hélices proporcionan al buque:

- ◆ Empuje a los 360º para maniobras a poca velocidad
- ◆ Ayuda para maniobras de puerto con vientos de costado

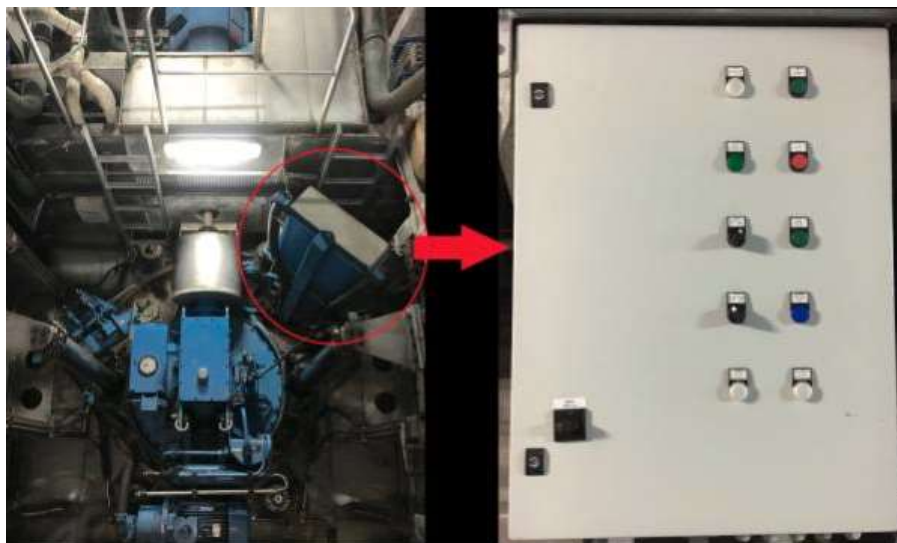
- ◆ Propulsión y gobierno para casos de emergencia

Ilustración 14: Hélice de proa-popa, vista desde arriba



Fuente: Trabajo de campo

Ilustración 15: Control local Hélices de proa



Fuente: Trabajo de campo

Cada hélice trabaja con su motor eléctrico, de 450 kW, en "barra", coge la corriente directamente de los generadores. La velocidad de cada motor eléctrico la controla un variador de velocidad, el cual variando la frecuencia incrementa o disminuye la velocidad del mismo.

Ilustración 16: Motor eléctrico Hélice de proa



Fuente: Trabajo de campo

Ilustración 17: Variador Hélices de proa



Fuente: Trabajo de campo

Cuando no se opere, cada hélice se mantiene asegurada en su posición alta mediante dos trincas hidráulicas. La abertura inferior del casco queda sellada con una plancha de cierre, la cual va montada sobre la parte inferior de la tobera de la hélice.

Cuando la hélice se retrae, esta plancha de cierre queda bloqueada en su posición por medio de cuatro trincas giratorias hidráulicas. Las fuerzas hidrodinámicas que actúan sobre esta plancha se transmiten directamente al casco, mientras que la hélice de proa queda aislada por medio de soportes elásticos. Para evitar una tensión excesiva y posibles daños a la unidad y/o el casco, el sistema solo permite subir o desplegar las hélices cuando la velocidad del buque es inferior a 6 nudos. Por lo tanto, antes de comenzar a desplegar o izar las hélices, lo ideal es poner los motores a ralentí.

V. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL BUQUE BONANZA EXPRESS

5. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL BUQUE BONANZA EXPRESS

El buque de la compañía Fred Olsen “Bonanza Express” es una nave de gran velocidad catalogado como High Speed Wave Piercing Catamaran. Fue construido en el año 1998 en Tasmania (Australia) por los astilleros de Incat Australia Pty. Ltd., factoría de Hobart. Su número de construcción es el H51. Construido prácticamente en su totalidad de aluminio, fue el primer barco de su categoría en operar en las Islas Canarias marcando un antes y un después en el transporte marítimo de las islas. Desde que llegó a las islas ha unido la mayor parte de las islas hasta hoy en día que realiza la travesía de Santa Cruz de Tenerife – Agaete. Cabe destacar que en 2001 cubrió la línea Miami – Grand Bahama en un intento de la empresa por sacar una nueva línea pero no dio los resultados que se esperaban y volvió a las Islas Canarias.

Ilustración 18: Buque Bonanza Express de la compañía Fred Olsen



Fuente: (Fred Olsen Express)

Tabla 3: Características generales Bonanza

Eslora máxima <i>Lenght overall</i>	95.47 m
Manga máxima <i>Extreme breadth</i>	26.16 m
Puntal a la cubierta principal <i>Depth to main deck</i>	7.69 m
Calado máximo <i>Maximun draught</i>	4.03 m
Arqueo bruto <i>Gross tonnage</i>	5528 TRB
Arqueo neto <i>Net tonnage</i>	2017 TRN
Velocidad de crucero <i>Cruising Speed</i>	30 Nudos
Velocidad máxima <i>Maximum speed</i>	42 Nudos

Fuente: Manual Bonanza Express

5.1 SISTEMA DE PROPULSIÓN

El barco dispone de cuatro motores principales Ruston 20RK 270 de cuatro tiempos con 20 cilindros en V a 45°. Cada casco posee una sala de máquinas, en las cuales hay dos motores acoplados a una reductora cada uno. Los motores se denominan de una forma según el casco en el que estén y en la posición en la que estén:

- ♦ P.I.M.E: Motor situado en el casco de babor por la parte más cercana a la línea de crujía (Port Inner Main Engine).
- ♦ P.O.M.E: Motor situado en el casco de babor por la parte más alejada a la línea de crujía (Port Outer Main Engine)
- ♦ S.I.M.E: Motor situado en el casco de estribor por la parte más cercana a la línea de crujía (Starboard Inner Main Engine)
- ♦ S.O.M.E: Motor situado en el casco de estribor por la parte más alejada de la línea de crujía (Starboard Inner Main Engine)

De cada reductora sale un eje que va a un waterjetLips LJ150D. Dichos waterjets proporcionan la propulsión y el gobierno necesarios para la correcta operatividad del buque, ofreciendo 4x 7080KW de potencia.

5.2.1 Motores principales

Estos motores son de cuatro tiempos, diésel. Estos motores están dotados por cuatro válvulas por cilindro. Posee 20 cilindros en V a 45º y los cuatro motores ofrecen una potencia de 28320 Kw. Cada motor va acoplado a una reductora Reintjes VLJ6831 con caja reductora de una etapa y desmultiplicación 1,78:1. De cada reductora sale un eje que va a un waterjetLips LJ150D. Dichos waterjets proporcionan la propulsión y el gobierno necesarios para la correcta operatividad del buque.

Ilustración 19: M.P. Bonanza Express



Fuente: Trabajo de campo

Tabla 4: Características de los motores principales del Bonanza Express

Clasificación del motor	20RK270
Modelo del motor	20 cilindros en V a 45º
Ciclos	4 tiempos
Tipos	Sobrealimentado con enfriador de aire
Diámetro interior del cilindro	270mm
Carrera	305mm
Desplazamiento por cilindro	17.5 L
Ratio de compresión	12.3:1
Sentido de giro (desde el volante)	Izquierdas
Orden de encendido	Lado A: 8-5-2-4-1-3-6-9-7-10 Lado B: 1-3-6-9-7-10-8-5-2-4
Presión de timbrado inyector	376-386 Bar +/- 10%
Avance inyección	17%
Calaje válvula escape	1mm
Calaje válvula admisión	0.6mm
Cremallera	200.20mm
Sistema de arranque	Neumático
Presión máxima	130kg/cm2
Máxima contrapresión admisible (Escape)	300mm
Máxima restricción admisible de aire	200mm
Presión de aire de barrido 100% de carga	2.7kg/cm2
Potencia	7080kW
Régimen de operación	1030 r/min
Régimen a ralentí	320 r/min

Fuente: Manual Bonanza Express

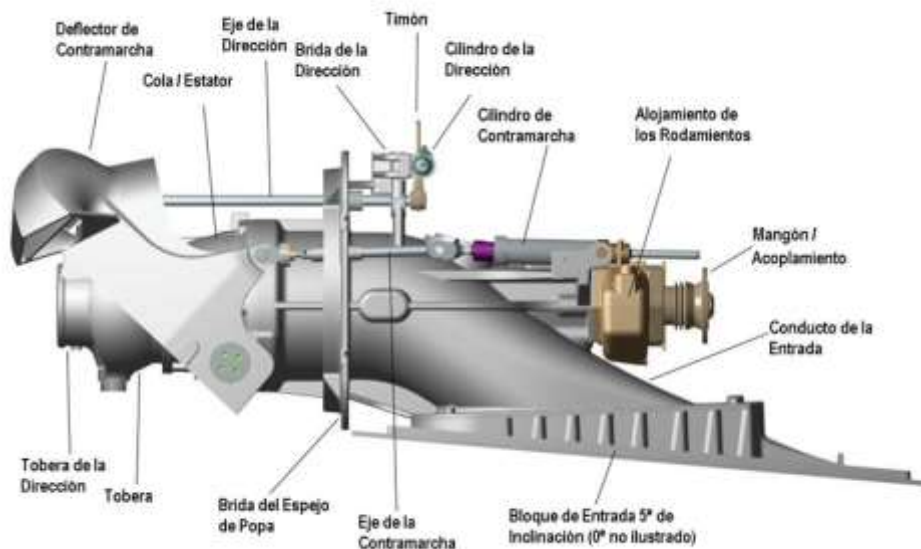
VI. WATERJETS

6.1 ¿QUÉ ES UN WATERJET?

Los waterjets son un sistema de propulsión marina. Utilizan una potente bomba de agua para generar un chorro a alta velocidad que al salir por la popa del barco, genera una fuerza en la dirección opuesta, empujando el barco hacia delante.

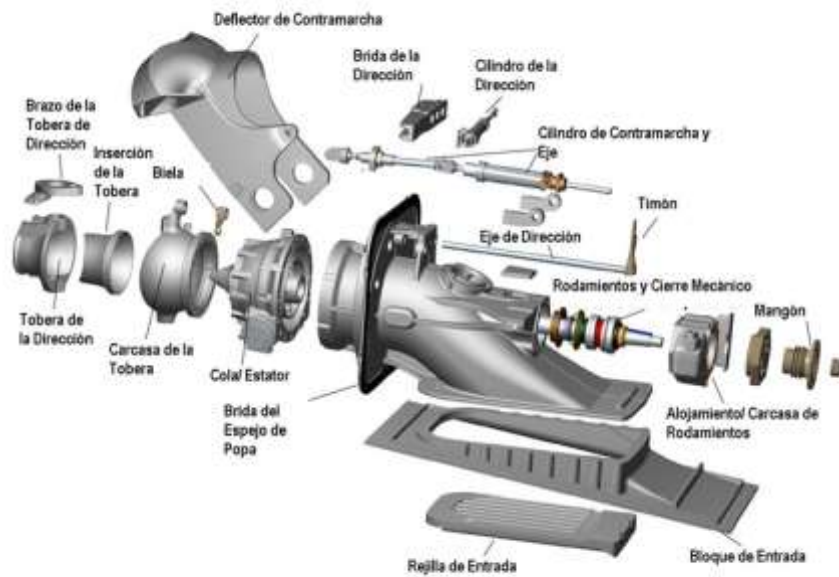
Hoy en día es un sistema de propulsión en auge debido a las grandes prestaciones que ofrece el waterjet, como una gran maniobrabilidad, la posibilidad de usarse en aguas con poco calado debido a que no tienen apéndices que sobresalgan por debajo del casco, etc.

Ilustración 20: Componentes waterjet



Fuente: (HamiltonJet)

Ilustración 21: Componentes internos waterjet



Fuente: (HamiltonJet)

6.2 CAVITACIÓN

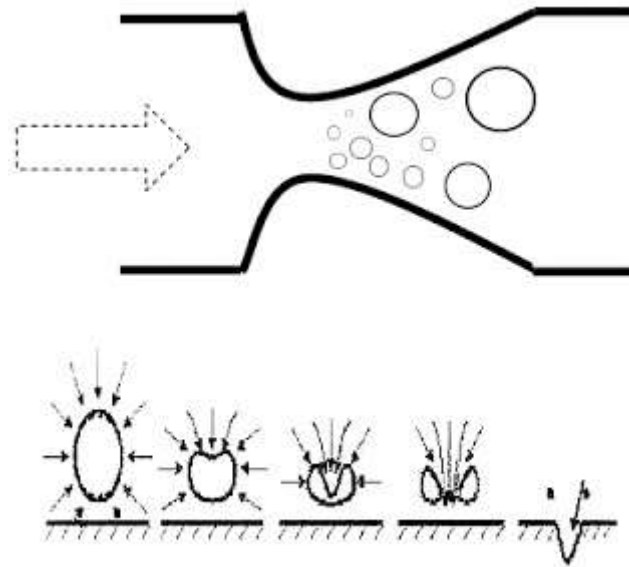
El fenómeno de la cavitación se produce cuando un líquido fluye por una región en la cual la presión es menor que su presión de vapor, el líquido hierve y forma burbujas de vapor. Dichas burbujas son llevadas por el líquido hasta llegar a una región de mayor presión, donde el vapor regresa al estado líquido de manera súbita, implosionando bruscamente las burbujas.

En el caso de que las burbujas de vapor se encuentren cerca o en contacto de una pared sólida cuando cambian de estado, las fuerzas ejercidas por el líquido al aplastar la cavidad dejada por el vapor dan lugar a muy altas presiones localizadas, ocasionando picaduras sobre la superficie.

El fenómeno de la cavitación suele ir acompañado de ruido y vibraciones, como si hubiese algo golpeando contra diferentes partes de la estructura.

Este es un gran problema ya que disminuye la vida de los materiales ocasionando grandes pérdidas económicas con lo cual ha sido y sigue siendo objeto de muchos estudios para poder evitar este fenómeno.

Ilustración 22: Etapas de la cavitación



Fuente: (Fases de la cavitación | tecnologiamk)

6.2.1 Cavitación en un waterjet

Cuando el waterjet está en funcionamiento, las burbujas viajan aguas abajo y según van pasando a zonas de más elevada presión del aspa, cesa la ebullición y las burbujas se colapsan. Durante la operación normal del impulsor, existe un área de baja presión en la espalda del aspa. Normalmente la presión no cae lo suficiente para que ocurra la ebullición. Sin embargo, el mal diseño, la selección inadecuada o algunos desperfectos pueden causar una inusual caída de presión en un área pequeña del aspa. La ebullición puede ocurrir en esta pequeña área. Las burbujas que se colapsan liberan suficiente energía como para erosionar la superficie del aspa.

Los waterjets normalmente se ven afectados por este fenómeno a bajas velocidades.

A parte de la velocidad del barco, hay otras condiciones que pueden causar cavitación:

- ◆ Asiento apopante
- ◆ Malas condiciones del mar
- ◆ Obstrucción en la rejilla de admisión
- ◆ Impulsores dañados
- ◆ Huelgo excesivo en las puntas del impulsor

Para evitar que se produzca cavitación, en la etapa de diseño del barco se tienen que tener en cuenta algunos factores:

- ◆ Hay que seleccionar el waterjet correcto, basándose en estadísticas reales.
- ◆ Los waterjets seleccionados deben tener:
 - Impulsores con mayores aspas o un mayor número de aspas de tamaño similar
 - Deben tener una distribución uniforme de carga sobre el aspa
 - Toberas más pequeñas
 - Admisiones más grandes
- ◆ Se debe controlar y reducir el desplazamiento de la embarcación
- ◆ Instalar aletas adrizantes (trimtabs)

En el caso de que se esté experimentando cavitación, lo recomendable es reducir las RPM de la máquina e incrementar la velocidad del barco.

6.2.2 Aireación

En la aireación, el aire entra al waterjet y se adhiere en las áreas de baja presión en el lado de succión de las aspas del impulsor. Esto ocasiona que haya menos espacio para que el agua sólida (sin aire) pase entre las aspas con lo cual se reduce el flujo y se pierde empuje.

En la práctica siempre existe algo de aire entrando con el flujo de agua al waterjet, ocasionado por la interfase aire/agua en la proa del barco. El waterjet es capaz de manejar esta cantidad de aire sin reducción en el flujo. Sin embargo cuando el flujo se vuelve excesivamente aireado, ocasionará una pérdida de empuje en el waterjet. Esto

se evidenciaría por un incremento de las RPM de la máquina ligada a una caída de la velocidad del barco.

Hay varios factores que pueden ocasionar aireación excesiva:

- ◆ Formas de casco múltiples, especialmente con tres cascos (trimaranes)
- ◆ Tracas de planeo, sobrequillas y quillas centrales de barra
- ◆ Apéndices, tomas de agua, etc. Localizadas a proa de la admisión de los waterjets
- ◆ Admisiones de los waterjets con saltos o rebordes sobre el perfil del casco
- ◆ Asiento apopante excesivo
- ◆ Escapes o drenes posicionados debajo del plano de flotación

6.3 VENTAJAS DE LOS WATERJETS

Respecto a la eficacia, maniobrabilidad, seguridad, durabilidad y flexibilidad los waterjets tienen muchas ventajas en comparación a las hélices.

6.3.1 Eficacia

Los waterjets se hacen más eficientes que los sistemas convencionales de hélices al aumentar la velocidad del barco. Esto se debe a:

- ◆ No hay nada debajo del casco que aumente su resistencia; la entrada de agua del waterjet está a ras del casco. En los sistemas convencionales de hélices, hay ejes, palas de timón con sus soportes que sobresalen por debajo e incrementan la resistencia del casco al aumentar la velocidad.
- ◆ El empuje generado por el waterjet es paralelo al movimiento del barco. En muchos sistemas de propulsión por hélice, el eje tiene un ángulo y el empuje es generado en la dirección del eje, por lo tanto solamente un componente del empuje total esté en la dirección del movimiento del barco.
- ◆ La energía que se pierde en los flujos rotativos es recuperada en el estator del waterjet, cuyas palas fijas hacen que el chorro sea completamente axial. Mientras que en una instalación con hélices esta energía se pierde.

6.3.2 Maniobrabilidad

La propulsión con waterjets ofrece una maniobrabilidad muy superior a la propulsión con hélices, ya sea a bajas o a altas velocidades.

- ♦ Con la ayuda de dos o más waterjets, es posible conseguir empuje lateral y desplazar la embarcación de lado sin necesidad de hélices de proa
- ♦ El empuje del waterjet es independiente de la velocidad del barco; el empuje varía en función de la potencia de entrada y de la posición del deflector y está disponible en cualquier momento. Por lo tanto el barco puede girar sin moverse hacia delante o hacia atrás.
- ♦ Para obtener el empuje hacia atrás no es necesario invertir el sentido de giro del eje. Solamente hay que mover el deflector de la posición totalmente levantada a totalmente bajada.

6.3.3 Seguridad

Al contrario que los barcos con sistemas de hélices, los barcos con waterjets incorporados, no tienen componentes exteriores que se mueven a alta velocidad con lo cual proporcionan una mayor seguridad a personas y vida marina en aguas cercanas al barco, permitiendo así a los barcos con waterjets navegar en tales circunstancias. Asimismo también hay menos riesgo de dañar equipos que estén en el agua.

6.3.4 Durabilidad

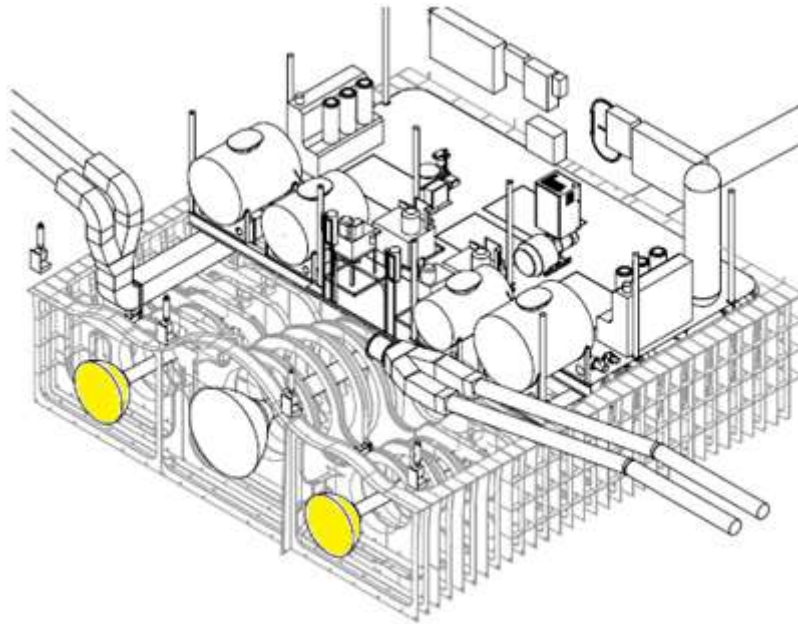
El impulsor al encontrarse en el interior del waterjet, está protegido de impactos tanto de objetos flotantes como de impactos contra el fondo marino. Por lo tanto es menos probable que se produzcan daños debido a agentes externos.

VII. SISTEMA DE WATERJETS “BENCHIJIGUA EXPRESS”

7.1 WATERJET KAMEWA ROLLS-ROYCE 125 SII

Son dos waterjets direccionales y reversibles localizados a ambas bandas del casco principal. La rotación del eje visto desde popa es en el sentido horario.

Ilustración 23: Plano 3D sala de jet. Parte coloreada waterjets laterales



Fuente: Manual Engineering Drawings

Cada sistema consiste en una entrada de agua, una bomba con salida de agua en forma de jet y un sistema direccional y reversible. Cambiando la orientación de la salida del chorro se consigue la maniobrabilidad deseada. Para ir atrás, se utiliza una cuchara o deflector para que el chorro salga hacia delante, consiguiéndose el empuje deseado.

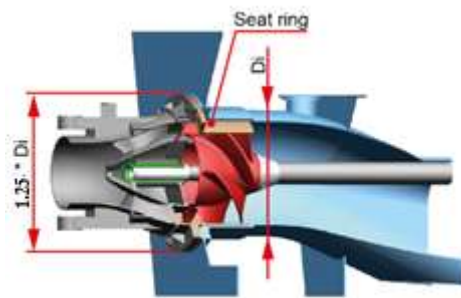
La entrada de agua se localiza en la parte inferior del casco.

Los waterjets pueden orientarse 30 grados a cada banda gracias al movimiento direccional de los mismos. La cuchara o deflector está unida a los waterjets mediante cojinetes de bronce auto lubricados y se mueven gracias a dos actuadores hidráulicos.

La cuchara o deflector, en la acción de atrás, se irá cerrando progresivamente para enviar el flujo de agua hacia la proa. Este empuje se puede graduar con la apertura y cierre del deflector y con las revoluciones del motor.

El control principal de los waterjets está situado en el puente. Dichos controles se sitúan en la consola entre el asiento del capitán y el primer oficial e incluyen el control de las revoluciones, la apertura y cierre de los waterjets, el gobierno de los mismos y el sistema de gobierno de emergencia. Justo detrás de esta consola, se encuentra la consola de maniobra en la que están los controles y los indicadores de los waterjets.

Ilustración 24: Plano Waterjet



Fuente: (Kamewa)

7.1.1 Sistema hidráulico del waterjet Kamewa ROLLS-ROYCE 125 SII:

Ilustración 25: Sala de Jet



Fuente: Trabajo de campo

El Sistema hidráulico lo podemos dividir en dos. Por un lado nos encontramos al sistema que controla el gobierno y empuje, el cual llamamos unidad de potencia hidráulica; y por otro, encontramos al sistema que controla la lubricación del cojinete y mantiene la presión en el mismo, unidad de potencia de lubricación.

Estas unidades están separadas por cada waterjet y las podemos encontrar en la sala de jet.

Ilustración 26: Unidad de potencia de lubricación.



Fuente: Trabajo de campo

La unidad de potencia hidráulica consiste en una válvula manifold hidráulica, un tanque de aceite y una bomba eléctrica. Todo el sistema lleva lubricación y una bomba de emergencia para el sistema hidráulico. Estas bombas llevan acopladas una bomba PTO la cual está localizada junto a la reductora.

Ilustración 27: Unidad de potencia hidráulica



Fuente: Trabajo de campo

Ilustración 28: Mandos de los waterjet en el puente

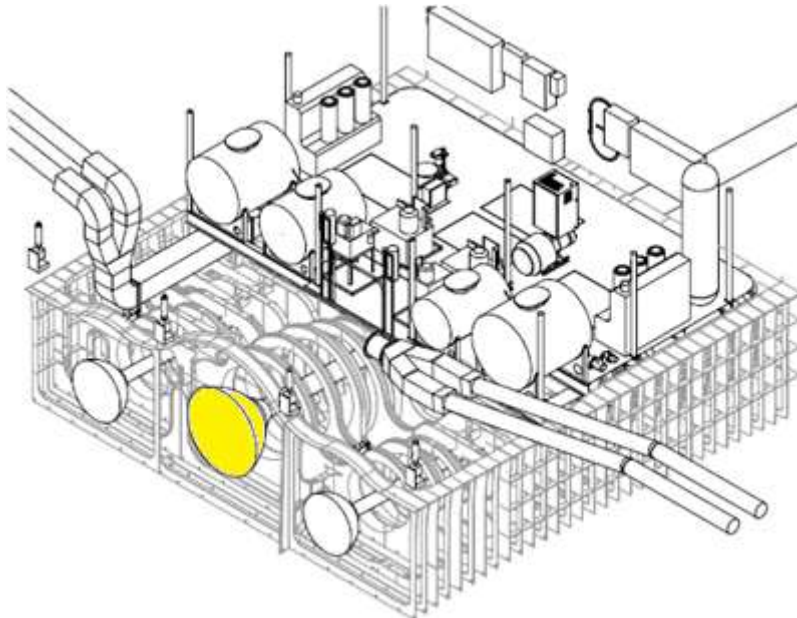


Fuente: Trabajo de campo

7.2 WATERJET KAMEWA ROLLS-ROYCE 180 BII

Este waterjet Kamewa 180BII es fijo, solo proporciona empuje. Está situado en la crujía del buque sobre el espejo.

Ilustración 29: Plano 3D sala de jet, |Parte coloreada waterjet central (Booster)

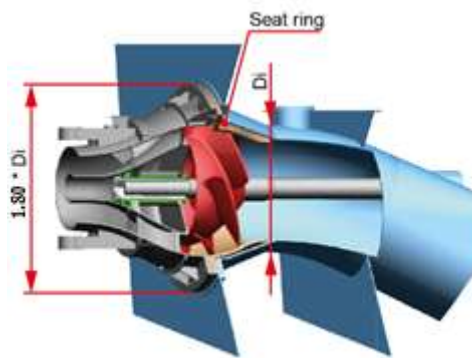


Fuente: Manual Engineering Drawings

El sistema de control del booster es independiente al del sistema Kamewa. Este waterjet posee un conducto de entrada, que está integrado en el casco del buque, un impulsor y una tobera de salida.

Su sistema de control es independiente del sistema de control KAMEWA de los otros dos waterjets ya que no ha sido instalado para maniobrar a las bandas sino que se ha instalado con el único propósito de proporcionar empuje.

Ilustración 30: Plano Booster



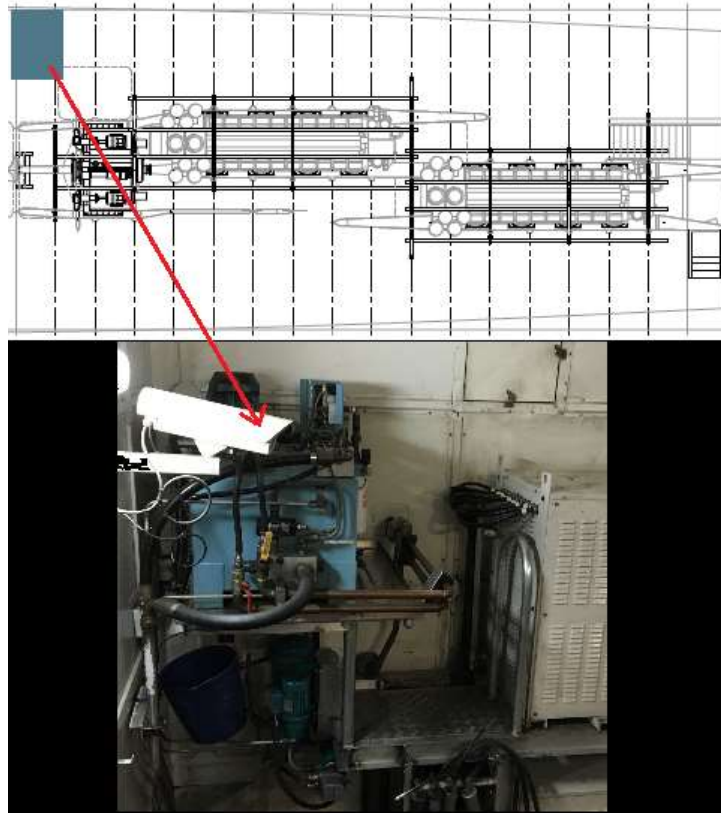
Fuente: (Kamewa)

7.2.1 Sistema hidráulico del waterjet Kamewa ROLLS-ROYCE 180 BII:

Éste está instalado para lubricar los cojinetes del impulsor y para mantener la presión en el alojamiento del cojinete.

En la sala de máquinas de proa se sitúa una unidad de potencia KAMEWA. Ésta unidad consiste en un colector de válvulas, un tanque de aceite y una bomba eléctrica para la lubricación.

Ilustración 31: Unidad hidráulica del Booster



Fuente: Trabajo de campo

Ilustración 32: Mandos del Booster en el puente



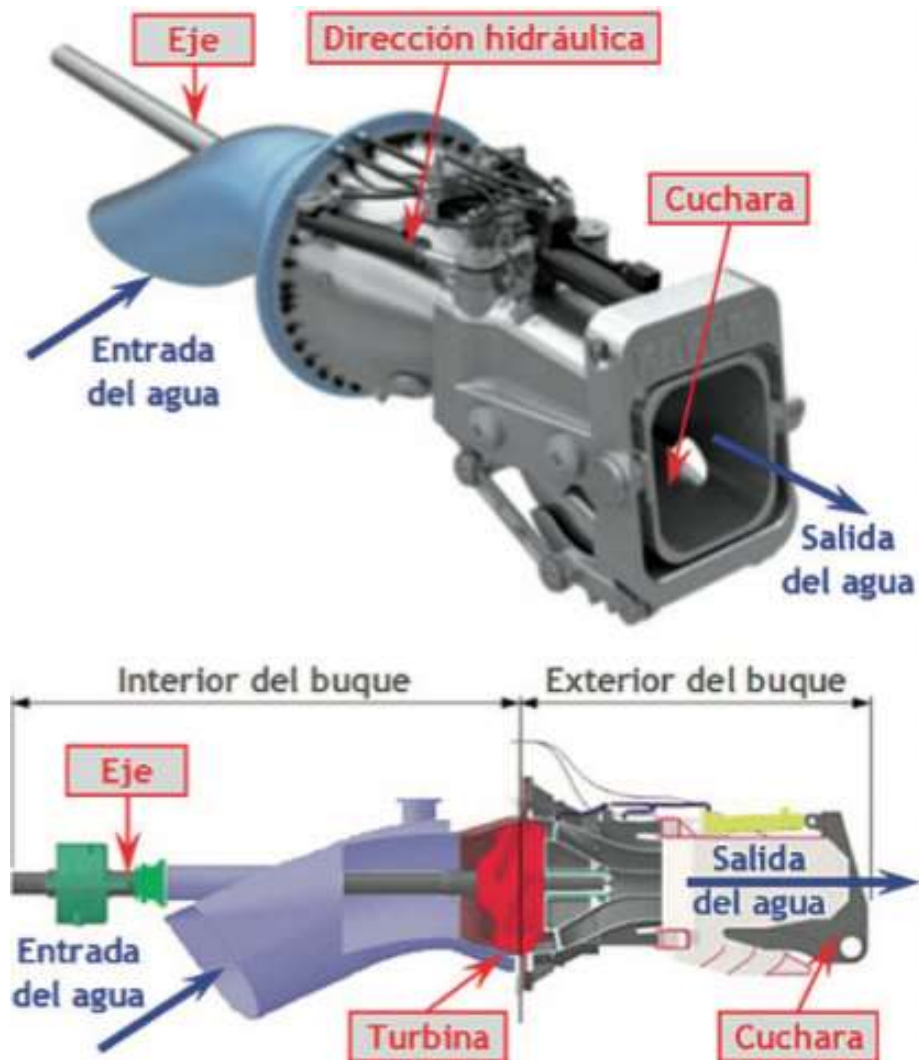
Fuente: Trabajo de campo

VIII. SISTEMA DE WATERJETS “BONANZA EXPRESS”

8. WATERJETS LIPS LJ150D

A diferencia del Benchijigua Express, el cual tiene dos waterjets direccionales y un Booster central el cual solo proporciona empuje, el Bonanza Express dispone de cuatro waterjets, uno por motor. Están situados dos en cada casco. Estos waterjets poseen un rango de movilidad de 30º a cada banda. Cada uno de los waterjets de cada casco va unidos el uno al otro mediante un vástago.

Ilustración 33: Esquema waterjet Bonanza Express



Fuente: (Ministerio de Fomento)

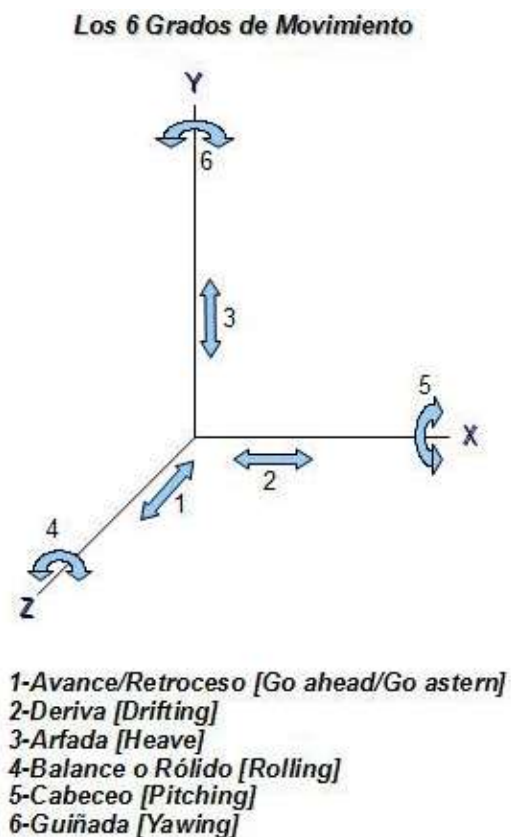
IX. ESTABILIZADORES “BENCHIJIGUA EXPRESS”

9. ESTABILIZADORES

El pasaje es el motivo fundamental para el uso de estabilizadores. Su bienestar y comodidad es el objetivo principal en un buque de pasaje. Los estabilizadores son mecanismos que hacen que las condiciones adversas por mal tiempo y marejada, las cuales producen fuertes movimientos en el buque conocidos como bandazos y pantocazos, se vean minimizados. Estos movimientos hacen que la navegación no sea cómoda para el pasaje y el uso de estos estabilizadores ayuda a que la travesía sea lo más tranquila posible.

Podemos decir que un objeto en el espacio puede desarrollar una serie de movimientos llamados grados de libertad de movimiento. Para tratar de evitar o minimizar estos movimientos se han desarrollado una serie de sistemas denominados estabilizadores.

Ilustración 34: Los grados del movimiento



Fuente: (Ingeniero Marino, 2014)

Los estabilizadores están diseñados para reducir el movimiento del barco y así hacer que el barco navegue con mayor suavidad, permitiendo una mejor travesía tanto para tripulantes y pasajeros como para evitar corrimientos de carga.

Podemos encontrar dos tipos de estabilizadores, pasivos y activos:

- ♦ Pasivos: no son móviles y por lo tanto no necesitan energía de entrada. Suelen ser de bajo costo y requieren un mantenimiento mínimo
- ♦ Activos: necesitan energía de entrada al sistema, ya sea a través de un pistón hidráulico, actuador eléctrico, etc. Éstos presentan un alto costo inicial y precisan de un gran mantenimiento.

Todos los estabilizadores de los que dispone el barco están en el casco central. El Motion Control System (MCS) es el programa que se encarga de actuar sobre los mismos para adrizar el buque durante la navegación.

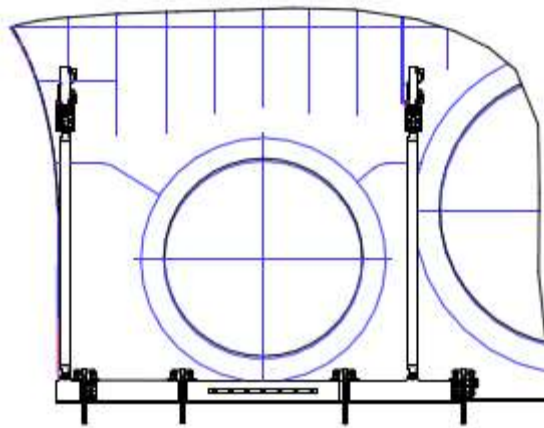
Son cuatro los tipos de estabilizadores de los que dispone el barco:

- ♦ Interceptors
- ♦ T-Max
- ♦ Roll fin
- ♦ T-Foil

9.1 INTERCEPTORS

Están situados en la popa del barco, a ambas bandas del casco central. Están formados por una hoja de acero, montadas sobre guías que facilitan el movimiento de la hoja. Estas hojas son accionadas por unos cilindros hidráulicos situados por fuera del casco.

Ilustración 35: Vista alzado Interceptors



Fuente: Seastate, Manual Fred Olsen

El sistema se conforma con las siguientes partes:

- ◆ Las hojas de los interceptores

Las hojas están hechas de acero inoxidable. Se mueven verticalmente por las varillas de conexión entre los cojinetes.

- ◆ Las guías

Las hojas de los interceptores se encuentran en las guías, las cuales van atornilladas a través de la popa del barco sobre una placa de apoyo estanca. Las guías de aluminio apoyan las hojas entre cojinetes integrales los cuales tienen ranuras mecanizadas en las caras de apoyo para permitir la lubricación por agua de mar y la eliminación de sólidos. Una placa en la parte inferior de la guía retiene los cojinetes gracias a unos elementos de fijación a través de los lados de los cojinetes.

- ◆ Las bielas

La hoja está conectada a los actuadores por dos barras de enlace fabricadas en acero inoxidable. Una horquilla de acero inoxidable se suelda a cada extremo de las varillas de conexión y está conectado a la hoja y el actuador a través de un pasador de acero inoxidable, el cual está apoyado en un cojinete de fricción.

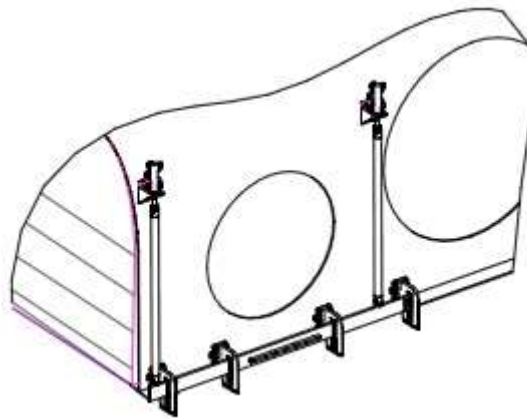
- ◆ Los soportes de travesaño

El montaje del travesaño incluye accesorios para penetraciones eléctricas e hidráulicas a través del espejo de popa. Forma el punto de montaje para el actuador.

- ◆ Los actuadores hidráulicos

El actuador está conectado a la parte superior de la biela, orientado con la barra del actuador hacia abajo. Un transductor de posición lineal está situado dentro del actuador.

Ilustración 36: Diedrico Interceptors



Fuente: Seastate, Manual Fred Olsen

Los interceptors proyectan una lámina plana en el agua, perpendicular al flujo. Esto provoca una zona de gran presión desarrollada en el flujo justo a proa del interceptor.

Los interceptors solo generan presión positiva sobre el casco. Consiguen elevar la popa del buque mientras que la proa desciende.

El trimado del buque está dispuesto de tal forma que se requiere una contribución pequeña de los interceptors para conseguir el trimado ideal de la operación.

Ilustración 37: Trimado de los Interceptors



Fuente: Seastate, Manual Fred Olsen

9.2 T-MAX

Consisten en dos palas situadas justo debajo de los waterjets. Cada una está montada sobre un eje de acero inoxidable, el cual es movido mediante cilindros hidráulicos hasta un máximo de 35º a cada banda. Todas las tareas comunes de mantenimiento se llevan a cabo dentro del barco.

Estas palas pueden utilizarse para efectuar cambios de rumbo durante la navegación, ya sea acoplados a los waterjets o independientemente. Pero su principal función en el barco es la de corregir los cambios de rumbo derivados de la acción de los Rollfin ya que estos al corregir la escora producen el balanceo del barco o guiñada lo cual provoca cambios de rumbo.

Ilustración 38: Tmax desde el interior de la sala de Jets



Fuente: Trabajo de campo

El sistema contiene los siguientes componentes mecánicos:

- ◆ Pala del timón:

La pala está unida al eje a través de una unidad hidráulica. Una tuerca de bloqueo evita la pérdida de la aleta estabilizadora en caso de que falle la conexión hidráulica. A esta tuerca se accede a través de los paneles de inspección que hay a cada lado de la aleta estabilizadora.

- ◆ Eje de acero inoxidable

La aleta estabilizadora está montada sobre un eje de acero inoxidable. Este eje no debe soldarse bajo ninguna circunstancia.

El eje tiene unas estrías en la parte superior que van acopladas en el sector dentado del actuador. Debajo de estas estrías, el eje lleva maquinada una ranura en la cual va alojado un collar de empuje que mantiene el eje y el timón en el buque.

- ◆ Cojinete inferior:

Este cojinete soporta las cargas laterales de la pala del timón. Lleva mecanizadas ranuras helicoidales en la superficie de apoyo para favorecer la lubricación con agua. Se debe comprobar el desgaste de los rodamientos según el mantenimiento asignado por el fabricante.

- ◆ Conjunto del sello:

Una placa base se instala entre la base del cilindro y la estructura del barco. Esta retiene el sello y un cojinete que soporta los esfuerzos sobre el collar de empuje. Todos los componentes que estén por encima del collar de empuje se pueden retirar sin necesidad de poner en dique seco la embarcación.

- ◆ Carcasa del cojinete superior:

El cilindro va montado unido a la parte superior del sello. Soporta el cojinete superior, la parte superior del sello y el actuador. El sistema se lubrica con grasa.

- ◆ Sector dentado:

El sector dentado posee tres brazos, dos de los cuales se conectan a los actuadores. El tercero es usado para bloquear el alojamiento del cojinete superior y evitar el giro del timón.

El bloqueo solo se puede llevar a cabo si se desconecta el sistema hidráulico y la válvula de by-pass de la línea de cruce está abierta. Para el mecanismo de bloqueo se dispone de un pasador.

Topes montados sobre el cilindro son los encargados de limitar el giro de la aleta estabilizadora para operar en un rango de +/- 15°. En situaciones de gobierno de emergencia, se podrían quitar esos topes, dejando así operar al timón en un rango de +/- 35°.

- ◆ Actuadores:

Dos actuadores hidráulicos son los encargados de girar el “cuadrante”, el eje y la aleta estabilizadora.

- ◆ Alivio de la línea de cruce:

Una válvula de alivio está conectada a las líneas de aceite de los actuadores hidráulicos. Esto permite al sistema hidráulico aliviar la presión si una gran fuerza es aplicada a la pala del timón. Si esto ocurre, se activa una alarma en el puente ya que la pala del timón cambia su orientación hasta que la fuerza externa deje de aplicarse sobre la misma. Cuando la fuerza externa haya desaparecido, la pala del timón vuelve a su posición original.

- ◆ Transductor:

La unidad principal del T-max lleva instalado un transductor lineal. La señal de esta unidad pasa al control de lazo cerrado local a través de la caja de unión en el bloque del colector

- ◆ Acumulador:

Este dispositivo está provisto de aceite a alta presión para suministrarlo cuando la demanda de la válvula de control es superior a la que la bomba puede suministrar instantáneamente.

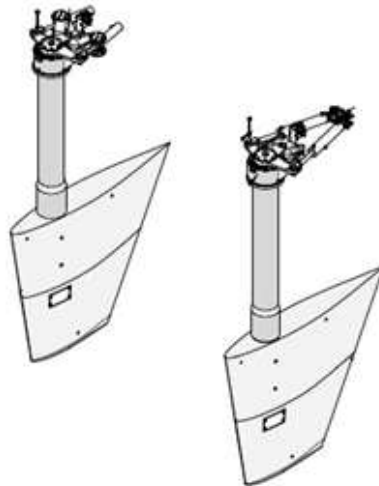
El acumulador de vejiga es cargado con nitrógeno a través de una válvula en la parte superior del acumulador. La presión de carga del nitrógeno está indicada en una etiqueta junto a cada acumulador.

- ◆ Válvula de control:

Cada colector dispone de una válvula de control, montada delante del cuerpo del colector.

Las válvulas de control son extremadamente sensibles a la contaminación por partículas de aceite. Se debe consultar el manual antes de la limpieza del aceite del smartpack.

Ilustración 39: Diedrico Tmax



Fuente: Seastate, Manual Fred Olsen

6.2.1 Gobierno de emergencia

El gobierno de emergencia consiste en:

- ◆ Una unidad de potencia hidráulica

- ♦ Un panel de control local para indicadores de la condición de la válvula de control, el sensor y el sistema mecánico del T-max con los topes quitados.

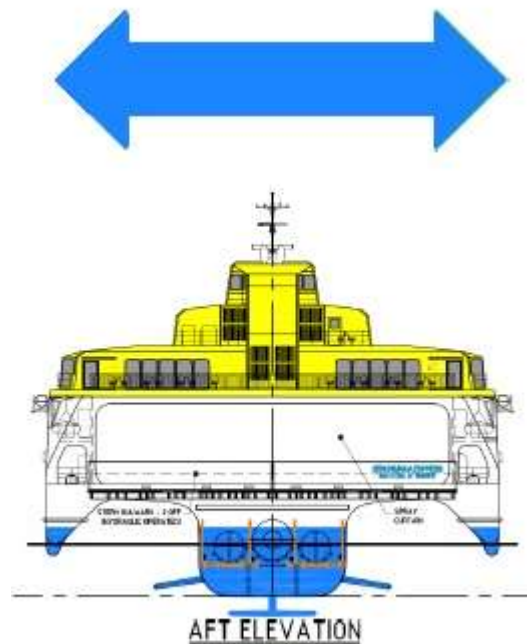
Unidad de potencia hidráulica de emergencia:

En caso de emergencia, se puede mover el T-max independientemente gracias a una unidad de potencia hidráulica de emergencia. Esta unidad de emergencia consiste en un tanque que suministra aceite a un circuito hidráulico, independiente a la unidad principal del T-max. La presión máxima de trabajo es controlada mediante una válvula de alivio. La reserva de aceite se controla mediante un nivostato y un termostato, ambos conectados al panel de control local.

Para accionar el gobierno de emergencia se deben seguir los siguientes pasos:

1. Retirar los topes de la unidad principal del T-max para permitir el máximo recorrido, 35º a cada banda.
2. Cerrar las válvulas de aislamiento en las líneas A y B del colector MCS y abrir las válvulas A y B de las líneas de la unidad de potencia.
3. Arrancar la unidad de potencia desde el panel de control local. En el caso de que no se iluminen los indicadores de temperatura y nivel se debe comprobar. Puede deberse a un fallo por alta temperatura, bajo nivel de aceite o por un fallo en la unidad.
4. Accionar el timón pulsando los botones de las válvulas babor/estribor. Se podrá comprobar el ángulo del timón gracias a un indicador visual situado en la unidad principal.
5. Cuando se vaya a reestablecer la configuración del sistema, se deben invertir los pasos 1 y 2.

Ilustración 40: Acción de los Tmax



Fuente: Seastate, Manual Fred Olsen

9.3 ROLLFIN

Situados una a cada lado del casco central sobre las cuadernas 78-82. El sistema contiene los siguientes componentes:

- ◆ Conjunto del Rollfin:

La aleta principal y el flap se fabrican como piezas individuales. La aleta y el flap unidos, representan un hidroala de alto rendimiento. El flap va unido a la aleta principal mediante tres bisagras.

- ◆ Eje de transmisión y par estriado:

El flap es accionado por el eje de transmisión, el cual a través del par estriado transmite la fuerza requerida al flap.

- ◆ Timón y actuadores:

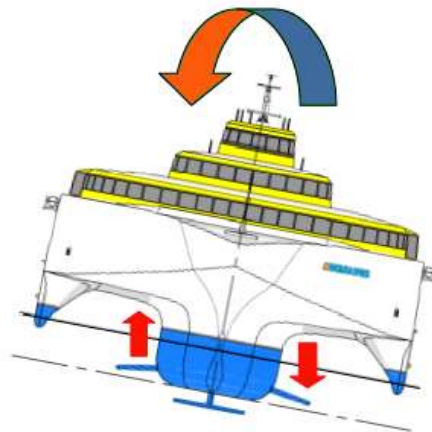
Un par de actuadores hidráulicos están conectados a la caña del timón. Estos actuadores son los encargados de transmitir la fuerza al eje de transmisión, el

cual es el que mueve el flap. Uno de los actuadores lleva un transductor de posición para permitir el control del estabilizador.

Al subir o bajar estos flaps o alerones, se consigue contrarrestar el balanceo del buque durante la navegación, corrigiéndose así la escora.

Si el barco se escora a babor, el alerón de estribor sube y el de babor baja generándose una fuerza hacia la otra banda, en este caso estribor, permitiéndose corregir la escora.

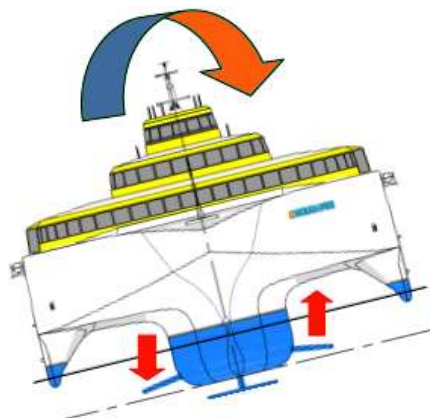
Ilustración 41: Acción de los Rollfin para corregir escora



Fuente: Seastate, Manual Fred Olsen

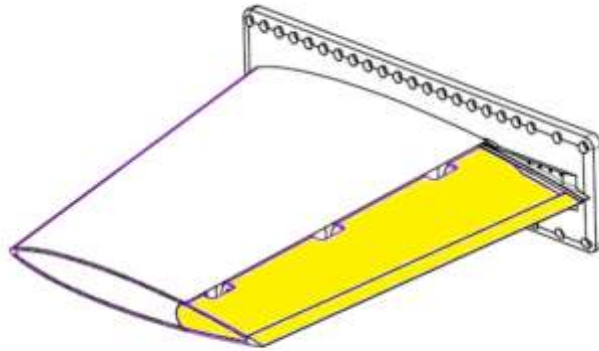
Si el barco escorase a estribor, el alerón de babor subiría y el alerón de estribor bajaría generándose una fuerza hacia babor, corrigiéndose la escora.

Ilustración 42: Acción de los Rollfin para corregir escora



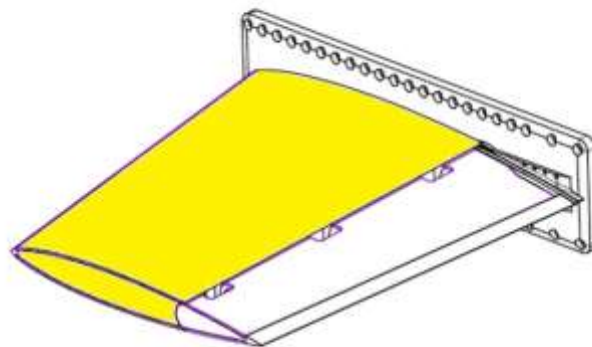
Fuente: Seastate, Manual Fred Olsen

Ilustración 43: Flap Rollfin



Fuente: Seastate, Manual Fred Olsen

Ilustración 44: Aleta principal Rollfin



Fuente: Seastate, Manual Fred Olsen

9.4 T-FOIL

Está situado en la parte inferior del casco central del barco entre las cuadernas 16-19. Consta de una aleta fijada al casco y unida a la misma mediante cuatro bisagras un flap o alerón el cual es movido por un pistón hidráulico.

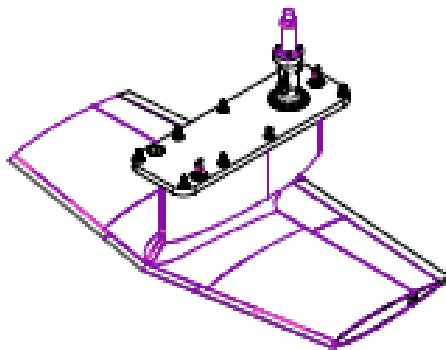
El sistema incluye:

- El conjunto del T- Foil incluyendo la aleta y el flap:

La aleta fija y el flap se fabrican como piezas individuales. La aleta y el flap en conjunto representan un hidroala de alto rendimiento. El flap está unido a la aleta mediante cuatro bisagras.

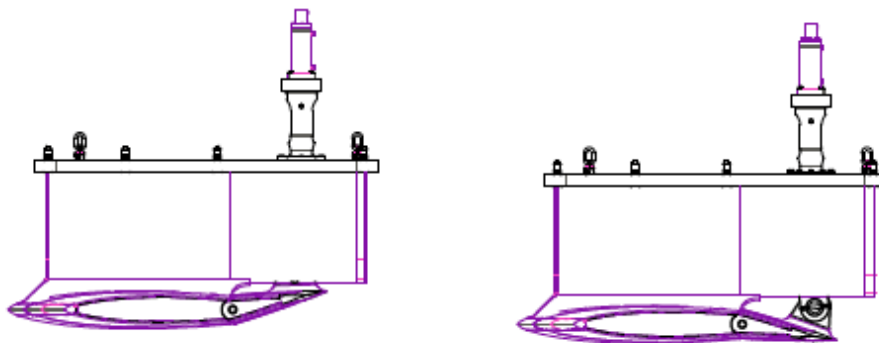
- El conjunto del actuador, incluyendo el actuador y el montaje del cilindro: El conjunto del actuador, montado en la parte superior del T-Foil, impulsa el flap hacia arriba y hacia abajo.

Ilustración 45: T-Foil



Fuente: Seastate, Manual Fred Olsen

Ilustración 46: Perfil T-Foil



Fuente: Seastate, Manual Fred Olsen

Desde el interior del barco se puede visualizar el actuador hidráulico, una biela de unión, un prensaestopas que lo hace estanco y una unión articulada húmeda para conectar el alerón.

Cuando el barco está navegando y debido a las condiciones meteorológicas y/o por la carga que lleva, la proa está más metida en el agua que la popa (asiento aproante), el alerón del T-Foil baja. Creándose así una fuerza positiva debido a que las líneas de agua circularán con mayor velocidad por la parte superior de la aleta mientras que por la parte inferior circularán con menor velocidad creándose mayor presión en la parte inferior de la aleta que en la superior. Debido a esto, la proa asciende.

Ilustración 47: Asiento aproante



Fuente: Seastate, Manual Fred Olsen

En cambio cuando la popa del barco está mas metida en el agua que la proa (asiento apopante), el alerón del T-Foil sube. Creándose así una fuerza negativa debido a que las líneas de agua circulan con mayor velocidad en la parte inferior del alerón mientras que en la parte superior las líneas de agua van a una menor velocidad junto con una mayor presión. Debido a esto, la proa desciende.

Ilustración 48: Asiento apopante



Fuente: Seastate, Manual Fred Olsen

X. ESTABILIZADORES

“BONANZA EXPRESS”

10. ESTABILIZADORES “BONANZA EXPRESS”

El buque Bonanza Express también dispone de estabilizadores para hacer más placentera la travesía para el pasaje.

El buque cuenta con dos T-foil, uno en cada casco. El funcionamiento de éstos es el mismo que el que lleva instalado el Benchijigua Express.

Ilustración 49: T-Foil Bonanza Express



Fuente: (Ministerio de Fomento)

En la popa del barco lleva instalados dos “TrimTab”, uno en cada casco justo debajo de los waterjets. Éstos estabilizadores consisten en unos perfiles, los cuales se mueven gracias a un actuador hidráulico situado en el interior del barco. Los TrimTabs se mueven hacia arriba o hacia abajo creando fuerzas positivas o negativas para así, con la ayuda de los T-foil, ayudar a mantener el buque lo más estable posible.

Ilustración 50: Actuador Trimtab



Fuente: Trabajo de campo

Ilustración 51: Waterjet y estabilizador Trim-Tab del Bonanza



Fuente: (Ministerio de Fomento)

**XI. TRABAJO DE
MANTENIMIENTO
“30.000h del M.P. del
buque Bonanza
Express”**

11. TRABAJO DE MANTENIMIENTO DE LAS 30.000h del M.P. DEL BUQUE BONANZA EXPRESS

Es un mantenimiento preventivo para poder comprobar que todos los componentes del motor están en buen estado y para reparar pequeños daños, si los hubiese, antes de que vayan a más y puedan ocasionar grandes problemas tales como la inutilización de dicho motor. Esto podría causar un desgaste superior en los demás motores ya que se ven sobrecargados al exigirles más rendimiento para poder cumplir con las expectativas de la empresa, cumpliendo horarios por ejemplo.

Para dicho mantenimiento, se ha contratado a una empresa externa. Dicha empresa va a realizar todo el trabajo de desmontar y montar todas las partes del motor. Van a ser supervisados por los técnicos que envía la casa del motor, en este caso MAN. Éstos técnicos son los que dicen si todo se está haciendo de la manera adecuada y, asimismo, dan el visto bueno una vez se hayan finalizado los trabajos de mantenimiento..

Ilustración 52: Motor principal del bonanza Express.



Fuente: Trabajo de campo

11.1 DÍA 1-DÍA 2

Lo primero que se le hizo al motor fue vaciarle el agua de refrigeración y el aceite. Una vez el motor estuvo vacío, se procedió a hacer el cambio de las bombas acopladas. Se sacaron las bombas de agua dulce y salada que estaban en el motor y se acoplaron bombas nuevas.

A continuación se puede ver el izado de la bomba de agua dulce, la comparación de la bomba de agua dulce nueva y la que se acaba de retirar del motor y por último otra perspectiva de la bomba de agua dulce sacada del motor.

Ilustración 53: Izado bomba de agua dulce



Fuente: Trabajo de campo

Ilustración 54: Comparación bomba agua dulce nueva y vieja.



Fuente: Trabajo de campo

Ilustración 55: Distinta perspectiva bomba agua dulce sacada del motor.



Fuente: Trabajo de campo

Cuando las bombas de agua dulce estuvieron instaladas, se procedió a retirar la bomba de agua salada.

En la imagen se puede ver como la bomba de agua salada tiene puesta la eslinga para ser retirada y justo debajo se puede ver la bomba de aceite, la cual se procedió a retirar el día siguiente.

Ilustración 56: Bomba de agua a punto de ser retirada



Fuente: Trabajo de campo

En la imagen que viene a continuación, se puede observar al técnico de MAN, poniéndole la tuerca a la bomba de agua salada nueva, a la que posteriormente se le dio el apriete adecuado, y al lado se encuentra la bomba de agua salada retirada del motor.

Ilustración 57: Colocación tuerca en bomba de agua salada nueva



Fuente: Trabajo de campo

11.2DÍA 3

Se procede a cambiar las dos bombas de aceite, una por cada banda del motor.

Antes de poder retirar las bombas de aceite, primero se tuvieron que retirar las bombas de combustible, las cuales recogen el combustible de los tanques y lo envían a los filtros. Se puede visualizar esta bomba de combustible en la siguiente foto, el elemento azul.

Ilustración 58: Bomba de combustible en azul



Fuente: Trabajo de campo

Ilustración 59: Retirada de bomba de aceite



Fuente: Trabajo de campo

Ilustración 60: Izado bomba de aceite



Fuente: Trabajo de campo

En la siguiente ilustración se puede ver el apriete de la tuerca de la bomba de aceite. Para poder realizar este apriete, se tuvieron que meter trapos en los engranajes de la bomba para que trancara y poder darle el apriete necesario a la tuerca con la llave dinamométrica. Siempre bajo la supervisión del técnico de MAN.

Ilustración 61: Apriete de tuerca bomba de aceite



Fuente: Trabajo de campo

Ilustración 62: Colocación nueva bomba de aceite



Fuente: Trabajo de campo

11.3DÍA 4

Se proceden a quitar elementos como; tapas de culata y tapas de tubos de inyección, tubos de inyección, cables de sensores de temperatura de gases de escape y regleta donde van enchufados éstos, colector de agua de refrigeración y expansiones de gases de escape.

En esta imagen se puede visualizar fácilmente los colectores de escape y agua de refrigeración, las regletas de los sensores de temperatura y las paras de las culatas.

Ilustración 63: Vista del motor sin los colectores de los forros de escape



Fuente: Trabajo de campo

También se aprovechó a quitar los balancines, varillas empujadoras y taqués.

Ilustración 64: Retirada de balancines, empujadores y taqués



Fuente: Trabajo de campo

En esta imagen podemos ver a un operario aflojando los elementos de la culata. También se puede ver claramente la zona de la cual se cogen las temperaturas de escape de cada cilindro.

Ilustración 65: Operario retirando balancines y vista de la toma de temperaturas de escape



Fuente: Trabajo de campo

Ésta día el trabajo fue rápido ya que sólo había que desmontar y el equipo trabajó duro. Debido a esa rapidez, se pudo aflojar las culatas de una banda del motor hidráulicamente. Tal y como se puede observar en la siguiente foto

Ilustración 66: Operario colocando los elementos para aflojar las tuercas de la culata



Fuente: Trabajo de campo

Ilustración 67: Gato hidráulico



Fuente: Trabajo de campo

11.4DÍA 5

Un equipo termina de aflojar las culatas de la otra banda del motor mientras que otro equipo quita las tapas del cárter y empieza a aflojar los pernos que unen el cuerpo de la biela con la cabeza de la biela.

Para poder aflojar los pernos de las bielas, hizo falta instalar el virador del motor. Para aflojar los pernos de una biela, es necesario tener operarios en ambas bandas del motor ya que cuando los operarios de una banda aflojan los pernos de una biela, otro operario tiene que virar el motor para que los operarios que están situados en la otra banda del motor puedan aflojar los otros pernos de la biela.

Ilustración 68: Operarios aflojando pernos de la cabeza de biela



Fuente: Trabajo de campo

Una vez aflojadas todas las culatas se procede a retirarlas utilizando cáncamos y tecles tal y como se ve en la imagen

Ilustración 69: Operario retirando una culata



Fuente: Trabajo de campo

Ilustración 70: Operario izando una culata



Fuente: Trabajo de campo

Una vez quitadas las culatas, se introduce por uno de los pernos un útil para evitar que se salga la camisa

Ilustración 71: Vista del útil para evitar que la camisa se salga del sitio



Fuente: Trabajo de campo

11.5DÍA 6

Este día se dedicó exclusivamente a sacar los pistones ya que es un trabajo duro.

Primero se retiraron los pernos de las cabezas de biela, aflojados el día anterior, y se dejó libre el pistón del cigüeñal. Hecho esto, se fija el útil a la cabeza del pistón, la cual ya viene mecanizada con los orificios para este propósito.

Ilustración 72 Colocación del útil de izado en la cabeza del pistón



Fuente: Trabajo de campo

Ilustración 73: Operario retirando el pistón



Fuente: Trabajo de campo

Ilustración 74: Izado de un pistón



Fuente: Trabajo de campo

11.6DÍA 7

Este día se precisó de un reloj comparador para medir el desgaste causado por los pistones en las camisas.

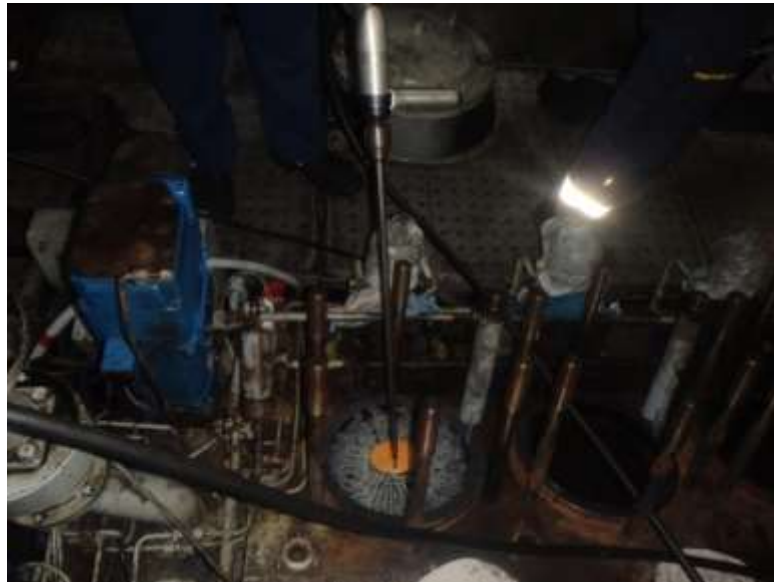
Ilustración 75: Medición de la camisa



Fuente: Trabajo de campo

Primero se tomaron medidas de cada una de las 20 camisas del motor para luego bruñirlas con la ayuda de una pistola neumática y un útil el cuál está formado por pequeñas bolas abrasivas.

Ilustración 76: Bruñido de una camisa



Fuente: Trabajo de campo

Éste útil gira y las bolas abrasivas bruñen la camisa, para lubricar se echó diesel.

Después del bruñido, se volvió a usar el reloj comparador para coger las medidas de todas las camisas.

Otro equipo abrió la válvula termostática de agua para comprobar si ésta funcionaba correctamente.

Ilustración 77: Limpieza válvula termostática



Fuente: Trabajo de campo

Se sacaron cada uno de los elementos que componen la válvula y se probaron uno a uno. El técnico enviado por MAN introdujo elemento por elemento en un recipiente con agua y lo calentó hasta la temperatura a la que estaban tarados los elementos, comprobando así si reaccionaban como tenían que hacerlo. Aun así, se desmontaron estos elementos ya que se había recibido piezas nuevas para estos elementos.

Por último, este día, se taparon todos los orificios y se limpió el bloque del motor con líquido desengrasante. Y se cubrió el motor con un plástico.

Ilustración 78: Limpieza del bloque del motor



Fuente: Trabajo de campo

11.7DÍA 8

En este día se procedió a aflojar y retirar los cojinetes de bancada.

Ilustración 79: Tuerca cojinete de bancada



Fuente: Trabajo de campo

Una vez aflojadas las tuercas, se procede a retirar la tapa del cojinete de bancada con la ayuda de un útil.

Ilustración 80: Retirada tapa cojinete de bancada



Fuente: Trabajo de campo

Para retirar el cojinete de bancada sobre el que está apoyado el cigüeñal, se pasa una eslinga por debajo del cigüeñal y con la ayuda de dos tecles se eleva mínimamente el cigüeñal para así, con la ayuda de un útil de teflón para no dañar la superficie del cigüeñal o la bancada, extraer el cojinete.

Ilustración 81: Operarios levantando el cigüeñal con la ayuda de dos tecles



Fuente: Trabajo de campo

Ilustración 82: Utilización de un útil para la extracción del cojinete de bancada



Fuente: Trabajo de campo

11.8DÍA 9-10

En estos dos días se introdujeron los cojinetes de bancada. Para esta tarea se precisó de la ayuda de un útil para levantar el cigüeñal lo necesario para poder introducir el sobre el que va apoyado el cigüeñal.

Ilustración 83: Útil para elevar el cigüeñal



Fuente: Trabajo de campo

Este útil va apoyado sobre la bancada. Se requieren varios operarios para su utilización. Éste útil está conformado por tres piezas, dos piezas como la que se puede ver en la imagen y otra pieza en forma de cuna que pasa por debajo del cigüeñal y que va unida a las otras dos piezas. Mediante un espárrago en cada una de las piezas que están apoyadas en la bancada, al girar, va levantando la pieza que está debajo del cigüeñal, elevándolo. Una vez el cigüeñal esté elevado se puede introducir el cojinete de bancada. Luego se aflojan los espárragos y baja el cigüeñal quedándose en su posición. A continuación se coloca la parte superior del cojinete de bancada y se presentan las tuercas.

Ilustración 84: Colocación de la taba del cojinete de bancada



Fuente: Trabajo de campo

11.9 DÍA 11

Este día se dedicó al apriete de los cojinetes de bancada, un trabajo lento y minucioso ya que se le tiene que dar el mismo apriete a las dos tuercas que lo sujetan.

Los operarios iban apretando las dos tuercas con el mismo patrón. Después de cada apriete, por pequeño que fuese había que medir con el reloj comparador, trabajo que realizaba el técnico de la casa MAN.

Este fue un trabajo que requirió toda la noche ya que los operarios se tenían que pasar el material con mucho cuidado para evitar que cayera nada dentro del motor y cada vez que realizaban un apriete tenían que esperar a que el técnico tomase medidas y las apuntase.

Ilustración 85: Apriete de los cojinetes de bancada.



Fuente: Trabajo de campo

11.10DÍA 12

Se comienzan a bajar los pistones y se procede a colocarlos. El huelgo que hay entre el pistón y la camisa es muy poco por lo que se requiere de un útil. El trabajo de este útil es impedir que los aros del pistón se salgan de su sitio.

En la imagen se puede ver que el pistón ya está dentro del útil y se le están colocando los aros.

Ilustración 86: Colocación aros del pistón



Fuente: Trabajo de campo

En la siguiente imagen ya se han colocado todos los aros y se comienza a bajar el pistón con la ayuda de un tecla.

Ilustración 87: Colocación del pistón con ayuda de un útil



Fuente: Trabajo de campo

Se sigue bajando el pistón mientras otro operario, situado en la base del motor, se dispone a unir la cabeza de biela en la muñequilla del cigüeñal que le corresponda.

Ilustración 88: Unión de la cabeza de biela



Fuente: Trabajo de campo

11.11DÍA 13

Este día transcurrió con la instalación de los pistones que quedaban. Hubo que proceder al montaje de uno de los pistones, previamente desmontado para ser revisado por el técnico de MAN.

Ilustración 89: Unión de un pistón con la biela



Fuente: Trabajo de campo

Antes de proceder al montaje, se comprobó que los orificios de lubricación no estaban obstruidos introduciendo aire a presión. Una vez comprobado esto, se comprobó a que lado del motor pertenecía debido a que la biela solo puede ir orientada de una forma. A la hora de introducir el bulón, se lubrica bien y con la ayuda de un tecla se va bajando la biela hasta dejarla a la altura adecuada para introducir el bulón.

Ilustración 90: Unión de un pistón con la biela desde otra perspectiva



Fuente: Trabajo de campo

11.12DÍA 14

Dado a que ya habían venido las culatas del taller, se dedicó la noche entera a bajar las culatas desde el garaje del barco hasta la sala de máquinas.

Las culatas venían sin los inyectores con lo cual una vez estuvieron posicionadas, mientras unos operarios iban colocando culatas, otros operarios introducían los inyectores.

En la primera foto se pueden observar todas las culatas colocadas pero sin los inyectores y en la segunda foto ya están todas completas.

Ilustración 91: Vista del motor con todas las culatas nuevas colocadas



Fuente: Trabajo de campo

Ilustración 92: Vista del motor con las culatas y los inyectores nuevos colocados



Fuente: Trabajo de campo

11.13DÍA 15

Los operarios hicieron grupos de trabajo, un grupo apretaba las culatas hidráulicamente mientras que el otro grupo montaba los colectores de admisión y escape.

En la primera imagen se puede ver a los operarios apretando las culatas, mientras que en la segunda y tercera se pueden los trabajos de instalación de colectores de admisión y escape, por ese orden.

Ilustración 93: Operarios realizando el apriete de las culatas



Fuente: Trabajo de campo

Ilustración 94: Operarios colocando el codo del colector de admisión



Fuente: Trabajo de campo

Ilustración 95: Colocación del colector de escape



Fuente: Trabajo de campo

11.14DÍA 16

Se terminó de montar todo, y se realizó el reglaje de válvulas. Una vez estuvo todo montado y revisado, se le introdujo aceite nuevo al motor y agua de refrigeración para, al día siguiente poder realizarle las pruebas de mar y ver si se obtiene el rendimiento deseado y poder dar por finalizado el mantenimiento.

11.15DÍA 17

Comenzaron las pruebas de mar. Éstas consistían en llevar el motor a unas revoluciones determinadas por un tiempo determinado. En un principio se dejaba el motor a pocas revoluciones durante un corto período de tiempo, seguidamente se aumentaban las revoluciones del motor durante un período mas largo de tiempo y así hasta llevar el motor al 100% de su capacidad.

Una vez finalizadas las pruebas de mar, el técnico enviado por MAN le dio el visto bueno al motor lo que dio por finalizado el mantenimiento.

XII. TRABAJO DE MANTENIMIENTO “Cambio de una Power Unit”

12.1 DESCRIPCIÓN

Antes que nada, aclaramos que los motores del Benchijigua son experimentales y este tipo de trabajo lo realiza un personal externo a la empresa Fred Olsen, ésta, debido a un acuerdo, subcontrata a técnicos y a especialistas de MTU, los propios fabricantes de los motores, para hacer el trabajo de mantenimiento de los mismos. El personal de la flota se pone a la disposición de ellos para cualquier ayuda.

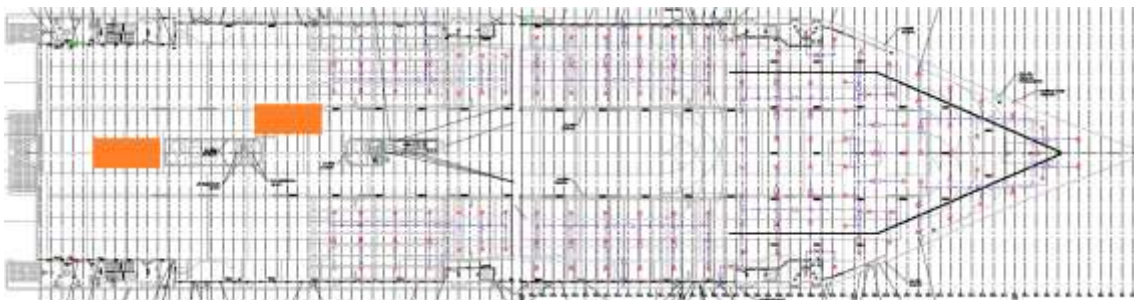
El Benchijigua es un buque ideal para que se pruebe estos motores ya que es un buque que navega prácticamente 24h, siempre intentando cumplir un horario y en el que los motores trabajan un gran número de horas.

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. La singularidad de estos motores es que se extrae la unidad de potencia por completo.

12.2 PROCESO

El trabajo del cambio de la “Power Unit” se hace únicamente por la noche. Se vacía el agua de refrigeración del motor donde va ser cambiada la unidad. El procedimiento comienza desempaquetando la unidad de potencia. Suelen tener alguna unidad en el garaje o por el contrario, si la unidad se encuentra en el almacén, se procede a introducirla con el elevador por la rampa del garaje. Es aquí donde se desmonta, ya que son introducidas en la máquina por una sangría que tienen en el propio suelo del garaje.

Ilustración 96: Plano del garaje. La parte coloreada en naranja se indica la ubicación de las sangrías



Fuente: Manual Engineering Drawings

Una vez desembalada la unidad nueva se le extrae la tapa del cojinete de la biela y se baja a la máquina con ayuda de un tecele que está situado en la parte superior del garaje, encima de cada sangría. Seguidamente, se le coloca una placa con un gancho a la culata, para que pueda ser transportada. A su vez, a este gancho se le da un cierto grado de inclinación que necesita para ser introducida en el motor.

Ilustración 97: Placa que se fija con la inclinación necesaria



Fuente: Trabajo de campo

Para bajar la unidad a la máquina se engancha al tecele, y una vez libre, podemos proceder a la elevación y a la introducción de la unidad por la sangría de la máquina.

Ilustración 98: Unidad enganchada al tecele



Fuente: Trabajo de campo

A la vez que el personal de Fred Olsen prepara la unidad para ser bajada a la máquina, los operarios de MTU se encuentran desmontando la unidad defectuosa. Ellos comienzan girando el cigüeñal, con el virador, y lo sitúan en la posición adecuada para la extracción de la unidad. Una vez situada en la posición ideal se extrae la tapa del cojinete. Se vuelve a gira el cigüeñal hasta el P.M.S. (punto muerto superior), se liberan los cuatro espárragos de la PowerUnit. Este proceso es llevado a cabo por alargamiento y simultáneamente se le aplica a los espárragos 2280 bar de presión de aceite. Una vez extraídos tenemos la unidad dispuesta para ser elevada, se engancha a unos diferenciales con rail que están por encima del motor principal. En este punto los operarios observan cuidadosamente la unidad defectuosa y hacen anotaciones si ven anomalías visibles.

Ilustración 99: Alargamiento de los espárragos



Fuente: Trabajo de campo

A la vez que la unidad nueva es bajada, se prepara la unidad defectuosa para ser extraída. Tiene que existir una buena coordinación de los operarios del garaje con los de la máquina.

Para la colocación de la nueva unidad sería el mismo proceso pero a la inversa. Se colocan las juntas nuevas. Se gira el cigüeñal hasta aproximadamente 30° antes del P.M.S. Se va bajando la unidad con sumo cuidado para no golpearla. Se gira el cigüeñal hasta el punto muerto superior se supervisa que la biela esté en pleno contacto con la muñequilla. Se eliminan los accesorios que fijaban el cojinete de la biela y se instalan de manera manual los espárragos del cojinete. Una vez finalizada se instala la tapa del cojinete. Una vez instalado, se vuelve a llenar el motor de agua de refrigeración, una vez acabado este proceso se arranca y se comprueba su funcionamiento.

Ilustración 100: Unidad nueva al frente, Unidad defectuosa al fondo



Fuente: Trabajo de campo

XII. CONCLUSIONES

12. CONCLUSIONES

En nuestro período de embarque hemos podido comprobar los diferentes tipos de mantenimiento que llevan estos dos buques. Hemos expuesto en este trabajo dos naves de alta velocidad diferentes, un trimarán y un catamarán, ambas propulsadas por waterjets.

Los motores que llevan instalados el buque Benchijigua Express son prototipos de la compañía MTU, por tanto, Fred Olsen tiene un contrato con ellos, para el propio mantenimiento de los motores, es por ello, que el mantenimiento de los mismos se encarga los técnicos e ingenieros de la empresa MTU, externa a Fred Olsen. En muchas de las reparaciones y/o mantenimiento se prohíbe cualquier tipo de reportaje fotográfico.

Sin embargo, en el Bonanza Express, el buque más antiguo de la compañía, son los propios operarios de Fred Olsen, los encargados de hacer el mantenimiento a los motores. Hemos tenido la suerte de poder estar en el mantenimiento de las 30.000 horas de uno de los motores principales. Una reparación de diecisiete días que hemos documentado.

Los ingenieros navales son los que deciden cuales son los estabilizadores idóneos para cada buque. En este tema la tecnología ha avanzado muchísimo y ya son programas informáticos los que controlan de manera óptima estos estabilizadores. Después del estudio del sistema de estabilización de ambos buques, hemos llegado a la conclusión que el buque Benchijigua necesita de más estabilizadores que el catamarán Bonanza Express.

XIII. BIBLIOGRAFÍA

13. BIBLIOGRAFÍA

- Austal Corporate. (s.f.). Obtenido de <http://www.austal.com/>.
- Fases de la cavitación | tecnologiamk. (s.f.). *tecnologiamk4.blogspot.com.es*. Obtenido de <http://tecnologiamk4.blogspot.com.es/2015/08/hidraulica.html?view=timeslide>.
- Franciscano, D. (s.f.). <http://www.storiedisport.it/?p=9518&lang=es>. Obtenido de <http://www.storiedisport.it>.
- Fred Olsen Express. (s.f.). <https://www.fredolsen.es/es/flota/bonanza-express>. Obtenido de www.fredolsen.es.
- HamiltonJet. (s.f.). Hidro Jet.
- HamiltonJet. (s.f.). http://www.hamiltonmarine.co.nz/hamiltonjet_waterjet/waterjet_history.html. Obtenido de www.hamiltonmarine.co.nz.
- <http://tecnologiamk4.blogspot.com.es/2015/08/hidraulica.html?view=timeslide>. (s.f.). Obtenido de tecnologiamk4.blogspot.com.es.
- Ingeniero Marino. (2014). <https://ingenieromarino.wordpress.com/galeria-de-fotos-photograph-album/los-6-grados-de-movimiento/>. Obtenido de [/ingenieromarino.wordpress.com](https://ingenieromarino.wordpress.com).
- John Allison, M. B. (1993). *Marine Waterjet Propulsion* (Vol. 101). SNAME Transactions. .
- Kamewa. (s.f.). <http://pdf.directindustry.com/pdf/rolls-royce/fact-sheet-s3-waterjets/22649-359825.html>.
- Ministerio de Fomento. (s.f.). http://www.fomento.gob.es/NR/rdonlyres/254D4F9A-FE6E-4EF2-BE74-F341313226D0/104333/IT_2011A06_Bonanza_Express_WEB1.pdf Página 15.
- Solà, V. I. (2014). *ESTUDIO DEL SISTEMA PROPULSIVO WATERJET*. Barcelona: FACULTAT DE NÀUTICA DE BARCELONA – UPC.
- Stewart, I. *Historia de las matemáticas en los últimos 10.000 años*. Crítica.
- Manual Sea State
- Manual operaciones Benchijigua Expres
- Manual MTU
- Manual KAMEWA
- Manual 260 Engineering Drawings