

# **Sistemas Auxiliares y Principales del Buque Canarias Express**

**Trabajo Fin de Grado**

Grado en Tecnologías Marinas

Julio de 2024

Autor:

**Alfonso Montiel Mancha**

44592150<sup>a</sup>

Tutor:

Prof. Dr. José Agustín González Almeida

**Escuela Politécnica Superior de Ingeniería**  
**Sección Náutica, Máquinas y Radioelectrónica Naval**  
Universidad de La Laguna



D. José Agustín González Almeida, Profesor de la UD de Marina Civil, perteneciente al Departamento de Ingeniería Civil, Náutica y Marítima de la Universidad de La Laguna:

Expone que:

D. **Alfonso Montiel Mancha** con **DNI 44592150A**, ha realizado bajo mi dirección el trabajo fin de grado titulado: **Sistemas Auxiliares y Principales del Buque Canarias 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 documento.

En Santa Cruz de Tenerife a 13 de Julio de 2024.

Fdo.: José Agustín González Almeida.

Director del trabajo.



Montiel Mancha, Alfonso. (2024). *Sistemas Auxiliares y Principales del Buque Canarias Express*. Trabajo de Fin de Grado. Universidad de La Laguna.

## RESUMEN

En este trabajo, me centro en el estudio de la sala de máquinas y los diferentes sistemas del buque Canarias Express. El objetivo principal es mostrar el conocimiento adquirido a lo largo de mis 4 meses a bordo del buque como alumno de máquinas en prácticas, con esta recopilación de información ordenada de lo que trato es de que todo el mundo pueda conocer mejor el buque y sus sistemas desde mi punto de vista y los conocimientos adquiridos.

El análisis explora la sala de máquinas y diversos sistemas cruciales del buque, incluyendo la hélice de maniobra, el sistema de agua sanitaria, los compresores para refrigeración y aire acondicionado, así como la planta séptica. Además, se exploran detalles técnicos y operativos de otros sistemas como el sistema de combustible, sistema de refrigeración, y medidas de seguridad contra incendios. Este trabajo busca ilustrar la importancia de cada sistema para la operatividad y seguridad del buque, resaltando el papel vital que juegan en la conservación del entorno marino y la eficiencia de las operaciones navales.

Palabras claves: Sala de Máquinas, Hélice de Maniobra, Sistema de Agua Sanitaria, Compresores, Planta Séptica.

Montiel Mancha, Alfonso. (2024). *Sistemas Auxiliares y Principales del Buque Canarias Express*. Trabajo de Fin de Grado. Universidad de La Laguna.

## **ABSTRACT**

In this work, I focus on the study of the engine room and the different systems of the Canarias Express ship. The main objective is to show the knowledge acquired throughout my 4 months on board the ship as a trainee engineering student, with this compilation of organized information what I am trying to do is so that everyone can better understand the ship and its systems. from my point of view and the knowledge acquired.

The analysis focuses on the engine room and various crucial systems of the ship, including the bow thruster, sanitary water system, compressors for refrigeration and air conditioning, and the septic plant. Additionally, technical and operational details of other systems such as the fuel system, cooling system, and fire safety measures are explored. This work aims to illustrate the importance of each system for the ship's operability and safety, highlighting their vital role in preserving the marine environment and enhancing naval operation efficiency.

Keywords: Engine Room, Bow Thruster, Sanitary Water System, Compressors, Septic Plant.



## **AGRADECIMIENTOS**

---

*A. D. Servando Raimundo Luis León, por su colaboración en este proyecto cediendo datos de la compañía BSM, y ampliando con sus conocimientos los objetivos de este TFG.*

*También quiero agradecer a todos los profes@res de la ULL por la labor realizada durante todos estos años, sin todos ell@s este trabajo no hubiera sido posible.*

---



## Índice del TFG

---

1.	Introducción .....	14
2.	Objetivos .....	15
3.	Metodología.....	17
4.	Descripción del buque .....	19
4.1.	Datos del buque.....	19
4.2.	Antecedentes del buque.....	21
4.3.	Tripulación. ....	21
5.	Desarrollo. ....	23
5.1.	Local Técnico de Proa. ....	23
5.1.1.	Hélice de maniobra de proa.....	24
5.1.2.	Sistema de agua sanitaria .....	28
5.1.3.	Sistema de compresores para gambuza.....	30
5.1.4.	Sistema de compresores de aire acondicionado.....	32
5.1.5.	Planta séptica.....	35
5.1.6.	Bombas contra incendios .....	38
5.2.	Sala de máquinas .....	41
5.2.1.	Control Room .....	41
5.2.2.	Cuadro de alarmas y parámetros de la sala de máquinas .....	45
5.2.3.	Cuadros de los generadores auxiliares.....	46
5.2.4.	Cuadro del generador de cola .....	49
5.2.5.	Cuadros de distribución eléctrica y sistema eléctrico del buque. ....	52
5.2.6.	Cuadro de sondas y trasiegos de combustible.....	63
5.2.7.	Cuadros de alarmas Contra incendios.....	66
5.2.8.	Cuadro de control de alarmas de sala de máquinas desatendida. ...	69
5.2.9.	Cuadro de sentinas .....	71

5.2.10.	Cuarto de bombas .....	73
5.2.11.	Sistema de refrigeración (sistema HT y LT).....	75
5.2.12.	Sistema de combustible.....	82
5.2.13.	Sistema de agua salada. ....	86
5.2.14.	Pocetes del cuarto de bombas. ....	92
5.2.15.	Cuarto de depuradoras.....	92
5.2.16.	Depuradoras.....	94
5.2.17.	Cuadro de control de las depuradoras.....	96
5.2.18.	Tanque de lodos.....	99
5.2.19.	Sala del motor principal .....	102
5.2.20.	Evaporador.....	104
5.2.21.	Calderas y sistema de aceite térmico. ....	110
5.2.22.	Sistema de aire comprimido .....	115
5.2.23.	Motor principal .....	119
5.2.24.	Tecele inferior.....	130
5.2.25.	Separador de aguas oleosas o de sentina.....	133
5.2.26.	CPP (Sistema hidráulico del paso variable) .....	137
6.	Conclusiones.....	139
7.	Conclusions.....	141
8.	Bibliografía .....	143

## Índice de Ilustraciones

Ilustración 1. Vista del Canarias Express siendo puesto a flote en Las Palmas. Fuente: puentedemando.com .....	14
Ilustración 2. Hélice de proa en varada. Fuente: Documentación de abordó.....	26
Ilustración 3. Motor eléctrico de la hélice de proa en el local técnico de proa. Fuente: Elaboración propia.....	27
Ilustración 4. Sistema de A/S (Hidróforo y acumulador con calefacción). Fuente: Elaboración propia.....	29
Ilustración 5. Compresores 1 y 2 de las cámaras frigoríficas (una de refrigeración y otra de congelación). Fuente: Elaboración propia. ....	31
Ilustración 6. Control de parámetros de las cámaras frigoríficas desde el Control Room. Fuente: Elaboración propia.....	32
Ilustración 7. Compresores del sistema de aire acondicionado. Fuente: Elaboración propia. ....	34
Ilustración 8. Planta de séptica del buque. Fuente: Elaboración propia. ....	37
Ilustración 9. Bomba contra incendios principal del buque. Fuente: Elaboración propia. ....	39
Ilustración 10. Control Room de la sala de máquinas del buque. Fuente: Elaboración propia .....	43
Ilustración 11. Las 3 imágenes componen el cuadro de sistemas del motor principal del buque en el Control Room. Fuente: Elaboración propia.....	45
Ilustración 12. Pantalla de monitoreo de parámetros de los diferentes sistemas del buque. Fuente: Elaboración propia. ....	45
Ilustración 13. Cuadro de acople con sistema de control de generador auxiliar Nº2. Fuente: Elaboración propia.....	48
Ilustración 14. Sistema de control de la planta eléctrica del buque. Fuente: Elaboración propia. ....	49
Ilustración 15. Cuadro de acople con sistema de control del generador de cola. Fuente: Elaboración propia.....	51
Ilustración 16. Acople del generador de cola con la reductora del motor principal. Fuente: Elaboración propia.....	53
Ilustración 17. Sala de generadores auxiliares. Fuente: Elaboración propia. ....	55
Ilustración 18. Sala del generador de emergencias. Fuente: Elaboración propia. ....	56
Ilustración 19. Cuadros eléctricos de la sala del generador de emergencias. Fuente: Elaboración propia.....	57
Ilustración 20. Cuadro eléctrico de consumos esenciales Nº 2 en el Control Room. Fuente: Elaboración propia.....	60
Ilustración 21. Cuadro eléctrico de alimentación de las hélices transversales de proa y popa en el Control Room. Fuente: Elaboración propia.....	61
Ilustración 22. Transformador del generador de emergencias ubicado en la sala del generador de emergencias. Fuente: Elaboración propia.....	62

Ilustración 23. Actuador neumático empleado en las válvulas del buque. Fuente: Elaboración propia.....	64
Ilustración 24. Cuadro de control de operaciones de trasiego de combustible, cuadro de sondas de combustible. Fuente: Elaboración propia.....	65
Ilustración 25. Cuadro de sondas de combustible. Fuente: Elaboración propia.....	65
Ilustración 26. Monitor repetidor de alarmas del sistema contraincendios del buque. Fuente: Elaboración propia.....	67
Ilustración 27. Cuadro de distribución de zonas para el sistema contraincendios. Fuente: Elaboración propia.....	67
Ilustración 28. Cuadro del control de alarmas de la sala de máquinas. Fuente: Elaboración propia.....	69
Ilustración 29. Cuadro del control de alarmas de pocetes. Fuente: Elaboración propia.....	72
Ilustración 30. Distribución del cuarto de bombas del buque. Fuente: Elaboración propia.....	73
Ilustración 31. Enfriadores de LT/SW en el cuarto de bombas. Fuente: Elaboración propia.....	77
Ilustración 32. Enfriador de Aceite lubricante refrigerado por el sistema de LT. Fuente: Elaboración propia.....	79
Ilustración 33. Tanque de compensación del sistema de HT. Fuente: Elaboración propia.....	80
Ilustración 34. Paquete de 3 termostáticas del motor principal. Fuente: Elaboración propia.....	80
Ilustración 35. Sistema de refrigeración HT/LT. Fuente: Planos de la sala de máquinas.....	81
Ilustración 36. Esquema del sistema de trasiego de combustible desde la toma de bunkering. Fuente: Planos de la sala de máquinas.....	83
Ilustración 37. Unidad de tratamiento del agua salada empleada para el sistema de lastre. Fuente: Elaboración propia.....	86
Ilustración 38. Bombas de agua salada en el cuarto de bombas. Fuente: Elaboración propia.....	88
Ilustración 39. Bomba de puerto de agua salada en el cuarto de bombas. Fuente: Elaboración propia.....	90
Ilustración 40. Imagen de la depuradora en el manual. Manual de la depuradora.....	94
Ilustración 41. Imagen del funcionamiento de la depuradora en el manual. Fuente: Manual de la depuradora.....	95
Ilustración 42. Imagen del esquema de la depuradora sacada del manual. Fuente: Manual de la depuradora.....	97
Ilustración 43. Imagen de la localización del tanque de lodos en el plano del buque. Fuente: Planos del buque.....	99
Ilustración 44. Imagen de sonda del tanque de lodos y del libro de hidrocarburos del buque. Fuente: Elaboración propia.....	101

Ilustración 45. Imagen extraída del plano del tecele superior de la sala de máquinas del buque. Fuente: Planos del buque. ....	102
Ilustración 46. Evaporador en la sala de máquinas del buque. Fuente: Elaboración propia. ....	106
Ilustración 47. Esquema del sistema del evaporador. Fuente: Esquema extraído de un simulador didáctico. ....	108
Ilustración 48. Esquema del sistema de combustible del quemador de la caldera de mechero. Fuente: Planos del buque. ....	113
Ilustración 49. Esquema del sistema de aceite térmico con caldera de mechero, caldera de gases, sistema de bombeo, etc. Fuente: Planos del buque. ....	114
Ilustración 50. Botellas de aire comprimido de arranque en la sala de máquinas del buque. Fuente: Elaboración propia. ....	116
Ilustración 51. Secador de aire en la sala de máquinas. Fuente: Elaboración propia. ....	117
Ilustración 52. Motor principal del buque visto de popa a proa. Fuente: Elaboración propia. ....	119
Ilustración 53. Bomba de inyección de combustible independiente fuera del motor principal. Fuente: Elaboración propia. ....	121
Ilustración 54. Parte alta del motor principal. Fuente: Elaboración propia. ....	123
Ilustración 55. Tren alternativo observado desde la tapa del cárter de dicha unidad de potencia. Fuente: Elaboración propia. ....	123
Ilustración 56. Dimensiones de la biela. Fuente: Manuel del motor del buque. ....	124
Ilustración 57. Sección del árbol de levas con el taqué correspondiente a la leva. Fuente: Elaboración propia. ....	125
Ilustración 58. Regulador hidráulico de motor principal. Fuente: Elaboración propia. ....	126
Ilustración 59. Caja de bombas y enfriador de carga. Fuente: Elaboración propia. ....	127
Ilustración 60. Desmontaje del turbocompresor de babor del motor principal. Fuente: Elaboración propia. ....	128
Ilustración 61. Turbina de gases del turbocompresor de babor. Fuente: Elaboración propia. ....	128
Ilustración 62. Virador del motor principal (tecele inferior). Fuente: Elaboración propia. ....	129
Ilustración 63. Cuadro de parámetros del motor principal en la sala de máquinas (tecele inferior). Fuente: Elaboración propia. ....	132
Ilustración 64. Separador de aguas de sentina ubicado en la sala de máquinas (tecele inferior). Fuente: Elaboración propia. ....	134
Ilustración 65. Sistema hidráulico de paso variable ubicado en la sala de máquinas (tecele inferior). Fuente: Elaboración propia. ....	137

## Índice de Tablas

---

Tabla 1. Características principales del buque. Fuente: Elaboración propia. ....	19
Tabla 2. Resumen de la tripulación y sus horarios de guardia. Fuente: Elaboración propia. ....	22
Tabla 3. Distribución de hidrantes, detectores y pulsadores. Fuente: Elaboración propia. ....	40
Tabla 4. Características de la bomba. Fuente: Elaboración propia. ....	40
Tabla 5. Características bombas principales de agua salada.....	91
Tabla 6. Características bomba de agua salada de puerto. ....	91
Tabla 7. Características de la depuradora de aceite. ....	92
Tabla 8. Características de la depuradora de Fuel Oil. ....	93
Tabla 9. Características de la depuradora de Diesel Oil. ....	93
Tabla 10. Parámetros de la depuradora.....	98
Tabla 11. Datos técnicos del evaporador.....	110
Tabla 12. Características de la caldera.....	110
Tabla 13. Características de la caldera de gases de escape. ....	111
Tabla 14. Características de los compresores y sus componentes.....	116
Tabla 15. Características de los compresores de aire de servicio.....	117
Tabla 16. Características del secador de aire. ....	118

# 1. Introducción

El buque "Canarias Express" representa una pieza crucial en la infraestructura de transporte marítimo de las Islas Canarias, garantizando la conectividad eficiente y segura entre las diferentes islas del archipiélago. Este trabajo de final de grado se centra en la evaluación de los sistemas auxiliares y principales del buque, componentes vitales que aseguran su operatividad y rendimiento en las diversas condiciones marítimas.

Los sistemas principales del "Canarias Express" incluyen aquellos que son fundamentales para la propulsión, generación de energía y maniobrabilidad del buque. Estos sistemas deben operar con alta fiabilidad y eficiencia para asegurar que el buque pueda cumplir con sus horarios y rutas sin interrupciones.

Por otro lado, los sistemas auxiliares abarcan una amplia gama de equipos y tecnologías que, aunque no son directamente responsables de la propulsión, son esenciales para la operación segura y confortable del buque. Estos incluyen sistemas de seguridad, tratamiento de aguas, navegación, y control ambiental, entre otros.

A lo largo de este trabajo, se ha puesto especial énfasis en la revisión detallada y exhaustiva de estos sistemas, asegurando que cada uno cumpla con las normativas internacionales y los estándares de la marina mercante española. La eficiencia, seguridad y sostenibilidad son los pilares sobre los cuales se basa la operatividad del "Canarias Express", y este trabajo tiene como objetivo proporcionar una visión clara y precisa del estado actual de sus sistemas clave.

En este trabajo de final de grado quiero además exponer mi experiencia y conocimientos adquiridos durante mi periodo de prácticas a bordo del buque Canarias Express.



*Ilustración 1. Vista del Canarias Express siendo puesto a flote en Las Palmas. Fuente. puentedemandando.com*

## 2. Objetivos

### *Objetivo Principal.*

El objetivo principal que nos hemos propuesto en este trabajo de final de grado comprende describir y analizar los sistemas que impulsan y alimentan al buque Canarias Express, subrayando su papel crucial en la operación segura y eficiente de los buques en alta mar. Desde la mecánica de los motores hasta la complejidad de los sistemas de control, cada aspecto de los sistemas auxiliares y principales será analizado con el fin de identificar tanto sus puntos fuertes como las áreas donde se puede mejorar.

### *Objetivos específicos.*

Para ello, plantearemos los siguientes objetivos específicos:

#### **1. Evaluar la Eficiencia Operativa de los Sistemas Principales**

- Verificar que los sistemas de propulsión, generación de energía y dirección operan con máxima eficiencia.
- Asegurar que la potencia y el rendimiento de los motores diésel-eléctricos cumplen con las especificaciones de diseño y los requerimientos operativos.

#### **2. Garantizar la Conformidad con las Normativas de Seguridad Marítima**

- Confirmar que todos los sistemas de seguridad, incluyendo balsas salvavidas y sistemas de extinción de incendios, están en perfecto estado y cumplen con las regulaciones internacionales y nacionales.
- Evaluar la eficacia de los sistemas de navegación y comunicación para garantizar la seguridad en todas las condiciones de operación.

#### **3. Optimizar el Mantenimiento y la Durabilidad de los Sistemas Auxiliares**

- Asegurar un mantenimiento preventivo regular y eficiente de los sistemas de tratamiento de aguas residuales y manejo de lastre.
- Verificar que los sistemas de refrigeración y ventilación mantienen un ambiente confortable y seguro para la tripulación y los pasajeros.



#### **4. Mejorar la Sostenibilidad y el Impacto Ambiental**

- Evaluar la eficiencia de los sistemas de tratamiento de aguas residuales para minimizar el impacto ambiental.
- Implementar tecnologías avanzadas que reduzcan las emisiones y mejoren la eficiencia energética del buque.

#### **5. Actualizar y Modernizar los Sistemas Tecnológicos**

- Mantener los sistemas de navegación, radar y sonar actualizados con la última tecnología disponible para mejorar la precisión y la seguridad.
- Asegurar que los sistemas de comunicación están integrados y operativos, facilitando una gestión efectiva del buque.

#### **6. Garantizar el Cumplimiento con los Estándares de la Marina Mercante Española**

- Realizar inspecciones periódicas y detalladas para asegurar que todos los sistemas cumplen con los estándares y regulaciones de la marina mercante española.
- Identificar áreas de mejora continua y proponer soluciones prácticas para mantener la excelencia operativa del buque.

Estos objetivos buscan asegurar que el "Canarias Express" opere de manera segura, eficiente y sostenible, proporcionando un servicio de transporte marítimo de alta calidad entre las islas Canarias.

## 3. Metodología

Para alcanzar el objetivo principal de asegurar que el buque "Canarias Express" opere de manera segura, eficiente y sostenible, se ha diseñado la siguiente metodología, que incluye una serie de pasos detallados para la evaluación exhaustiva de los sistemas auxiliares y principales del buque.

**1. Revisión Documental**, con el objetivo de obtener una comprensión completa de las especificaciones técnicas y operativas del buque.

- Recopilación de manuales técnicos y planos del buque.
- Análisis de informes previos de inspección y mantenimiento.
- Revisión de las normativas y regulaciones aplicables (internacionales y nacionales).

**2. Inspección Visual y Física**, con el objeto de verificar el estado físico y operativo de los sistemas.

- Realización de una inspección visual detallada de los sistemas de propulsión, generación de energía y dirección.
- Verificación del estado y funcionamiento de los sistemas de seguridad, navegación y comunicación.
- Evaluación del estado de los sistemas de refrigeración, ventilación y tratamiento de aguas residuales.

**3. Pruebas Operativas**, con el fin de evaluar el rendimiento real de los sistemas en condiciones de operación.

- Realización de pruebas de funcionamiento de los motores y generadores.
- Pruebas de los sistemas de navegación y comunicación en situaciones simuladas.
- Evaluación del rendimiento de los sistemas de refrigeración y ventilación en diversas condiciones ambientales.

**4. Entrevistas con la Tripulación**, que nos permite obtener información directa sobre el funcionamiento y el mantenimiento de los sistemas.

- Entrevistas con el capitán, jefe y oficiales de máquinas.
- Recopilación de comentarios sobre el rendimiento y cualquier problema recurrente en los sistemas.
- Discusión sobre las prácticas actuales de mantenimiento y cualquier recomendación para mejoras.

5. **Análisis de Datos y Comparación con Normativas**, asegurando el cumplimiento de las normativas y estándares.

- Análisis de los datos recopilados durante las inspecciones y pruebas operativas.
- Comparación de los resultados con las normativas internacionales (IMO, MARPOL) y nacionales.
- Identificación de cualquier desviación o no conformidad y propuesta de medidas correctivas.

6. **Informe Final y Recomendaciones** a fin de documentar los hallazgos y proporcionar recomendaciones para la mejora continua.

- Elaboración de un documento detallado que incluya los hallazgos de la inspección y las pruebas operativas.
- Provisión de recomendaciones específicas para mejorar la eficiencia, seguridad y sostenibilidad del buque.
- Propuesta acciones para abordar las áreas de mejora identificadas.

Esta metodología estructurada permitirá una evaluación exhaustiva y sistemática del buque "Canarias Express", asegurando que todos los sistemas operen de manera óptima y cumplan con las regulaciones pertinentes.

## 4. Descripción del buque

### 4.1. Datos del buque.

En la siguiente tabla podemos observar las características técnicas principales del buque Canarias Express:

Tabla 1. Características principales del buque. Fuente: Elaboración propia.

<b>Bandera</b>	Española
<b>Puerto de registro</b>	Santa Cruz de Tenerife
<b>Registro</b>	R. Especial
<b>Folio</b>	feb-07
<b>NºIMO</b>	9331191
<b>Sociedad Clasificadora</b>	Germany cherLloyd
<b>Tipo de Buque</b>	CON-RO
<b>Año de construcción</b>	2007
<b>Astillero</b>	Fujian Mawei Shipyard (China)
<b>Distintivo de llamada</b>	ECKZ
<b>Casco</b>	433-1
<b>Eslora Total</b>	145m
<b>Eslora entre Perpendiculares</b>	135m
<b>Manga de Trazado</b>	22m
<b>Puntal</b>	13,9m
<b>Puntal de Construcción</b>	10,40m
<b>Calado de Verano</b>	6,013m
<b>Calado Medio de Trazado</b>	6m
<b>Arqueo Bruto(GRT)</b>	11.197 Tn

<b>Arqueo Neto (NRT)</b>	2.800Tn
<b>Desplazamiento Máximo</b>	12.658Tn
<b>Desplazamiento en Rosca</b>	5.358Tn
<b>Peso Muerto</b>	7.239 Tn
<b>(l x b x h ) Bodeguín</b>	66,6m x 16,9m x 5,8m
<b>(l x b x h ) Bodega</b>	119,9m x16,9m x 6,7m
<b>Motor Principal</b>	MAK12VM32C
<b>Potencia Efectiva</b>	6000KW
<b>Velocidad de Crucero</b>	16,4Kn
<b>Consumo</b>	22tn/día
<b>Motores Auxiliares</b>	MAN D2842 301
<b>Motor de Emergencia</b>	SISUDIESEL 634 DSBG
<b>Generador de Cola</b>	AEMSE450L46L
<b>Hélice Transversal Proa</b>	WÄRTSILÄ FT175H
<b>Hélice Transversal Popa</b>	WÄRTSILÄ FT125H
<b>Hélice Propulsora</b>	WÄRTSILÄ CPP2-20250-038-160M-A2A10SDS
<b>Capacidad Tanques de Lastre</b>	4.322 m <sup>3</sup>
<b>Capacidad Tanques de FO</b>	690,2 m <sup>3</sup>
<b>Capacidad Tanques de GO</b>	94,1 m <sup>3</sup>
<b>Capacidad Tanques de Aceite</b>	19,8 m <sup>3</sup>
<b>Capacidad Tanques de Agua Dulce</b>	26,3 m <sup>3</sup>
<b>Carga Rodada Bodeguín</b>	17 remolques
<b>Carga Rodada Bodega</b>	44 remolques

## **4.2. Antecedentes del buque.**

El buque Canarias Express, construido en 2007 en los astilleros Mawei Shipyard en China, integra tecnología y equipamientos europeos. Forma parte de una serie de tres buques idénticos encargados por el grupo OPDR para operar en la ruta entre Canarias y Sevilla, con el objetivo de modernizar la flota y aumentar su capacidad para satisfacer la demanda. Uno de los tres buques fue vendido posteriormente a la compañía Naviera Armas bajo el nombre Volcán de Teneguía. El Canarias Express está clasificado por Germanischer Lloyd, enarbola bandera española y está registrado en el puerto de Santa Cruz de Tenerife.

En cuanto a sus características técnicas, el Canarias Express es un CON/RO Carrier diseñado para transportar carga rodada y contenedores, con tres cubiertas dedicadas a estas funciones. Su disposición incluye un bodeguín en la bodega inferior, acceso a la bodega principal a través de una rampa de popa, y la cubierta principal destinada a carga de contenedores y rodada, con dos métodos de carga: mediante una plataforma elevadora desde la bodega principal o mediante grúas desde tierra.

El buque mide 145 metros de eslora, 22 metros de manga y 13,9 metros de puntal. Posee un casco de acero con bulbo, hélices transversales en proa y popa, y un único timón. La cámara de máquinas está ubicada en la popa, mientras que la superestructura, incluyendo el puente de mando, se encuentra en la proa, compuesta por cuatro cubiertas y un local técnico en la misma.

## **4.3. Tripulación.**

La tripulación del buque, compuesta inicialmente por 14 miembros, está formada por personal de máquinas, personal de puente, marineros y personal de fonda. Cada grupo desempeña roles esenciales para garantizar la operación segura y eficiente del buque.

El personal de máquinas es responsable del mantenimiento y operación de los sistemas mecánicos y eléctricos del buque. La sala de máquinas opera bajo un sistema de operación no atendida (UMS, Unattended Machinery Space), lo que significa que puede funcionar sin supervisión constante. El personal de máquinas trabaja en turnos específicos para realizar tareas de mantenimiento y monitoreo, y activa el sistema UMS al finalizar sus turnos. Esto permite que la sala de máquinas opere de manera autónoma

durante períodos sin la presencia física de los ingenieros, aunque siempre bajo su vigilancia remota.

El personal de puente, que incluye al capitán y oficiales de navegación, se encarga de la navegación, maniobras y control general del buque. Los marineros asisten en las operaciones de cubierta y mantenimiento general, asegurando que el buque esté siempre en condiciones óptimas para su operación.

El personal de fonda se ocupa de la gestión de servicios a bordo, incluyendo la alimentación y el bienestar de la tripulación, garantizando un ambiente de trabajo cómodo y eficiente.

Este esquema de tripulación bien estructurado y la avanzada tecnología de operación no atendida en la sala de máquinas, permiten que el Canarias Express funcione de manera segura, eficiente y conforme a los más altos estándares de la industria marítima.

*Tabla 2. Resumen de la tripulación y sus horarios de guardia. Fuente: Elaboración propia.*

<b>Capitán</b>	8:00/12:00 - 20:00/24:00
<b>Jefe de Máquinas</b>	8:00/12:00 - 13:00/17:00
<b>1º Oficial de Cubierta</b>	4:00/8:00 - 16:00/20:00
<b>1º Oficial de Máquinas</b>	8:00/12:00 - 13:00/17:00
<b>Mecánico</b>	8:00/12:00 - 13:00/17:00
<b>Contramaestre</b>	8:00/12:00 - 13:00/17:00
<b>Marinero 1º</b>	8:00/12:00 - 13:00/17:00
<b>Marinero 2º</b>	8:00/12:00 - 13:00/17:00
<b>Marinero 3º</b>	8:00/12:00 - 13:00/17:00
<b>Marinero 4º</b>	8:00/12:00 - 13:00/17:00
<b>Cocinero</b>	8:00/12:00 - 13:00/17:00
<b>Camarero</b>	6:00/13:00 - 17:00/18:00
<b>Alumno de Máquinas</b>	8:00/12:00 - 13:00/17:00
<b>Alumno de Puente</b>	4:00/8:00 - 16:00/20:00

## 5. Desarrollo.

A continuación, haremos una descripción de cada uno de los sistemas principales y auxiliares que conforman la sala de máquinas del buque.

### 5.1. Local Técnico de Proa.

El local técnico de proa se encuentra ubicado debajo de la habitación y está ingeniosamente dividido en dos niveles, cada uno de ellos albergando una variedad de equipos y sistemas esenciales para el funcionamiento y la seguridad del buque.

#### Nivel Superior

En el nivel superior, hacia el lado de babor, se encuentra:

- **Planta de tratamiento de aguas residuales:** Este sistema es crucial para el cumplimiento de las normativas medioambientales, asegurando que las aguas residuales sean adecuadamente tratadas antes de ser descargadas al mar.
- **Planta de aire acondicionado y calefacción:** Proporciona confort climático tanto a la tripulación como a los pasajeros, manteniendo temperaturas óptimas en todas las áreas habitables del buque.
- **Planta de refrigeración:** Encargada de mantener las gambuzas en condiciones óptimas, asegurando que los alimentos y otros perecederos se conserven adecuadamente durante los viajes.

En el lado de estribor del mismo nivel, se encuentran:

- **Hidróforo del sistema de agua sanitaria:** Garantiza la presión adecuada en el sistema de agua potable a bordo, asegurando un suministro constante para todas las necesidades de la tripulación y los pasajeros.
- **Calentador de agua sanitaria:** Proporciona agua caliente para uso doméstico, indispensable para el confort diario de todos a bordo.



## Nivel Inferior

Descendiendo al nivel inferior, se accede a una serie de equipos cruciales para las operaciones del buque:

- **Motor eléctrico de la hélice transversal de proa:** Este componente es fundamental para la maniobrabilidad del buque en espacios reducidos, como puertos y canales. Facilita las maniobras de atraque y desatraque, aumentando la precisión y seguridad en estas operaciones.
- **Bomba contra incendios de emergencia:** Siempre lista para intervenir en caso de un incendio, esta bomba es una medida de seguridad vital, proporcionando un flujo de agua potente para controlar y extinguir incendios rápidamente.
- **Bomba contra incendios de la caldera:** Garantiza la seguridad en el área de la caldera, asegurando que cualquier incidente relacionado con el fuego sea gestionado eficazmente, protegiendo tanto al personal como al equipo.

Con esta disposición, el local técnico de proa se convierte en una extensión funcional de la sala de máquinas, que, aunque generalmente se encuentra en la popa, en este caso se complementa con instalaciones ubicadas en la proa del barco. Esta distribución estratégica permite un acceso más fácil y una gestión más eficiente de los sistemas críticos, mejorando la operatividad general del buque.

La configuración del local técnico de proa refleja una planificación cuidadosa y una ingeniería avanzada, destinada a maximizar la eficiencia operativa y la seguridad del "Canarias Express". Cada componente está diseñado e instalado para cumplir con los más altos estándares de la industria marítima, asegurando que el buque pueda operar de manera confiable y segura en todas sus rutas.

### 5.1.1. Hélice de maniobra de proa

El equipo responsable de las maniobras de proa se encuentra ubicado en el nivel inferior del local técnico de proa. La hélice de maniobra instalada en la embarcación es un modelo FT175H, fabricado por Wartsilla Propulsion Netherlands B.V. Este sistema de propulsión incluye un motor de túnel y una hélice específicamente diseñada para facilitar las operaciones de maniobra en la proa del buque, mejorando significativamente la maniobrabilidad en espacios reducidos como puertos y canales.

## Características del Sistema de Propulsión

### Motor de Túnel:

- **Marca:** Woelfer
- **Modelo:** MSODK355L-4bbb
- **Potencia:** 825 kW
- **Velocidad Nominal:** 1755 rpm

El motor Woelfer, modelo MSODK355L-4bbb, ofrece una potencia de 825 kW, permitiendo un control preciso y potente de la hélice de maniobra. Su velocidad nominal de 1755 rpm asegura un rendimiento óptimo, proporcionando la fuerza necesaria para las maniobras de atraque y desatraque, así como para la navegación en áreas estrechas.

### Hélice de Maniobra:

- **Diámetro Interior del Túnel:** 1785 mm
- **Diámetro de la Hélice:** 1750 mm
- **Longitud Total de la Hélice:** 1780 mm
- **Espesor de Pared del Túnel:** 20 mm

La hélice, con un diámetro de 1750 mm, está diseñada para maximizar la eficiencia y la fuerza de empuje, garantizando maniobras seguras y controladas. El túnel que alberga la hélice tiene un diámetro interior de 1785 mm y un espesor de pared de 20 mm, lo que proporciona una estructura robusta y resistente. La longitud total de la hélice es de 1780 mm, asegurando un ajuste preciso dentro del túnel, optimizando el flujo de agua y, por lo tanto, la eficiencia de la maniobra.

La integración de este avanzado sistema de maniobra de proa en el "Canarias Express" es fundamental para mejorar la capacidad de maniobra del buque, especialmente en situaciones de atraque y desatraque en puertos concurridos. La hélice de maniobra, con su potente motor de túnel y diseño especializado, permite movimientos laterales precisos y rápidos, reduciendo significativamente el tiempo y el esfuerzo necesarios para estas operaciones.

Además, la fiabilidad y robustez de los componentes fabricados por Wärtsilä y Woelfer aseguran una durabilidad y un rendimiento consistentes a lo largo del tiempo, contribuyendo a la seguridad y eficiencia operativa del buque.



*Ilustración 2. Hélice de proa en varada. Fuente: Documentación de abordó.*

La hélice de maniobra de proa del "Canarias Express" está compuesta por cuatro palas y fabricada con una aleación de cobre, níquel y aluminio. Esta aleación especial garantiza una resistencia y durabilidad excepcionales, incluso en las condiciones marítimas más adversas. Con un peso total de 730 kg, la hélice está diseñada para ofrecer un rendimiento óptimo en todas las situaciones de maniobra.

El uso de esta aleación específica permite que la hélice resista la corrosión marina y mantenga su integridad estructural a lo largo del tiempo, soportando el desgaste y el esfuerzo continuo durante las maniobras. Esta resistencia es crucial para el mantenimiento a largo plazo del rendimiento y la seguridad del buque.

Las cuatro palas de la hélice están diseñadas para maximizar la eficiencia y la fuerza de empuje. El diseño de múltiples palas permite una distribución uniforme de las fuerzas, reduciendo las vibraciones y el ruido, lo que mejora la experiencia operativa y la comodidad a bordo.

Con estas especificaciones, la hélice de maniobra de proa proporciona la potencia y eficiencia necesarias para realizar maniobras precisas y seguras en el área frontal del buque. Este sistema es especialmente crucial durante las operaciones de atraque y desatraque en puertos y en maniobras en espacios reducidos. La capacidad de realizar movimientos laterales controlados y rápidos aumenta la seguridad y reduce el tiempo necesario para estas operaciones, contribuyendo significativamente a la eficiencia operativa del "Canarias Express".

La implementación de una hélice de maniobra tan avanzada no solo facilita la operación del buque en condiciones desafiantes, sino que también mejora la seguridad de la navegación. La capacidad de maniobrar con precisión en situaciones críticas reduce el riesgo de colisiones y accidentes, protegiendo tanto la embarcación como las infraestructuras portuarias. Además, la fiabilidad y el rendimiento constante de la hélice aseguran que el "Canarias Express" pueda mantener su programación y rutas de manera efectiva, sin retrasos significativos debidos a problemas de maniobra.



*Ilustración 3. Motor eléctrico de la hélice de proa en el local técnico de proa. Fuente: Elaboración propia.*

## 5.1.2. Sistema de agua sanitaria

El sistema de agua sanitaria del buque está diseñado para proporcionar un suministro confiable y seguro de agua potable a bordo. Este sistema comprende varios componentes y dispositivos que trabajan en conjunto para asegurar la disponibilidad continua de agua potable para consumo humano y otras necesidades durante todo el viaje.

### Componentes del Sistema de Agua Sanitaria

#### 1. Sistema de Almacenamiento de Agua:

- **Tanques de Agua Potable:** Estos tanques, específicamente diseñados para contener agua potable, están ubicados estratégicamente en la embarcación. Esta disposición asegura un suministro constante y equilibrado de agua durante todo el viaje, independientemente de las condiciones del mar.

#### 2. Generación de Agua:

- **Evaporador o Generador de Agua:** Localizado en la sala de máquinas del buque, este equipo genera agua potable a partir del agua de mar mediante un proceso de evaporación y condensación, garantizando un suministro continuo de agua limpia y segura.

#### 3. Sistema de Presurización:

- **Hidróforo:** El agua generada es dirigida al hidróforo, un tanque de 750 litros regulado a una presión de 4.5 bar. Este dispositivo, utilizando presión de aire y el relleno automatizado mediante una bomba de agua, mantiene la presión adecuada del sistema de agua sanitaria en todo el buque. El hidróforo asegura que el agua se distribuya uniformemente y con la presión necesaria para todas las áreas de la embarcación.

#### 4. Calentamiento del Agua:

- **Calentador de Agua Sanitaria:** Este calentador eleva la temperatura del agua sanitaria a 75°C, proporcionando agua caliente para todas las necesidades del buque. Este sistema es crucial para el confort de la tripulación y los pasajeros, permitiendo usos como duchas, lavado y otras necesidades diarias.

El funcionamiento integrado de estos componentes garantiza que el sistema de agua sanitaria del buque opere de manera eficiente y segura. El proceso comienza con la generación de agua potable en el evaporador, que purifica el agua de mar. Esta agua purificada se almacena en los tanques de agua potable y se distribuye a través del hidróforo, que mantiene la presión constante en el sistema.

El calentador de agua sanitaria asegura que el agua esté a la temperatura adecuada, satisfaciendo todas las necesidades de agua caliente a bordo. Este sistema es esencial no solo para la higiene personal, sino también para otras operaciones del buque que requieren agua caliente.

La confiabilidad y eficiencia del sistema de agua sanitaria son fundamentales para la operatividad del buque. Un suministro constante de agua potable asegura la salud y el bienestar de la tripulación y los pasajeros, mientras que la capacidad de proporcionar agua caliente mejora significativamente el confort a bordo. Además, la disposición estratégica y la tecnología avanzada de los componentes aseguran que el sistema funcione de manera óptima en todas las condiciones de navegación.

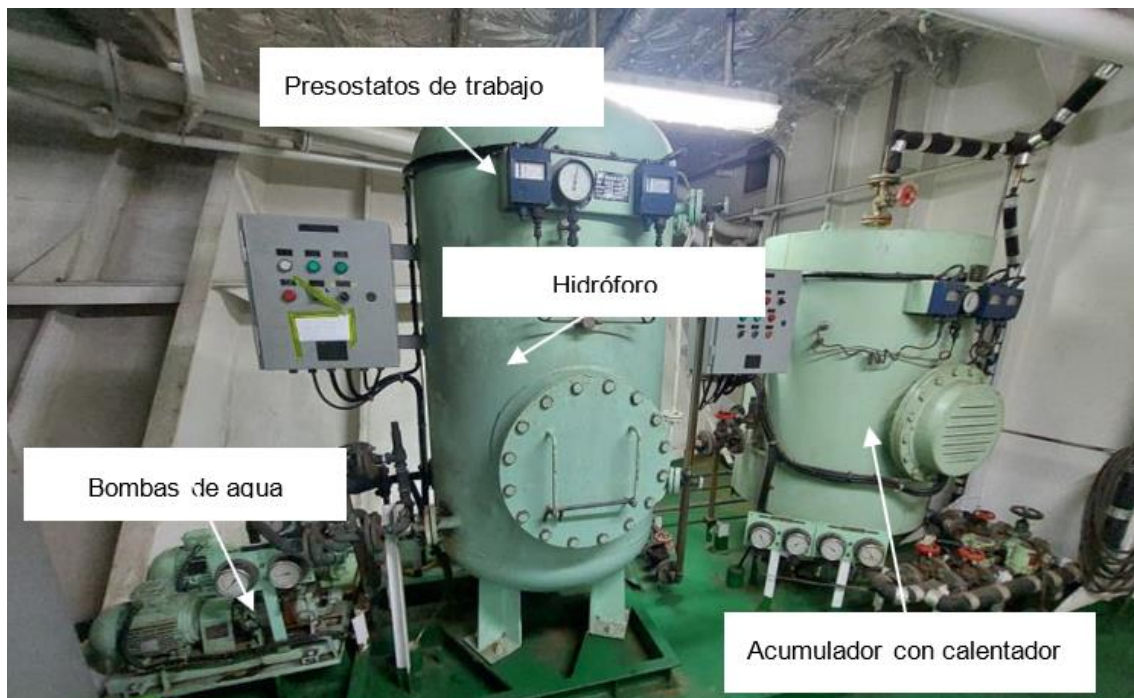


Ilustración 4. Sistema de A/S (Hidróforo y acumulador con calefacción). Fuente: Elaboración propia.

### 5.1.3. Sistema de compresores para gambuza

Los compresores de frío instalados en la gambuza del buque garantizan que los alimentos se mantengan a las temperaturas adecuadas, preservando su calidad y seguridad. Este sistema está compuesto por una cámara de refrigeración que opera a 6°C y una cámara de congelación que funciona a -17°C.

#### Características del Sistema de Refrigeración

##### Cámaras de Almacenamiento:

- **Cámara de Refrigeración:** Mantiene una temperatura constante de 6°C, ideal para conservar productos perecederos como frutas, verduras y productos lácteos.
- **Cámara de Congelación:** Opera a -17°C, adecuada para la conservación a largo plazo de alimentos congelados, como carnes y pescados.

##### Compresores:

- **Número de Compresores:** 2
- **Configuración:** Uno en servicio activo y el otro en modo de espera (stand-by)
- **Función:** Comprimen el fluido refrigerante, aumentando su presión y temperatura.

##### Ciclo de Refrigeración:

- **Compresión:** Los compresores incrementan la presión del fluido refrigerante, lo que eleva su temperatura.
- **Condensación:** El fluido refrigerante comprimido pasa por un condensador, donde el calor acumulado se disipa utilizando agua de mar. Este proceso reduce la temperatura del fluido mientras mantiene su alta presión.
- **Expansión:** El refrigerante pasa por una válvula de expansión, donde su presión y temperatura disminuyen drásticamente. Este enfriamiento permite que el fluido absorba el calor de las cámaras de refrigeración y congelación.



- **Evaporación:** En el evaporador, el fluido refrigerante absorbe el calor del interior de las cámaras, manteniendo las temperaturas deseadas.

Doble Sistema de Expansión:

- **Expansión Diferenciada:** El sistema cuenta con dos válvulas de expansión independientes para las cámaras de refrigeración y congelación, debido a los diferentes requisitos de temperatura. Esto asegura que cada cámara alcance y mantenga sus respectivas temperaturas óptimas de manera eficiente.

El sistema de refrigeración está diseñado para operar de manera continua y eficiente, con uno de los compresores siempre en funcionamiento mientras el otro permanece en reserva. Esta configuración de redundancia asegura que, en caso de fallo de un compresor, el otro puede entrar en servicio de inmediato, garantizando la continuidad del enfriamiento.

El uso de agua de mar en el condensador es una solución efectiva para la disipación de calor, aprovechando un recurso natural disponible. Este método asegura que el sistema de refrigeración funcione de manera eficiente, incluso en ambientes marítimos desafiantes.

Mantener los alimentos a temperaturas adecuadas es crucial para la seguridad alimentaria y el bienestar de la tripulación y los pasajeros. Las cámaras de refrigeración y congelación aseguran que los productos perecederos y congelados se conserven en óptimas condiciones durante todo el viaje, minimizando el desperdicio de alimentos y garantizando su calidad.



Ilustración 5. Compresores 1 y 2 de las cámaras frigoríficas (una de refrigeración y otra de congelación). Fuente: Elaboración propia.





Ilustración 6. Control de parámetros de las cámaras frigoríficas desde el Control Room. Fuente: Elaboración propia.

#### 5.1.4. Sistema de compresores de aire acondicionado

El sistema de aire acondicionado del buque utiliza un sistema frigorífico de tipo inundado, diseñado para mantener una temperatura óptima en todas las áreas habitables, garantizando el bienestar de las personas a bordo.

##### **Funcionamiento del Sistema de Aire Acondicionado**

###### Sistema Frigorífico de Tipo Inundado:

- **Evaporador en Tanque de Agua:** En este sistema, el evaporador se encuentra dentro de un tanque de agua. El evaporador absorbe el calor del agua en el tanque, enfriándola de manera eficiente.

- **Circulación del Agua Enfriada:** El agua enfriada se hace circular a través de un sistema de tuberías hacia los diferentes espacios habitables del buque. A medida que el agua circula, absorbe el calor de estas áreas, manteniendo una temperatura confortable en todo momento.

#### Disipación del Calor:

- **Sistema de Refrigeración de LT:** El calor absorbido por el evaporador se disipa a través del sistema de refrigeración de baja temperatura (LT) del buque. Este sistema está diseñado para manejar eficientemente la carga térmica y asegurar que el proceso de enfriamiento sea continuo y efectivo.

### **Componentes Clave del Sistema**

#### Tanque de Agua:

- **Función:** Actúa como medio de transferencia de calor, permitiendo que el evaporador enfríe el agua que luego se distribuye por el buque.
- **Beneficios:** La utilización de agua como medio de enfriamiento asegura una distribución uniforme del calor absorbido, mejorando la eficiencia del sistema.

#### Evaporador:

- **Ubicación:** Situado dentro del tanque de agua.
- **Función:** Absorbe el calor del agua en el tanque, reduciendo su temperatura y preparando el agua para ser distribuida por el buque.

#### Sistema de Tuberías:

- **Función:** Transporta el agua enfriada desde el tanque a las distintas áreas habitables del buque.
- **Diseño:** Diseñado para minimizar las pérdidas de calor durante el transporte, asegurando que el agua llegue a su destino a la temperatura óptima.

#### Sistema de Refrigeración de LT:

- **Función:** Disipa el calor absorbido por el evaporador, asegurando que el ciclo de enfriamiento pueda continuar sin interrupciones.

- **Importancia:** Es esencial para mantener el equilibrio térmico y la eficiencia del sistema de aire acondicionado.

Mantener una temperatura óptima en todas las áreas habitables del buque es crucial para el confort y bienestar de la tripulación y los pasajeros. Un sistema de aire acondicionado eficiente contribuye significativamente a crear un ambiente agradable, reduciendo el estrés térmico y mejorando la calidad de vida a bordo.



*Ilustración 7. Compresores del sistema de aire acondicionado. Fuente: Elaboración propia.*

## 5.1.5. Planta séptica

La planta séptica del buque es un componente esencial para el tratamiento de las aguas residuales generadas a bordo, asegurando que no se contamine el medio ambiente marino. Este sistema de tratamiento incluye tres tanques principales: el tanque de aireación, el tanque de decantación y el tanque de desinfección.

### Proceso de Tratamiento de Aguas Residuales

#### 1. Tanque de Aireación:

- **Función:** Recolección y tratamiento inicial de las aguas residuales.
- **Proceso:** En este tanque, se introduce oxígeno para fomentar la descomposición de la materia orgánica por parte de microorganismos aeróbicos. Este proceso ayuda a descomponer los sólidos y reducir la carga orgánica del agua residual. La aireación intensiva asegura que los microorganismos tengan suficiente oxígeno para realizar eficientemente la degradación biológica de los residuos.

#### 2. Tanque de Decantación:

- **Función:** Separación de sólidos y clarificación del agua.
- **Proceso:** El agua tratada en el tanque de aireación se transfiere al tanque de decantación. Aquí, los sólidos suspendidos y sedimentos se separan del agua tratada. Los sólidos más pesados se depositan en el fondo del tanque formando un lodo, mientras que el agua clarificada sube hacia la parte superior. Este proceso permite una separación efectiva, produciendo un efluente mucho más claro y limpio.

#### 3. Tanque de Desinfección:

- **Función:** Eliminación de contaminantes biológicos.
- **Proceso:** El agua clarificada se somete a un tratamiento de desinfección en este tanque. Se aplica cloro u otro agente desinfectante para eliminar bacterias y microorganismos patógenos presentes en el agua. Este tratamiento asegura que el agua tratada esté libre de contaminantes biológicos antes de ser descargada al mar, cumpliendo con las normativas medioambientales y de seguridad.

La planta séptica es crucial para mantener la integridad ambiental del océano y garantizar la conformidad con las regulaciones internacionales y nacionales sobre el vertido de aguas residuales. Además de proteger el medio ambiente marino, el sistema de tratamiento de aguas residuales también contribuye a la salud y bienestar de la tripulación y los pasajeros, al prevenir la proliferación de patógenos y reducir los malos olores a bordo.

La planta séptica del buque está equipada con tecnología avanzada que incluye un compresor y una bomba propios, los cuales facilitan el proceso de tratamiento y el movimiento eficiente del agua a través de los distintos tanques. Este diseño asegura un funcionamiento continuo y eficiente del sistema de tratamiento de aguas residuales a bordo.

## **Equipamiento y Funcionamiento**

### 1. Compresor y Bomba Integrados:

- **Compresor:** Proporciona el aire necesario para el proceso de aireación en el primer tanque, garantizando una adecuada oxigenación del agua residual y la actividad óptima de los microorganismos aeróbicos.
- **Bomba:** Facilita el transporte del agua entre los tanques de aireación, decantación y desinfección, asegurando que cada etapa del tratamiento se lleve a cabo de manera eficiente y sin interrupciones.

La planta séptica es fabricada por Hamworthy Wastewater y corresponde al modelo ST2A. Este modelo cumple con los más altos estándares de calidad y seguridad requeridos para el tratamiento adecuado de las aguas residuales.

### 2. Estándares de Calidad y Seguridad:

- **Certificación:** El modelo ST2A cumple con las normativas internacionales sobre el tratamiento de aguas residuales, garantizando que el sistema opere de manera segura y eficiente.
- **Regulaciones Ambientales:** Diseñado para cumplir con las regulaciones ambientales más estrictas, contribuyendo significativamente a la protección del medio ambiente marino.

El sistema de tratamiento de aguas residuales del buque no solo asegura que las aguas tratadas estén libres de contaminantes antes de ser liberadas al mar, sino que también juega un papel crucial en el cumplimiento de las regulaciones ambientales. La

planta séptica ayuda a minimizar el impacto ambiental de las operaciones del buque, protegiendo los ecosistemas marinos y promoviendo prácticas sostenibles.

La integración de un compresor y una bomba propios en la planta séptica garantiza una operación eficiente y continua del sistema. Esto es vital para mantener la higiene y el bienestar a bordo, así como para cumplir con las normativas medioambientales. El modelo ST2A de Hamworthy Wastewater asegura que el sistema sea robusto, fiable y capaz de manejar las demandas operativas del buque.



*Ilustración 8. Planta de séptica del buque. Fuente: Elaboración propia.*

### 5.1.6. Bombas contra incendios

El sistema de bombeo y motorización contra incendios del buque está compuesto por una bomba de la marca Speckpumpend, modelo 125-100/400-8040, y un motor de la marca ABB Motors, modelo M3AA200MLC-4. Este sistema está diseñado para proporcionar un flujo constante de agua a alta presión, esencial para la lucha contra incendios a bordo.

#### Características de la Bomba

- **Marca y Modelo:** Speckpumpend 125-100/400-8040
- **Fabricante:** Speckpumpend, Hilpolstein
- **Capacidad de Caudal:** 80 metros cúbicos por hora (m<sup>3</sup>/h)
- **Altura Máxima de Elevación:** 86 metros

La bomba Speckpumpend tiene una capacidad impresionante de 80 m<sup>3</sup>/h, permitiendo un flujo constante y potente de agua que es crucial para combatir incendios de manera efectiva. La altura máxima de elevación de 86 metros asegura que el agua pueda ser suministrada a todas las áreas del buque, independientemente de su altura, proporcionando una cobertura completa en situaciones de emergencia.

#### Características del Motor

- **Marca y Modelo:** ABB Motors M3AA200MLC-4
- **Potencia:** 51 kilovatios (kW)
- **Voltaje:** 440 voltios (V)
- **Intensidad de Corriente:** 86 amperios (A)
- **Velocidad:** 1770 revoluciones por minuto (rpm)
- **Factor de Potencia:** 0.85

El motor ABB Motors, con una potencia de 51 kW y funcionando a 440 V, es el componente clave que impulsa la bomba. Con una intensidad de corriente de 86 A y una velocidad de 1770 rpm, el motor asegura que la bomba opere con un rendimiento óptimo, proporcionando la fuerza necesaria para mover grandes volúmenes de agua rápidamente.



## Eficiencia y Rendimiento

El motor tiene un factor de potencia de 0.85, lo que indica una eficiencia eléctrica notablemente alta. Esto significa que una gran parte de la energía eléctrica suministrada se convierte en energía mecánica útil, minimizando las pérdidas de energía. Esta alta eficiencia no solo mejora el rendimiento del sistema de bombeo contra incendios, sino que también reduce los costos operativos y el impacto ambiental, al requerir menos energía para realizar el mismo trabajo.

El sistema de bombeo y motorización contra incendios es vital para la seguridad del buque. Su capacidad para proporcionar un flujo constante y potente de agua a alta presión asegura que cualquier incendio pueda ser abordado rápidamente y de manera efectiva, minimizando el riesgo de daño a la embarcación y protegiendo la vida de la tripulación y los pasajeros.



*Ilustración 9. Bomba contraincendios principal del buque. Fuente: Elaboración propia.*



La distribución de hidrantes, detectores y pulsadores en el buque es la siguiente:

Tabla 3. Distribución de hidrantes, detectores y pulsadores. Fuente: Elaboración propia.

SITUACIÓN	HIDRANTES	DETECTORES	PULSADORES
Cubierta de Oficiales	2	4	2
Cubierta de Subalternos	2	4	2
Cubierta Principal	2	5	2
Cubierta de habilitación	2	4	2
Cubierta superior	14	0	0
Bodega	12	31	9
Bodeguín	6	12	6
Escalera bajada Local Técnico de Proa	0	3	0
Local Técnico de Proa	1	3	0
Cámara de Máquinas	8	11	3
Guardacalor (Chimenea)		2	0
Taller, Local de Depuradoras, Local del Servo, Túnel		7	3

Además, el sistema contraincendios está provisto de una bomba de agua contraincendios para la caldera del buque, a continuación, se mostrarán los datos técnicos de la bomba de contraincendios para la caldera del buque:

Tabla 4. Características de la bomba. Fuente: Elaboración propia.

Bomba contraincendios de la caldera.			
Bomba		Motor	
Marca	Swedenborg	Potencia	4.6kW
Modelo	SNL40 - 160		
Caudal	18m <sup>3</sup> /h		
Consumo	3.9kW		

## 5.2. Sala de máquinas

### 5.2.1. Control Room

La sala de control del buque es el centro neurálgico donde se realizan operaciones y maniobras esenciales para el funcionamiento eficiente y seguro de la sala de máquinas. A continuación, se describen algunas de las operaciones clave que se llevan a cabo en esta sala:

#### **Acoplar y Desacoplar Maquinaria**

##### Acoplar:

- **Descripción:** Conectar un equipo o sistema auxiliar a la maquinaria principal para que operen de manera conjunta.
- **Ejemplo:** Integrar un generador auxiliar al sistema eléctrico principal para aumentar la capacidad de generación de energía.

##### Desacoplar:

- **Descripción:** Separar un equipo o sistema auxiliar de la maquinaria principal, permitiendo su funcionamiento independiente o facilitando tareas de mantenimiento.
- **Ejemplo:** Desconectar una bomba auxiliar del sistema principal para realizar una inspección y mantenimiento preventivo.

#### **Arrancar y Parar la Maquinaria**

##### Arrancar:

- **Descripción:** Iniciar el funcionamiento de la maquinaria principal y auxiliar, asegurándose de que todos los parámetros estén dentro de los niveles operativos correctos.
- **Ejemplo:** Encender los motores principales y las bombas auxiliares, verificando que la presión del aceite y la temperatura del agua de enfriamiento estén en niveles óptimos.

##### Parar:

- **Descripción:** Detener la maquinaria de manera controlada para mantenimiento, inspección o en respuesta a una emergencia.

- **Ejemplo:** Apagar los motores principales de manera secuencial, asegurando que todas las válvulas y sistemas de apoyo estén correctamente cerrados y despresurizados.

### **Operación de Bombas**

#### Bombas de Refrigeración:

- **Descripción:** Operar las bombas que suministran agua de mar o agua dulce para enfriar los motores y otros sistemas críticos.
- **Ejemplo:** Activar las bombas de refrigeración antes de arrancar los motores para asegurar que la temperatura se mantenga dentro de los límites seguros.

#### Bombas de Lubricación y Prelubricación:

- **Descripción:** Manejar las bombas que suministran lubricante a los componentes móviles de la maquinaria para reducir la fricción y el desgaste.
- **Ejemplo:** Encender las bombas de prelubricación antes de arrancar los motores principales para asegurar que todas las superficies móviles estén adecuadamente lubricadas.

### **Monitoreo de Parámetros**

#### Descripción:

- **Función:** Visualizar y supervisar los parámetros operativos de los equipos, como la presión, temperatura, nivel de combustible, y velocidad, a través de monitores y sistemas de control automatizados.
- **Ejemplo:** Utilizar sistemas SCADA para monitorear en tiempo real la presión del aceite y la temperatura del motor, permitiendo ajustes inmediatos en caso de desviaciones.

### **Control de Sistemas Auxiliares**

#### Descripción:

- **Función:** Gestionar sistemas auxiliares como generadores eléctricos, compresores de aire, y sistemas de extinción de incendios, asegurando su correcto funcionamiento y disponibilidad en todo momento.

- **Ejemplo:** Encender generadores auxiliares para proporcionar energía adicional durante picos de demanda, y verificar regularmente los sistemas de extinción de incendios para asegurar que están listos para operar en caso de emergencia.

La sala de control es vital para la operación segura y eficiente del buque. Aquí, los operadores pueden supervisar y controlar todos los aspectos críticos del funcionamiento del buque, desde el arranque y parada de los motores hasta la gestión de sistemas auxiliares y el monitoreo constante de parámetros operativos. Esta centralización de controles y monitoreo permite una respuesta rápida y coordinada a cualquier situación, mejorando significativamente la seguridad y eficiencia operativa del buque.



*Ilustración 10. Control Room de la sala de máquinas del buque. Fuente: Elaboración propia*

Al acceder a la sala de máquinas, lo primero que encontramos es la sala de control, desde donde se gestionan los diferentes equipos del buque durante el día o en maniobras. Durante la navegación y fuera del horario laboral, el buque opera en modo de máquina desatendida, es decir, con las alarmas redirigidas al camarote del personal

de máquinas responsable de la guardia. Además, hay repetidores de alarmas en el puente de navegación, en el comedor de subalternos y en el comedor de oficiales.

### **Elementos Clave de la Sala de Control**

- Cuadro de Alarmas: Permite redirigir las alarmas de la sala de máquinas al camarote del personal de guardia. Esto asegura que cualquier situación de emergencia o fallo sea atendida de inmediato, incluso durante las horas de descanso.
- 2. Cuadro de Alarmas y Parámetros de los Equipos: Aquí se monitorean las alarmas y los parámetros de los diferentes equipos de la sala de máquinas. Esto incluye temperaturas, presiones y niveles, asegurando que todos los sistemas operen dentro de los rangos establecidos.
- 3. Parámetros de las Gambuzas e Indicador de Pitch: Monitorea los parámetros de las cámaras de refrigeración y congelación, asegurando que los alimentos se mantengan a temperaturas adecuadas. También incluye el indicador de porcentaje de pitch del sistema de paso variable, esencial para el control de la propulsión.
- 4. Cuadro de Alarmas del Motor Principal y Control de Propulsión: Incluye las alarmas y parámetros del motor principal, permitiendo la gestión directa de la propulsión del buque desde la sala de control. Esto asegura una operación eficiente y segura del motor durante las maniobras y la navegación.
- 5. Parámetros y Control de los Sistemas del Motor Principal: Monitorea los parámetros de los sistemas asociados al motor principal, incluyendo las bombas de agua salada, la bomba de CPP, la bomba de aceite de prelubricación y la bomba de aceite de lubricación. Los pulsadores para controlar estas bombas también se encuentran en este cuadro, permitiendo una gestión integral de todos los sistemas auxiliares del motor.



Ilustración 11. Las 3 imágenes componen el cuadro de sistemas del motor principal del buque en el Control Room. Fuente: Elaboración propia.

En sexto lugar se encuentra el indicador de Setpoint del módulo de combustible y pulsadores de bombas de sistemas que detallaremos más adelante. En séptimo lugar el sistema de alarmas contra incendios del buque.

## 5.2.2. Cuadro de alarmas y parámetros de la sala de máquinas

Este cuadro se encuentra inmediatamente a la izquierda al entrar en la sala de control. En él se pueden observar todos los parámetros y alarmas de los diferentes equipos de la sala de máquinas del buque. Además, permite visualizar todas las alarmas y el registro histórico de alarmas. Este equipo proporciona una gran cantidad de datos sobre los sistemas, facilitando así la supervisión y gestión eficiente de los mismos.

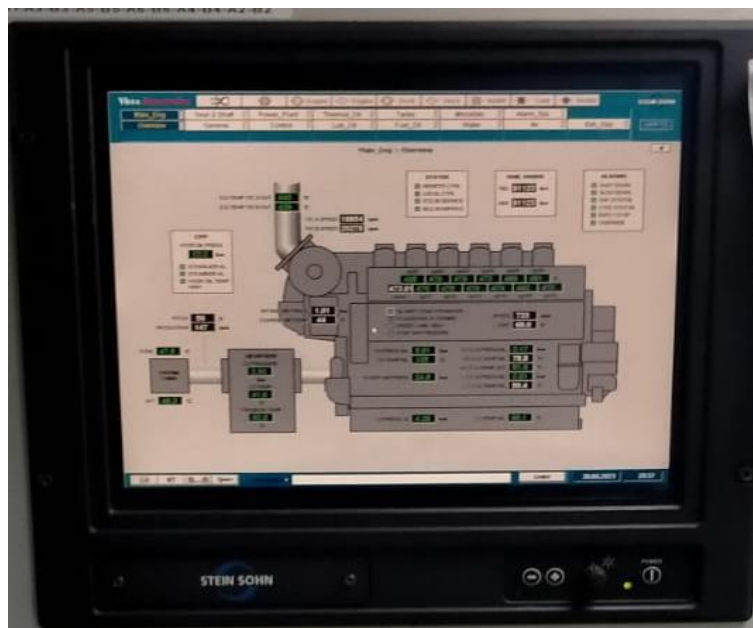


Ilustración 12. Pantalla de monitoreo de parámetros de los diferentes sistemas del buque. Fuente: Elaboración propia.

### 5.2.3. Cuadros de los generadores auxiliares

Estos cuadros de control, ubicados estratégicamente en la sala de control del buque, están equipados con una serie de instrumentos de medición y dispositivos de control que son esenciales para la operación segura y eficiente del sistema eléctrico del buque. Entre los instrumentos se encuentran:

- **Voltímetro:** Mide el voltaje del sistema eléctrico.
- **Potenciómetro:** Permite ajustar la resistencia y, por ende, el voltaje en el circuito.
- **Frecuencímetro:** Monitorea la frecuencia de la corriente eléctrica.
- **Sincronoscopio:** Ayuda a sincronizar los generadores con el sistema eléctrico del buque.
- **Selector de Fases:** Facilita la distribución eléctrica entre diferentes fases.
- **Selector de Revoluciones:** Permite el ajuste manual de las revoluciones del motor para acople manual.

#### Controlador PPU (Power Management) o PPM (Power Plant Management)

Estos cuadros también están integrados con un avanzado sistema de control PPU o PPM, que es fundamental para la gestión de la generación de energía eléctrica a bordo del buque. Este sistema optimiza el uso de los generadores auxiliares, asegurando que la demanda eléctrica se satisfaga de manera eficiente y segura.

#### Funciones del Sistema de Control PPU

##### 1. Control de Carga:

- **Monitoreo Continuo:** El sistema PPU monitorea de forma continua la demanda de energía eléctrica a bordo. Esto permite una respuesta rápida y eficiente a los cambios en la demanda.
- **Ajuste de Generadores:** En función de la demanda detectada, el PPU ajusta la cantidad de generadores en funcionamiento.
  - **Demanda Baja:** Si la demanda es baja, el sistema puede apagar generadores innecesarios, ahorrando combustible y reduciendo el desgaste del equipo.

- **Demanda Alta:** Si la demanda aumenta, el sistema puede encender más generadores y ajustar la carga de los generadores en funcionamiento para mantener un suministro eléctrico adecuado.

## 2. Priorización de Carga:

- **Asignación de Recursos:** El sistema puede priorizar el suministro de energía a equipos y sistemas críticos, como los de navegación y seguridad, asegurando que estos siempre tengan suficiente energía, incluso en situaciones de alta demanda.
- **Gestión de Emergencias:** En caso de una emergencia, el sistema PPU puede redistribuir rápidamente la energía disponible para mantener operativos los sistemas más vitales del buque.

## **Beneficios del Sistema PPU/PPM**

El uso del sistema PPU/PPM proporciona múltiples beneficios para la operación del buque:

- **Eficiencia Energética:** Optimiza el consumo de combustible al ajustar dinámicamente la operación de los generadores según la demanda eléctrica.
- **Fiabilidad Operativa:** Asegura que los sistemas críticos del buque siempre tengan suficiente energía, mejorando la seguridad general.
- **Reducción de Costos:** Al reducir el consumo de combustible y el desgaste de los equipos, se disminuyen los costos operativos.
- **Sostenibilidad:** Contribuye a una operación más sostenible al minimizar el consumo de recursos y las emisiones.

La integración de estos cuadros de control, con sus sofisticados instrumentos de medición y el avanzado sistema de gestión de energía PPU/PPM, garantiza una supervisión y gestión eficiente del sistema eléctrico del buque. Esto no solo optimiza el rendimiento y la seguridad operativa, sino que también contribuye a la sostenibilidad y la reducción de costos. La capacidad de ajustar dinámicamente la operación de los generadores y priorizar el suministro de energía a sistemas críticos asegura que el buque pueda enfrentar cualquier situación con la máxima eficiencia y fiabilidad.





Ilustración 13. Cuadro de acople con sistema de control de generador auxiliar Nº2. Fuente: Elaboración propia.

- **Sincronización y Distribución:** En caso de que haya múltiples generadores auxiliares a bordo, el sistema PPU (Power Plant Management) puede sincronizar y coordinar su funcionamiento para garantizar una distribución equitativa de la carga eléctrica entre ellos. Esto previene la sobrecarga de algunos generadores y asegura una operación eficiente y balanceada de todo el sistema.
- **Optimización de Combustible:** El PPU también optimiza el consumo de combustible mediante el control inteligente de los generadores. Por ejemplo, puede apagar generadores innecesarios en ciertos momentos o ajustar la carga de los generadores para que operen en su nivel óptimo de eficiencia. Esta gestión inteligente contribuye significativamente a la reducción del consumo de combustible y a la mejora de la eficiencia operativa del buque.



Ilustración 14. Sistema de control de la planta eléctrica del buque. Fuente: Elaboración propia.

#### 5.2.4. Cuadro del generador de cola

El cuadro de control descrito es crucial para la integración eficiente del generador de cola en el sistema eléctrico del buque. Su función principal es facilitar el acoplamiento del generador de cola al sistema de distribución eléctrica del buque de manera segura y efectiva. A continuación, se detallan los pasos y aspectos técnicos involucrados en este proceso:

##### 1. Arranque del Motor Principal

- **Inicio del Motor:** El motor principal se pone en marcha, alcanzando inicialmente una velocidad de 450 revoluciones por minuto (rpm). Durante esta fase, el motor comienza a estabilizar su funcionamiento y alcanzar las condiciones operativas necesarias para sincronizarse con otros generadores.
- **Aumento de Revoluciones:** A medida que el motor principal sigue operando, su velocidad se incrementa gradualmente hasta alcanzar 650 rpm. Este aumento es necesario para que el sistema alcance una frecuencia estable que permita la integración del generador de cola.

## 2. Sincronización de Frecuencia

- **Relación de Revoluciones:** La velocidad de 650 rpm es crucial porque asegura que la relación de revoluciones entre el motor principal y el generador de cola sea la adecuada. Esta sincronización es fundamental para lograr la frecuencia requerida para una conexión segura al sistema eléctrico del buque.
- **Frecuencia Estable:** La frecuencia de la corriente generada debe coincidir con la del sistema eléctrico del buque para evitar problemas de sobrecarga o daños en los equipos. La sincronización asegura que el generador de cola opere a la misma frecuencia y voltaje que el sistema existente.

## 3. Acoplamiento del Generador de Cola

- **Proceso de Acoplamiento:** Una vez que se ha alcanzado la velocidad adecuada y la frecuencia es estable, se procede al acoplamiento del generador de cola. El cuadro de control gestiona este proceso, asegurando que el generador se conecte al embarrado del sistema eléctrico del buque de manera segura.
- **Integración en el Sistema:** El generador de cola se integra al bus de distribución eléctrica, contribuyendo a la generación de energía para el buque. El cuadro de control monitorea continuamente el rendimiento y la estabilidad del generador durante su operación.

## 4. Control y Monitoreo

- **Supervisión Continua:** Durante el acoplamiento y el funcionamiento del generador de cola, el cuadro de control supervisa todos los parámetros operativos, como la velocidad, la frecuencia y el voltaje. Esto asegura que el generador opere de manera óptima y dentro de los límites seguros establecidos.
- **Ajustes Dinámicos:** Si es necesario, el sistema de control realiza ajustes dinámicos para mantener la estabilidad del generador y del sistema eléctrico en general. Esto incluye ajustar la velocidad del generador para

coincidir con las demandas de carga y mantener una distribución equilibrada de la energía.

### Beneficios del Sistema de Control y Acoplamiento

- **Estabilidad Operativa:** Asegura una transición suave y segura del generador de cola al sistema eléctrico del buque, evitando sobrecargas y fallos eléctricos.
- **Eficiencia Energética:** Optimiza el uso del generador de cola al integrarlo de manera eficaz con el sistema eléctrico, contribuyendo a un suministro de energía estable y eficiente.
- **Seguridad del Sistema:** Previene posibles daños a los equipos eléctricos al garantizar que la frecuencia y el voltaje sean compatibles con los del sistema existente.

El cuadro de control y acoplamiento del generador de cola es una pieza clave en la operación eficiente del sistema eléctrico del buque. Facilita la integración segura del generador al sistema eléctrico al gestionar la sincronización de revoluciones y la frecuencia, asegurando así una operación estable y confiable. La supervisión continua y el ajuste dinámico proporcionan una operación óptima, contribuyendo a la estabilidad energética y la seguridad del buque.

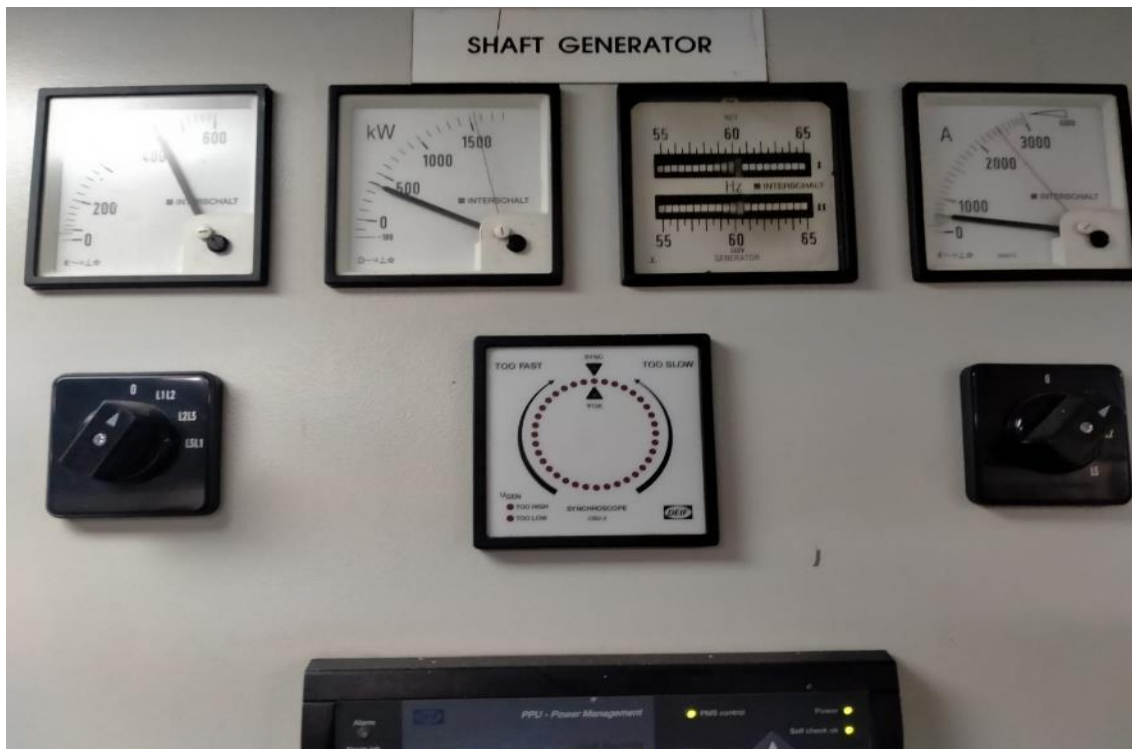


Ilustración 15. Cuadro de acople con sistema de control del generador de cola. Fuente: Elaboración propia.

### 5.2.5. Cuadros de distribución eléctrica y sistema eléctrico del buque.

El sistema eléctrico del buque Canarias Express es fundamental para mantener su operatividad tanto durante la navegación como en el puerto. La electricidad necesaria se genera de dos maneras principales: durante la navegación, mediante el generador de cola accionado por el motor principal, y en puerto o durante maniobras, mediante generadores auxiliares accionados por motores auxiliares.

#### Generación de Electricidad durante la Navegación

- **Generador de Cola:** Este generador se utiliza durante la navegación para ahorrar energía y reducir costos. Aunque el consumo del motor principal aumenta al acoplar el generador de cola, se elimina la necesidad de mantener en operación los generadores auxiliares, lo que ahorra el diesel oil necesario para su funcionamiento.
- **Demanda Eléctrica:** El consumo habitual de electricidad durante la navegación es de aproximadamente 300 kW, pudiendo llegar hasta 400 kW en función de la demanda de los refrigeradores.

#### Generación de Electricidad en Puerto o durante Maniobras

- **Generadores Auxiliares:** En puerto o durante maniobras, la electricidad se genera mediante generadores auxiliares accionados por motores auxiliares. Esto asegura que el buque tenga un suministro constante de electricidad cuando el motor principal no está en funcionamiento.

#### Funcionamiento del Generador de Cola

- **Ahorro de Energía:** El uso del generador de cola durante la navegación permite un ahorro significativo de energía y combustible.
- **Acoplamiento y Desacoplamiento:** Si se necesita priorizar la potencia del motor principal para la hélice, el generador de cola se desacopla y se arrancan los motores auxiliares.
- **Caja Multiplicadora:** El generador de cola está acoplado al motor principal mediante una caja multiplicadora que transforma las 750 rpm del motor en las 1814 rpm necesarias para el alternador.

- **Acoplamiento Elástico:** La conexión entre el alternador y la caja multiplicadora se realiza a través de un acoplamiento elástico tipo Vulkan, que absorbe las vibraciones y protege los componentes del sistema.

El sistema eléctrico del buque Canarias Express está diseñado para maximizar la eficiencia energética y minimizar los costos operativos. La capacidad de generar electricidad tanto durante la navegación como en puerto asegura que el buque pueda operar de manera continua y segura. El uso del generador de cola, en particular, destaca por su eficiencia y ahorro de combustible, contribuyendo significativamente a la sostenibilidad y operatividad económica del buque.



*Ilustración 16. Acople del generador de cola con la reductora del motor principal. Fuente: Elaboración propia.*

El grupo electrógeno auxiliar está ubicado al mismo nivel y a popa de la sala de control. La sala de generadores auxiliares está compuesta por tres motores auxiliares, cada uno acoplado a un alternador. Estos motores son de la marca MAN, modelo D2842LE301.



### *Características de los Motores Auxiliares*

- **Marca y Modelo:** MAN D2842LE301
- **Tipo de Motor:** Motores diésel de 4 tiempos y 12 cilindros en V
- **Arranque:** Utilizan aire comprimido a una presión mínima de 28 kg/cm<sup>2</sup> para el arranque.
- **Sistema de Lubricación:** Emplean un sistema de lubricación de cárter húmedo. Una bomba aspira el aceite del cárter y lo recircula a través de un enfriador antes de enviarlo a las partes internas del motor para su lubricación y refrigeración.
- **Prelubricación:** Cada motor dispone de una bomba de prelubricación que hace circular el aceite cuando el motor no está funcionando a régimen de trabajo, asegurando la protección y longevidad del motor.

### **Sistema de Refrigeración**

- **Circuito Cerrado de Agua Dulce:** Cada motor cuenta con un circuito cerrado de agua dulce para su refrigeración.
- **Enfriador Tubular:** El agua dulce se enfría mediante un enfriador tubular, que está conectado al circuito de refrigeración de agua LT del buque. Este sistema garantiza una temperatura óptima de funcionamiento, evitando el sobrecalentamiento y asegurando la eficiencia del motor.

La ubicación estratégica del grupo electrógeno auxiliar, junto con la robustez y eficiencia de los motores MAN, asegura un suministro continuo y confiable de energía eléctrica. Este sistema es fundamental tanto para las operaciones en puerto como durante las maniobras, complementando el sistema eléctrico del buque cuando el motor principal no está en funcionamiento.

La sala de generadores auxiliares del buque, equipada con los motores MAN D2842LE301, está diseñada para proporcionar un rendimiento óptimo y confiable. El sistema de arranque por aire comprimido, junto con el avanzado sistema de lubricación y refrigeración, asegura la longevidad y eficiencia de los motores, contribuyendo significativamente a la operatividad y seguridad del buque.



*Ilustración 17. Sala de generadores auxiliares. Fuente: Elaboración propia.*

### **Cuadro de Control Local de los Motores Auxiliares**

Los motores auxiliares están equipados con un cuadro de control local que incluye indicadores de presión y temperatura de aceite, temperatura del agua de refrigeración y varias alarmas para detectar niveles inadecuados. Entre las alarmas se encuentran:

- **Baja presión de aceite**
- **Baja presión de agua de refrigeración**
- **Alta temperatura del agua de refrigeración**
- **Baja presión de combustible**
- **Alta presión diferencial del filtro de aceite**
- **Baja presión de aire de arranque**
- **Parada automática del motor**
- **Fallo de tensión en el equipo de seguridad del motor**
- **Fallo en el stand-by y pre-engrase automático**



Estas alarmas garantizan una monitorización continua y la detección temprana de cualquier problema, permitiendo una intervención rápida para mantener la seguridad y operatividad del buque.

### **Generador de Emergencia**

En caso de una falla total del sistema eléctrico, conocida como caída de planta, el buque cuenta con un generador de emergencia ubicado en la cubierta principal. Este generador asegura que, incluso en situaciones críticas como la inundación de la sala de generadores auxiliares, haya un suministro de electricidad disponible para el buque. Este sistema proporciona una capa adicional de seguridad, permitiendo que el buque mantenga funciones esenciales y responda adecuadamente a emergencias.

El generador de emergencia es una parte muy importante del sistema de seguridad del buque, ya que garantiza el suministro eléctrico en condiciones extremas. Este respaldo es esencial para la seguridad de la tripulación y la protección del buque, asegurando que los sistemas críticos permanezcan operativos incluso en las situaciones más adversas.

El cuadro de control local de los motores auxiliares, con sus indicadores y alarmas, junto con el generador de emergencia ubicado en la cubierta principal, forman un sistema integral de monitoreo y respaldo. Este sistema asegura una operación continua y segura del buque, proporcionando confianza y seguridad en todas las condiciones operativas.



*Ilustración 18. Sala del generador de emergencias. Fuente: Elaboración propia.*



*Ilustración 19. Cuadros eléctricos de la sala del generador de emergencias. Fuente: Elaboración propia.*

Este espacio es uno de los más vitales del buque, ya que su funcionamiento es esencial en situaciones de emergencia. En caso de una caída del sistema principal, el generador de emergencia es el encargado de proporcionar la electricidad necesaria. Su función es mantener operativos los consumidores mínimos indispensables hasta que se resuelva el problema.

Es fundamental entender que el generador de emergencia no suministra energía a todos los equipos y luces del barco, sino solo a aquellos conectados al cuadro de emergencia, que son esenciales para continuar controlando el buque. Este generador se enciende automáticamente y está compuesto por un motor acoplado a un alternador.

### **Importancia del Generador de Emergencia**

El generador de emergencia asegura que, en caso de fallo del sistema eléctrico principal, los sistemas críticos del buque sigan funcionando. Esto incluye equipos de navegación, comunicaciones y sistemas de seguridad, garantizando así que el buque pueda seguir operando de manera segura hasta que se restablezca el sistema principal.

### **Funcionamiento Automático**

El generador de emergencia está diseñado para arrancar automáticamente cuando se detecta una caída del sistema principal. Esta capacidad de respuesta

inmediata es crucial para minimizar el tiempo de inactividad y mantener la operatividad del buque en condiciones adversas.

El generador de emergencia está compuesto por un motor y un alternador acoplados. Este diseño asegura que la generación de electricidad sea rápida y eficiente, proporcionando energía confiable a los sistemas esenciales del buque.

El generador de emergencia es una pieza fundamental del sistema de seguridad del buque. Su capacidad para proporcionar energía a los sistemas esenciales durante una caída del sistema principal asegura que el buque pueda seguir operando de manera segura y controlada, incluso en situaciones de emergencia. Este generador, con su arranque automático y diseño robusto, es vital para la resiliencia y seguridad operativa del buque.

A continuación, encontramos los datos técnicos del generador de emergencias:

Alternador del generador de emergencia			
<b>Fabricante:</b>	STAMFORDAC GENERATORS	<b>Modelo:</b>	UC-M274G2
<b>Voltaje:</b>	450 V	<b>Intensidad:</b>	192.5 A
<b>Potencia:</b>	150 kVA	<b>Frecuencia</b>	60 Hz

Motor del generador de emergencia			
<b>Fabricante:</b>	SISUDIESEL	<b>Relación compresión:</b>	16.5:1
<b>Modelo:</b>	634DSBG	<b>Presión sobre alimentación:</b>	1.9bar
<b>RPM:</b>	1800rpm	<b>Temperatura gases de escape:</b>	345 °C
<b>Potencia:</b>	140 kW	<b>Capacidad de aceite en el cárter:</b>	24 L
<b>Nº cilindros:</b>	6 L	<b>Presión aceite:</b>	4-6 bar
<b>Ciclo:</b>	4 tiempos	<b>Temperatura aceite a la salida</b>	75-85 °C
<b>Diámetro Cilindro:</b>	108 mm	<b>Consumo aceite:</b>	450 g/h
<b>Carrera pistón:</b>	120 mm	<b>Presión agua:</b>	1.2 bar
<b>Cilindrada Total:</b>	6.6 L	<b>Temperatura agua a la salida:</b>	75-80 °C

La distribución eléctrica del buque se gestiona a través de varios cuadros eléctricos conectados a tres barras distribuidoras situadas por encima de estos cuadros. El cuadro eléctrico principal, ubicado en la sala de control de máquinas, incluye varios subsistemas esenciales:

- **Cuadros de Servicios de 440V y 220V:** Gestionan la distribución de energía a los sistemas y equipos que operan a estos voltajes.
- **Cuadro de 24V:** Suministra energía a los equipos que requieren este nivel de voltaje.
- **Cuadro para la Alimentación de Hélices Transversales:** Controla y suministra energía a las hélices transversales de proa y popa.
- **Cuadro para el Acople y Control del Alternador de Cola:** Maneja el acoplamiento y la operación del alternador de cola, optimizando el uso de la energía generada durante la navegación.
- **Cuadros para Reefers y Consumo de Bodega:** Proveen energía a los contenedores refrigerados (reefers) y a las áreas de almacenamiento del buque.
- **Cuadro para la Conexión a Tierra del Buque:** Facilita la conexión eléctrica segura del buque a tierra cuando está atracado.

El cuadro eléctrico de emergencia, situado en el compartimento del generador de emergencia, incluye:

- **Cuadro para la Maniobra y Control del Generador de Emergencia:** Permite la gestión y supervisión del generador de emergencia, asegurando su correcto funcionamiento en situaciones críticas.
- **Cuadro para Servicios Esenciales:** Suministra energía a los sistemas y equipos críticos necesarios para mantener la operatividad y seguridad del buque durante una emergencia.

La distribución eléctrica del buque, a través de sus diversos cuadros eléctricos y barras distribuidoras, asegura un suministro eficiente y seguro de energía a todos los sistemas y equipos a bordo. Esta organización estructurada y bien gestionada permite una operación confiable del buque tanto en navegación como en puerto, garantizando que los sistemas críticos y esenciales siempre tengan el suministro eléctrico necesario.



*Ilustración 20. Cuadro eléctrico de consumos esenciales Nº 2 en el Control Room. Fuente: Elaboración propia.*



Ilustración 21. Cuadro eléctrico de alimentación de las hélices transversales de proa y popa en el Control Room. Fuente: Elaboración propia.

Existen tres transformadores a bordo para adecuar la tensión generada por los alternadores a la necesaria para los distintos servicios del buque:

- **Transformadores Principales:**

- Capacidad: 70 kVA
- Fases: 3
- Voltaje: 440/230 V
- Intensidad: 91.9/175.7 A
- Impedancia: 3.22%

Este transformador está conectado al cuadro eléctrico principal. Uno de los transformadores está en operación mientras que el otro permanece en reposo como respaldo, garantizando un suministro continuo y fiable de energía.

- **Transformador de Emergencia:**

- Capacidad: 40 kVA
- Fases: 3
- Voltaje: 440/230 V
- Intensidad: 52.5/160.4 A
- Impedancia: 3.08%
- Frecuencia: 60 Hz



*Ilustración 22. Transformador del generador de emergencias ubicado en la sala del generador de emergencias. Fuente: Elaboración propia.*

Este transformador está conectado al generador de emergencia, asegurando que la tensión adecuada se suministre a los servicios esenciales durante situaciones de emergencia.



## 5.2.6. Cuadro de sondas y trasiegos de combustible

Desde este cuadro se pueden realizar diversas operaciones relacionadas con el manejo del combustible, tales como la monitorización con sondas digitales, el bunkering, las operaciones de trasiego y la distribución de los consumos de combustible. El cuadro cuenta con una pantalla de sondas y un esquema con niveles y pulsadores para controlar las diferentes válvulas de entrada y descarga de los tanques del sistema de combustible.

### Características del Cuadro de Control

#### Monitorización y Control

- **Pantalla de Sondas Digitales:** Permite la monitorización precisa de los niveles de combustible en los tanques.
- **Esquema del Sistema de Combustible:** Muestra de manera visual los niveles de combustible y proporciona botones para controlar las válvulas de entrada y salida de los tanques.

#### Operaciones Realizables

- **Bunkering:** La carga de combustible a bordo puede ser gestionada y supervisada desde este cuadro, asegurando una operación segura y eficiente.
- **Trasiego de Combustible:** Las operaciones de trasiego, que implican mover combustible entre diferentes tanques, se realizan de manera eficiente gracias al control neumático de las válvulas.
- **Distribución de Consumos:** Permite la distribución del combustible a los sistemas que lo necesitan, optimizando el uso y la gestión del recurso.

#### Descripción de los Tanques

En el esquema del cuadro se pueden observar los siguientes tanques del sistema de combustible del buque:

- **Tanques de Almacén de Fuel Oil:** 2 tanques dedicados a almacenar fuel oil.
- **Tanques de Almacén de Gasoil:** 2 tanques dedicados a almacenar gasoil.



- **Tanques de Sedimentación de Fuel Oil:** 2 tanques destinados a la sedimentación del fuel oil, mejorando su calidad antes de su uso.
- **Tanques de Diario de Fuel Oil:** 2 tanques de uso diario que aseguran un suministro constante de fuel oil.
- **Tanques de Diario de Gasoil:** 2 tanques de uso diario que aseguran un suministro constante de gasoil.

Es importante destacar que en este esquema no se muestran las depuradoras, ya que forman parte de otro sistema.

### **Ventajas del Sistema de Control Neumático**

El sistema de control neumático de las válvulas permite una operación más eficiente desde la sala de control de máquinas. Esto facilita la apertura y cierre de las válvulas para el trasiego de combustible, reduciendo el tiempo y esfuerzo necesarios para estas operaciones y mejorando la seguridad y precisión en el manejo del combustible.

Por tanto, el cuadro de control de combustible del buque es una herramienta esencial para la gestión eficiente y segura del combustible a bordo. Con sus capacidades de monitorización digital, control neumático y visualización clara del sistema de tanques, permite a la tripulación realizar operaciones críticas de manera precisa y eficiente, garantizando un manejo óptimo del combustible en todas las condiciones operativas.



*Ilustración 23. Actuador neumático empleado en las válvulas del buque. Fuente: Elaboración propia.*

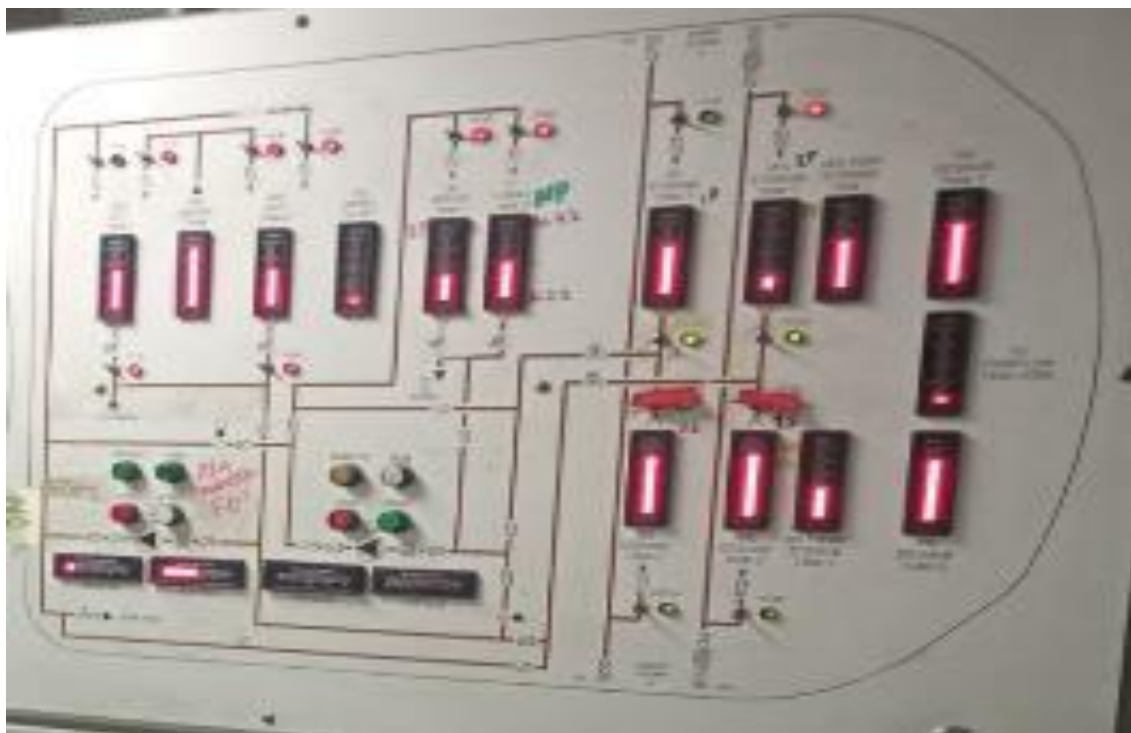


Ilustración 24. Cuadro de control de operaciones de trasiego de combustible, cuadro de sondas de combustible. Fuente: Elaboración propia.



Ilustración 25. Cuadro de sondas de combustible. Fuente: Elaboración propia.

## 5.2.7. Cuadros de alarmas Contraincendios

El cuadro de alarmas centralizado a bordo del buque Canarias Express es un componente vital de su sistema de seguridad contra incendios. Este sistema permite la detección y localización rápida y eficaz de incendios o conatos de incendio, proporcionando una respuesta inmediata y precisa.

### Funcionamiento del Sistema de Alarmas

Cuando un detector de humo o calor se activa, su señal se refleja inmediatamente en el cuadro de alarmas. Esto facilita la identificación precisa del área afectada dentro del buque. Los detectores instalados en el Canarias Express están numerados y asignados a zonas específicas del barco. Así, cuando uno de estos detectores se activa, el cuadro de alarmas no solo indica cuál ha sido activado, sino también la ubicación exacta en el buque.

### Características del Sistema de Alarmas

- **Detección Rápida:** La señal de los detectores se transmite de inmediato al cuadro de alarmas centralizado, asegurando una rápida identificación de cualquier incendio o conato de incendio.
- **Localización Precisa:** Cada detector está numerado y asignado a una zona específica del barco. Esto permite que el cuadro de alarmas indique con precisión no solo qué detector se ha activado, sino también su ubicación exacta.

### Ventajas del Sistema de Localización

La precisión en la localización de los detectores es esencial para una respuesta rápida y efectiva ante emergencias. Al saber exactamente dónde se ha activado un detector, la tripulación puede dirigirse directamente al área afectada y tomar las medidas necesarias para controlar la situación.

- **Respuesta Inmediata:** La capacidad de identificar rápidamente el área afectada permite una intervención inmediata, minimizando el riesgo de propagación del incendio.
- **Eficiencia en la Gestión de Emergencias:** La localización exacta facilita la coordinación y movilización de recursos, asegurando que las acciones correctivas se implementen de manera oportuna y efectiva.

## Importancia para la Seguridad del Buque

El cuadro de alarmas centralizado es fundamental para la seguridad del buque. Al proporcionar información precisa y en tiempo real sobre la ubicación de un incendio, permite a la tripulación actuar rápidamente, protegiendo tanto a las personas a bordo como a la estructura del buque.



Ilustración 26. Monitor repetidor de alarmas del sistema contraincendios del buque. Fuente: Elaboración propia.

ZONE	LOOP	DESCRIPCIÓN	D	P
1	A001	PUENTE - BRIDGE DECK	2	3
2	A002	CTA OFICIALES - B DECK	4	2
3	A003	CTA MARINERIA - A DECK	4	2
4	A004	COCINA - COMEDORES - PINTURAS - GENER. EMERG	5	2
5	A005	PASILLO PASS WAY Y PASAJEROS	12	6
	A006	1ª FILA REM - TWEENDECK / SECCION 1	6	
	A007	2ª Y 3ª FILA REM - TWEENDECK / SECCION 2	5	
	A008	4ª FILA DE REM - TWEENDECK / SECCION 3	6	
	A009	5ª Y 6ª FILA DE REM - TWEENDECK / SECCION 4	6	
	A010	6ª Y 7ª FILA DE REM - TWEENDECK / SECCION 5	4	
	A011	8ª FILA DE REM - TWEENDECK / SECCION 6	4	
	A012	4ª FILA DE REM - BODEGUIN POPA	4	
	A013	3ª FILA DE REM - BODEGUIN CENTRO	4	
	A014	1ª Y 2ª FILA DE REM - BODEGUIN PROA	4	
4	A015	ESCALERAS PROA HABILITACION	3	
4	A016	TECHNICAL ROOM DE PROA	2	
5	A017	PULSADORES CI TWEENDECK		9
5	A018	PULSADORES CI BODEGUIN		6
5	A024	TIMER TWEENDECK	1	
9	A025	TIMER BODEGUIN	1	
8	B001	TALLER - E.C.R. - MMPP - MAA	7	3
9	B002	SALA BOMBAS. CTA BAJA MOTOR PRINCIPAL	4	
5	B003	GUARDACALORES MM PP. - MM AA	2	
8	B004	LOCAL SERVO - DEPURADORAS - TUNEL	7	3

Ilustración 27. Cuadro de distribución de zonas para el sistema contraincendios. Fuente: Elaboración propia.

Para asegurar la fiabilidad del sistema de seguridad contra incendios, los detectores del buque Canarias Express se revisan semanalmente. Estas revisiones regulares son esenciales para mantener la integridad del sistema, asegurando que todos los detectores funcionen correctamente y que no haya puntos ciegos en la detección de incendios.

### **Revisiones Semanales**

- **Frecuencia:** Los detectores se revisan semanalmente para garantizar su operatividad.
- **Objetivo:** Estas revisiones se realizan para detectar y corregir cualquier posible malfuncionamiento, asegurando que cada detector pueda identificar con precisión cualquier indicio de incendio.
- **Procedimiento:** Durante estas revisiones, se prueba cada detector para verificar su sensibilidad y capacidad de respuesta. Además, se inspeccionan los componentes eléctricos y mecánicos para asegurarse de que no haya fallos.

### **Inspecciones Periódicas Externas**

Además de las revisiones internas, una empresa externa realiza inspecciones periódicas del cuadro de alarmas y de todo el sistema asociado a bordo del Canarias Express. Estas inspecciones externas son fundamentales para verificar que el sistema cumpla con las normativas vigentes y las especificaciones técnicas requeridas.

- **Normativas y Especificaciones:** Las inspecciones externas aseguran que el sistema de alarmas cumple con todas las regulaciones de seguridad y estándares técnicos internacionales.
- **Verificación Independiente:** La empresa externa proporciona una evaluación imparcial del estado del sistema, identificando áreas de mejora y asegurando la conformidad con las mejores prácticas de la industria.
- **Documentación y Reportes:** Después de cada inspección, se emiten informes detallados que documentan los hallazgos y recomendaciones. Estos informes son esenciales para el mantenimiento continuo y la mejora del sistema de seguridad contra incendios.

Las revisiones semanales y las inspecciones periódicas externas son de gran importancia para mantener la fiabilidad y eficacia del sistema de alarmas del buque Canarias Express. Al asegurar que todos los componentes del sistema están en perfecto estado de funcionamiento, se minimizan los riesgos de fallos en la detección de incendios y se maximiza la seguridad a bordo.

- **Prevención de Incidentes:** La detección temprana de posibles fallos permite realizar las reparaciones necesarias antes de que se conviertan en problemas graves.
- **Cumplimiento Normativo:** Asegurar que el sistema cumpla con todas las normativas pertinentes es vital para la operación segura y legal del buque.
- **Protección de la Tripulación y el Buque:** Un sistema de alarmas fiable protege tanto a la tripulación como a la infraestructura del buque, garantizando una respuesta rápida y eficaz en caso de incendio.

### 5.2.8. Cuadro de control de alarmas de sala de máquinas desatendida.

La interfaz de control Automation Stein Sohn XAS está diseñada para automatizar y supervisar las operaciones de maquinaria desatendida, eliminando la necesidad de intervención humana constante. Este sistema se integra con la maquinaria y utiliza tecnología avanzada para gestionar sus funciones de manera eficiente y precisa.



Ilustración 28. Cuadro del control de alarmas de la sala de máquinas. Fuente: Elaboración propia.

## Características de la Interfaz Automation Stein Sohn XAS

### 1. Control Remoto:

- **Funcionalidad:** Permite monitorear y controlar la máquina desde una ubicación remota a través de una interfaz intuitiva y fácil de usar.
- **Ventajas:** Brinda flexibilidad y conveniencia al operador, permitiendo la supervisión y ajuste del sistema desde cualquier lugar, lo que mejora la eficiencia operativa y la capacidad de respuesta.

### 2. Automatización de Procesos:

- **Funcionalidad:** Programable para ejecutar automáticamente una serie de procesos predefinidos.
- **Ventajas:** Minimiza la necesidad de intervención manual, asegurando una operación continua y eficiente de la máquina, y reduciendo el riesgo de errores humanos.

### 3. Diagnóstico de Fallas:

- **Funcionalidad:** Equipado con capacidades avanzadas de diagnóstico que detectan y notifican cualquier problema o mal funcionamiento de la máquina de manera rápida y precisa.
- **Ventajas:** Ayuda a reducir el tiempo de inactividad al facilitar la resolución rápida de problemas, manteniendo así la eficiencia y productividad de la maquinaria.

### 4. Optimización de Recursos:

- **Funcionalidad:** Optimiza el uso de recursos como energía, materiales y tiempo.
- **Ventajas:** Mejora la eficiencia operativa y reduce los costos de producción, contribuyendo a una gestión más sostenible y rentable de los recursos disponibles.



## 5.2.9. Cuadro de sentinas

Este cuadro permite monitorear el estado de los pocetes del buque, indicando si hay una cantidad considerable de agua en ellos. El buque cuenta con numerosos pocetes distribuidos a lo largo de la bodega, el bodeguín y la sala de máquinas. Estos pocetes están equipados con boyas temporizadas a un minuto, que activan una alarma cuando detectan agua. Estas alarmas se deben comprobar semanalmente activándolas y poniendo en marcha las bombas de achique para verificar su estado y correcto funcionamiento.

### Funcionalidad del Cuadro de Estado

#### Detección de Agua:

- **Monitoreo Continuo:** El cuadro permite conocer de manera continua el estado de los pocetes, asegurando que cualquier acumulación de agua sea detectada de inmediato.
- **Activación de Alarmas:** Las boyas temporizadas a un minuto activan una alarma si se detecta una cantidad considerable de agua, alertando al personal para que tome las medidas necesarias.

#### Comprobación Semanal:

- **Pruebas de Alarma:** Las alarmas se comprueban semanalmente para asegurar su funcionamiento. Esto incluye la activación manual de las boyas y la verificación del correcto funcionamiento de las bombas de achique.
- **Mantenimiento de Bombas:** Las bombas de achique se ponen en marcha durante las pruebas para verificar su estado y operatividad, garantizando que estén listas para funcionar en caso de emergencia.

### Importancia del Sistema de Monitoreo

#### Conocimiento y Seguridad:

- **Estado del Buque:** Permite tener un conocimiento constante del estado del buque, especialmente en términos de la acumulación de agua en los pocetes.



- **Facilitación de Maniobras:** En caso de una vía de agua o una fuga significativa, el sistema facilita la maniobra y la gestión de la situación, permitiendo una respuesta rápida y eficiente.

Prevención de Riesgos:

- **Detección Temprana:** La detección temprana de acumulaciones de agua ayuda a prevenir riesgos mayores, permitiendo al personal abordar los problemas antes de que se conviertan en situaciones críticas.
- **Operatividad Continuada:** El mantenimiento regular y las pruebas semanales aseguran que el sistema de monitoreo esté siempre en perfecto estado, contribuyendo a la operatividad segura del buque.

Por todo ello, el cuadro de estado de los pocetes del buque es una herramienta esencial para la monitorización y gestión de la acumulación de agua en los pocetes. Con su capacidad de detección continua y alarmas temporizadas, proporciona un conocimiento constante del estado del buque y facilita la respuesta rápida en caso de emergencia. Las comprobaciones semanales y el mantenimiento de las bombas de achique aseguran que el sistema funcione de manera óptima, garantizando la seguridad y operatividad del buque en todo momento.

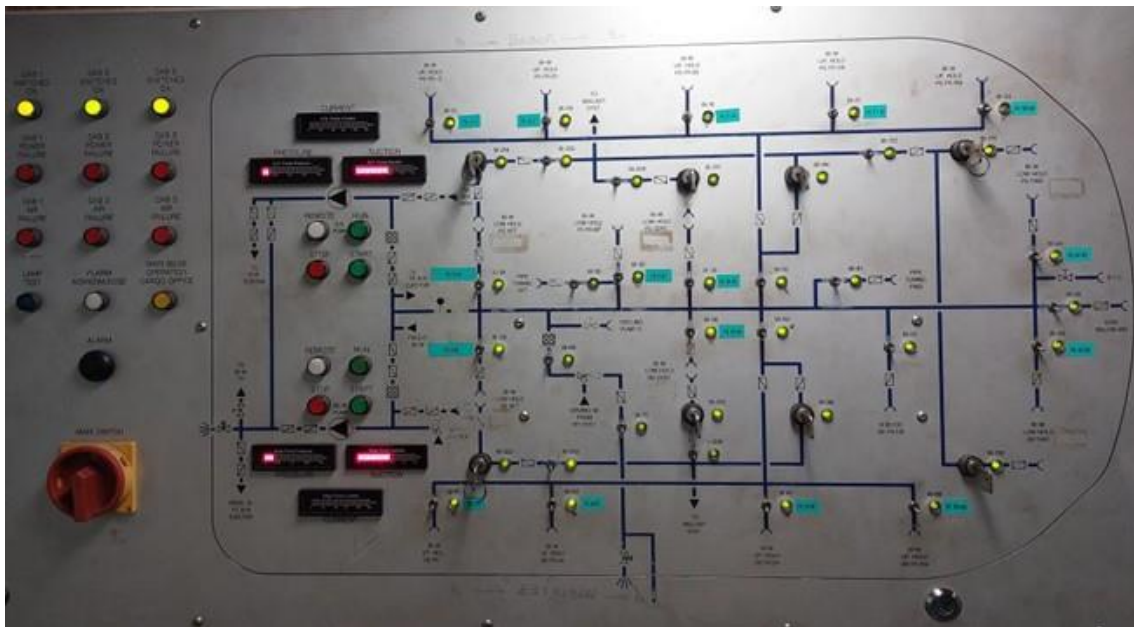


Ilustración 29. Cuadro del control de alarmas de pocetes. Fuente: Elaboración propia.

Esto permite dar conocimiento y seguridad del estado del buque en todo momento además facilita la maniobra en caso de una vía de agua o una fuga importante.

## 5.2.10. Cuarto de bombas.

### Distribución del cuarto de bombas del buque.

Al descender las escaleras hacia el cuarto de bombas, se pueden localizar diversos equipos esenciales para el funcionamiento del buque. A babor, inmediatamente al bajar, se encuentra la bomba de lodos. Esta bomba es utilizada para trasvasar las pérdidas del motor principal desde el tanque de pérdidas al tanque de lodos y también permite el achique del tanque de lodos a una cuba en tierra a través de una toma en el área de bunkering.

A estribor, en primer lugar, se encuentran las bombas de trasiego de combustible: una para diésel y otra para fuel oil. Estas bombas son cruciales para la gestión y distribución del combustible dentro del buque.

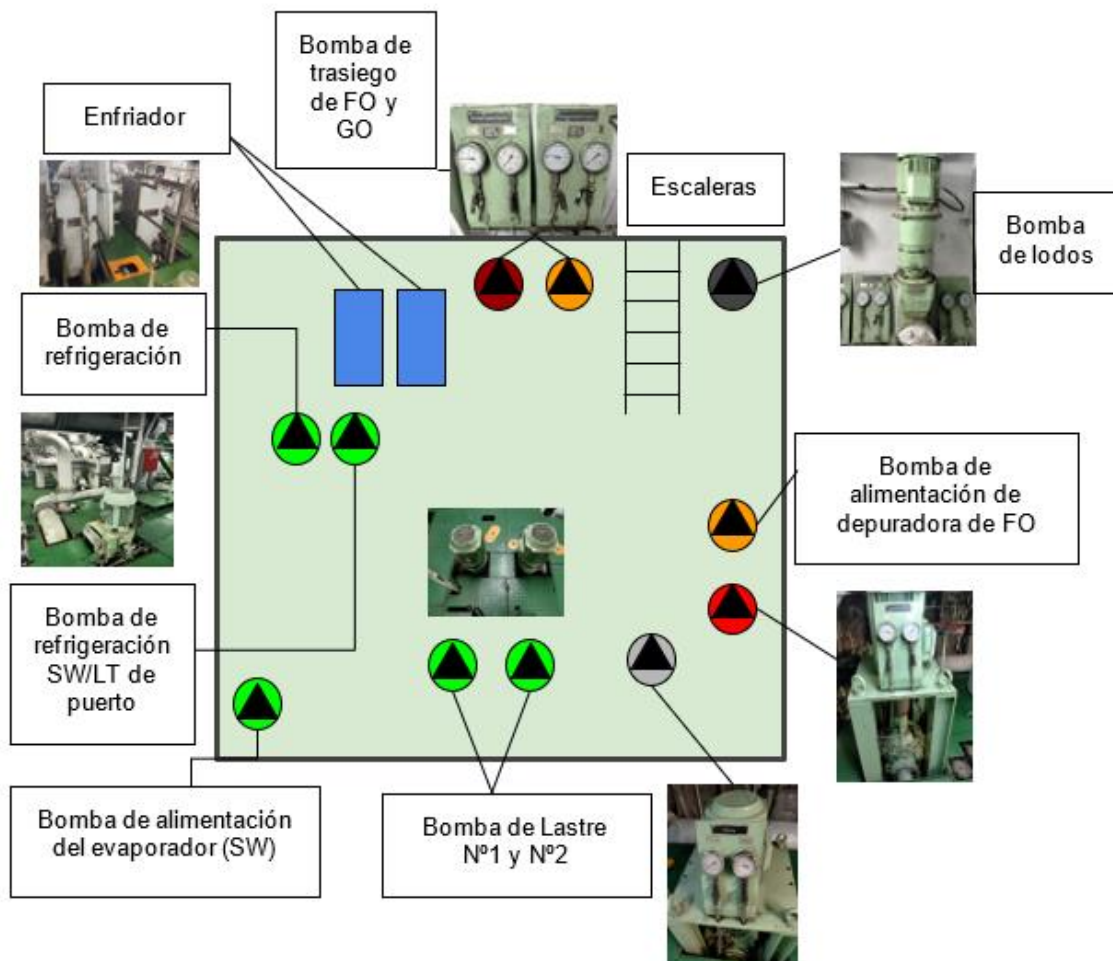


Ilustración 30. Distribución del cuarto de bombas del buque. Fuente: Elaboración propia.

Más adelante, se ubican los enfriadores de agua salada y el sistema de refrigeración del motor (LT). Estos enfriadores son vitales para mantener la temperatura óptima de funcionamiento del motor y otros sistemas críticos.

Directamente enfrente, se localizan las bombas de agua salada y la bomba de puerto. Estas bombas son esenciales para la circulación y manejo del agua salada utilizada en diversos sistemas del buque.

En el fondo del cuarto de bombas, se encuentran dos tomas de mar: una ubicada en el pantoque del barco y otra en un costado, lo que permite una buena captación de agua durante la navegación por ríos. Además, en esta área se encuentran una bomba de agua de sentinas, una bomba contra incendios y una bomba de trasiego de combustible para las depuradoras.

### **Descripción de los Equipos**

#### *Bomba de Lodos:*

- **Ubicación:** A babor, al bajar las escaleras.
- **Función:** Trasvasa las pérdidas del motor principal desde el tanque de pérdidas al tanque de lodos y permite el achique del tanque de lodos a una cuba en tierra.

#### *Bombas de Trasiego de Combustible:*

- **Ubicación:** A estribor.
- **Tipos:** Una para diésel y otra para fuel oil.
- **Función:** Gestionan y distribuyen el combustible dentro del buque.

#### *Enfriadores de Agua Salada y Sistema de Refrigeración del Motor (LT):*

- **Ubicación:** Adyacente a las bombas de trasiego.
- **Función:** Mantienen la temperatura óptima de funcionamiento del motor y otros sistemas críticos.

#### *Bombas de Agua Salada y Bomba de Puerto:*

- **Ubicación:** Directamente enfrente de los enfriadores.
- **Función:** Manejan la circulación y el uso del agua salada en diversos sistemas del buque.

### Tomas de Mar y Bombas Adicionales:

- **Ubicación:** Fondo del cuarto de bombas.
- **Tomas de Mar:** Una en el pantoque y otra en un costado, para una captación eficiente de agua.
- **Bomba de Agua de Sentina:** Para la gestión del agua de sentina.
- **Bomba Contra Incendios:** Para el sistema de extinción de incendios.
- **Bomba de Trasiego de Combustible para Depuradoras:** Facilita el manejo del combustible en las depuradoras.

El cuarto de bombas del buque está organizado de manera que cada equipo y sistema es accesible y funcional, garantizando una operación eficiente y segura. Desde las bombas de lodos y trasiego de combustible hasta los enfriadores y tomas de mar, cada componente desempeña un papel vital en el mantenimiento y operación del buque. La disposición estratégica de estos equipos permite una gestión óptima de los recursos y una respuesta eficaz en situaciones de emergencia, asegurando así la continuidad operativa y la seguridad del buque.

### **5.2.11. Sistema de refrigeración (sistema HT y LT).**

El sistema de refrigeración en un buque es esencial para mantener la temperatura adecuada en los motores y otros equipos críticos a bordo. Este sistema incluye un circuito de alta temperatura (HT) y otro de baja temperatura (LT), cada uno con funciones específicas para diferentes componentes del buque.

#### **Circuito de Alta Temperatura (HT)**

El circuito HT se utiliza para enfriar las partes del motor principal que generan altas temperaturas, como las camisas y las culatas, así como para proporcionar calefacción de agua y para el generador de agua. El agua de refrigeración circula a través de un circuito cerrado, pasando por los componentes que necesitan ser enfriados. El agua absorbe el calor de estos componentes y luego se dirige a un intercambiador de calor para disipar el calor al medio ambiente, que en este caso es el agua salada.

### Funcionamiento del Circuito HT:

- **Circulación del Agua:** El agua de refrigeración del circuito HT fluye continuamente a través del motor principal, enfriando las partes que generan altas temperaturas.
- **Absorción de Calor:** A medida que el agua circula, absorbe el calor de los componentes del motor, manteniéndolos dentro de un rango de temperatura seguro.
- **Intercambiador de Calor:** El agua caliente luego pasa a través de un intercambiador de calor donde se enfría mediante el agua salada, disipando el calor al entorno.
- **Pre calentador:** Antes de arrancar el motor después de un tiempo prolongado, el sistema HT utiliza un pre calentador para elevar la temperatura del agua gradualmente, evitando cambios bruscos de temperatura que podrían dañar el motor.
- **Válvulas Termostáticas:** Estas válvulas regulan el flujo de agua hacia el intercambiador de calor, asegurando que solo el agua que ha alcanzado una temperatura crítica sea enfriada.

### Componentes del Sistema HT:

- **Bombas de HT:** Dos bombas, una en servicio y otra en reserva, aseguran un flujo constante de agua de refrigeración.
- **Tanque de HT:** Opera a aproximadamente 50 °C, compensando las fluctuaciones del sistema y detectando pérdidas o averías.
- **Intercambiador de Calor:** Utiliza agua salada para enfriar el agua de refrigeración del motor.
- **Pre calentador:** Ajusta la temperatura del agua antes de un arranque después de un tiempo prolongado.



*Ilustración 31. Enfriadores de LT/SW en el cuarto de bombas. Fuente: Elaboración propia.*

### **Circuito de Baja Temperatura (LT)**

El circuito LT se encarga de refrigerar los sistemas que operan a temperaturas más bajas, como el aceite lubricante del motor principal, el aceite de la reductora, el aire de carga del motor principal, el calentador de MDO, la refrigeración de los auxiliares y los condensadores de los compresores de gamba y de la sala de máquinas.

#### *Funcionamiento del Circuito LT:*

- **Bombeo de Agua:** El agua del sistema LT es bombeada desde el tanque de LT hacia los enfriadores.
- **Refrigeración de Componentes:** El agua circula a través de varios sistemas críticos, como el enfriador de aire de carga del motor principal y los enfriadores de aceite lubricante.

- **División del Flujo:** La línea se bifurca para enfriar diferentes componentes y luego se une nuevamente antes de dirigirse al enfriador de aceite lubricante del motor principal.
- **Válvula Termostática:** Una válvula termostática regula si el agua debe recircular o pasar al enfriador de agua salada, según la temperatura alcanzada.

El agua del sistema LT es bombeada desde el tanque de LT hacia los enfriadores, bifurcándose la línea hacia el enfriador de aire de carga del motor principal, y hacia el calentador de gasoil y el enfriador de aceite lubricante de la reductora. Luego pasa por el enfriador de aceite lubricante del motor principal, donde las dos líneas se unen. Esta línea después se bifurca nuevamente, con una parte regresando al tanque de LT y la otra dirigiéndose a la válvula termostática de LT, la cual decide si recircular el flujo o enviarlo al enfriador de agua salada

#### Componentes del Sistema LT:

El sistema LT opera con tres bombas: una bomba de puerto y dos bombas principales, con una en servicio y la otra en reserva. Las válvulas termostáticas en el sistema LT actúan para regular la temperatura, permitiendo que el agua fluya hacia el enfriador cuando la temperatura se eleva y recirculando el fluido en el motor cuando no se alcanza la temperatura de apertura.

- **Bombas de LT:** Tres bombas, incluyendo una bomba de puerto y dos bombas principales, con una en servicio y la otra en reserva.
- **Tanque de LT:** Opera a aproximadamente 30 °C, asegurando un suministro constante de agua de refrigeración.
- **Enfriadores de Agua Salada:** Enfrian el agua del circuito LT utilizando el agua salada del mar.
- **Válvulas Termostáticas:** Regulan el flujo de agua para mantener la temperatura adecuada en todos los sistemas enfriados.





*Ilustración 32. Enfriador de Aceite lubricante refrigerado por el sistema de LT. Fuente: Elaboración propia.*

### **Tanques de Compensación**

El sistema de refrigeración del motor principal cuenta con dos tanques, uno para alta temperatura (HT) y otro para baja temperatura (LT), que compensan las fluctuaciones del sistema y permiten detectar pérdidas o averías. El tanque de HT opera a aproximadamente 50 °C y el tanque de LT a aproximadamente 30 °C.

El tanque de HT enfría las partes del motor que operan a altas temperaturas, mientras que el sistema LT enfría el aire de carga, el aceite lubricante del motor y el aceite lubricante de la reductora. El sistema HT tiene dos bombas, una en servicio y otra en reserva, mientras que los sistemas SW (agua salada) y LT tienen tres bombas: una bomba de puerto y dos bombas principales, con una en servicio y la otra en reserva.





*Ilustración 33. Tanque de compensación del sistema de HT. Fuente: Elaboración propia.*

El sistema HT cuenta con un precalentador para adecuar la temperatura del agua antes de un arranque después de un tiempo prolongado, minimizando cambios bruscos de temperatura. Tanto el sistema HT como el LT tienen válvulas termostáticas que actúan cuando la temperatura se eleva, permitiendo el paso al enfriador; mientras no se alcance la temperatura de apertura, el fluido sigue recirculando en el motor. El sistema de agua salada incluye una bomba de puerto para mantener la refrigeración cuando el motor principal no está en marcha, reduciendo el consumo eléctrico al no necesitar tanto caudal de agua.



*Ilustración 34. Paquete de 3 termostáticas del motor principal. Fuente: Elaboración propia.*

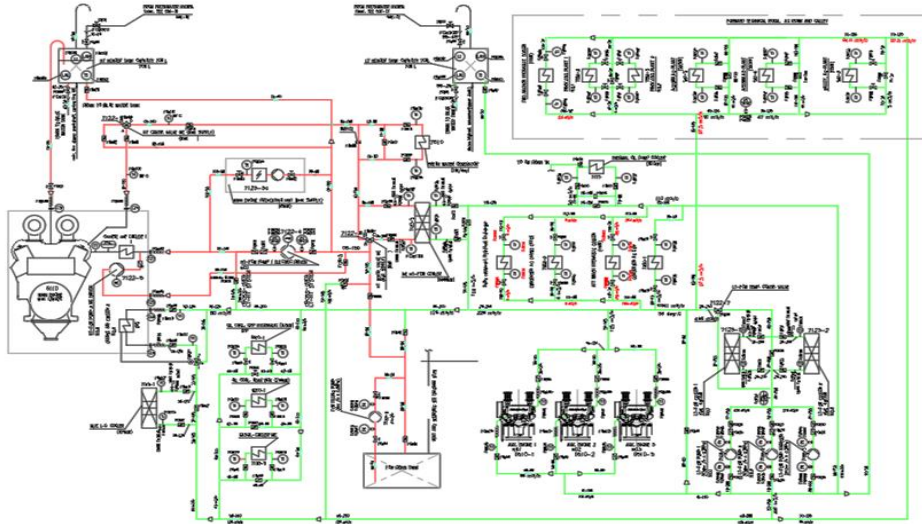


Ilustración 35. Sistema de refrigeración HT/LT. Fuente: Planos de la sala de máquinas.

### Sistema de Agua Salada

El sistema de agua salada incluye una bomba de puerto para mantener la refrigeración cuando el motor principal no está en marcha, reduciendo el consumo eléctrico al no necesitar tanto caudal de agua.

#### Funcionamiento del Sistema de Agua Salada:

- **Captación de Agua:** El sistema toma agua salada del mar a través de tomas de mar ubicadas estratégicamente.
- **Bombeo:** Utiliza bombas para mover el agua a través de los intercambiadores de calor.
- **Enfriamiento:** El agua salada enfría el agua de los sistemas HT y LT mediante intercambiadores de calor, disipando el calor absorbido del motor y otros componentes.

El sistema de refrigeración del buque, es fundamental para el funcionamiento eficiente y seguro de motores y otros equipos esenciales. La combinación de bombas, intercambiadores de calor, tanques de compensación y válvulas termostáticas asegura una operación óptima y una gestión precisa de la temperatura. No solo protege los componentes del buque, sino que mejora la eficiencia operativa. La integración de sistemas de agua salada asegura que la refrigeración sea efectiva incluso cuando el motor principal no está en marcha, optimizando el consumo de energía y garantizando un rendimiento fiable en todas las condiciones operativas.

## 5.2.12. Sistema de combustible.

El sistema de combustible del buque comienza en las estaciones de abastecimiento, conocidas como Bunker Stations, ubicadas a ambos lados del buque. Desde estas estaciones, el combustible se transfiere desde las gabarras hacia dos tanques de almacenamiento situados en la proa del barco. Estos tanques se mantienen a una temperatura de 75 grados Celsius para garantizar la viscosidad adecuada del combustible. Este calor se proporciona mediante un sistema de calefacción que utiliza aceite térmico proveniente de la caldera del buque.

### Proceso de Abastecimiento

#### Estaciones de Abastecimiento (Bunker Stations):

- **Ubicación:** A ambos lados del buque.
- **Función:** Reciben el combustible de las gabarras y lo transfieren a los tanques de almacenamiento del buque.

#### Tanques de Almacenamiento:

- **Ubicación:** En la proa del barco.
- **Temperatura de Operación:** Se mantienen a 75 grados Celsius.
- **Sistema de Calefacción:** Utiliza aceite térmico proveniente de la caldera del buque para mantener el combustible a la temperatura adecuada.

### Gestión del Exceso de Combustible

#### Tanque de Reboses de Fuel Oil (F.O.):

- **Ubicación:** Justo encima y entre los tanques de almacenamiento.
- **Función:** Recoge cualquier exceso de combustible proveniente de los tanques principales.
- **Sistema de Ventilación:** Equipado con un sistema de ventilación que dirige los vapores de hidrocarburos hacia la cubierta superior, evitando la acumulación de vapores que podrían aumentar la presión interna y causar una explosión.

## Importancia del Sistema de Ventilación

El sistema de ventilación del tanque de reboses es crucial para la seguridad del buque. Al evacuar los vapores de hidrocarburos hacia la cubierta superior, se reduce el riesgo de acumulación de gases inflamables, minimizando la posibilidad de explosiones.

El sistema de combustible del buque está diseñado para asegurar una transferencia eficiente y segura del combustible desde las estaciones de abastecimiento hasta los tanques de almacenamiento. La calefacción constante de los tanques garantiza que el combustible mantenga su viscosidad óptima, permitiendo una combustión eficiente en los motores del buque.

Sistema de Calefacción:

- **Aceite Térmico:** Proporciona calor constante a los tanques de almacenamiento, asegurando que el combustible esté a la temperatura adecuada para su uso.

Por todo ello, el sistema de combustible del buque, desde las estaciones de abastecimiento hasta los tanques de almacenamiento y el tanque de reboses, está cuidadosamente diseñado para asegurar una operación eficiente y segura. La calefacción constante de los tanques de almacenamiento garantiza la viscosidad adecuada del combustible, mientras que el sistema de ventilación del tanque de reboses protege contra la acumulación de vapores peligrosos. Este diseño integral no solo optimiza el rendimiento del combustible, sino que también mejora la seguridad general del buque y su tripulación.

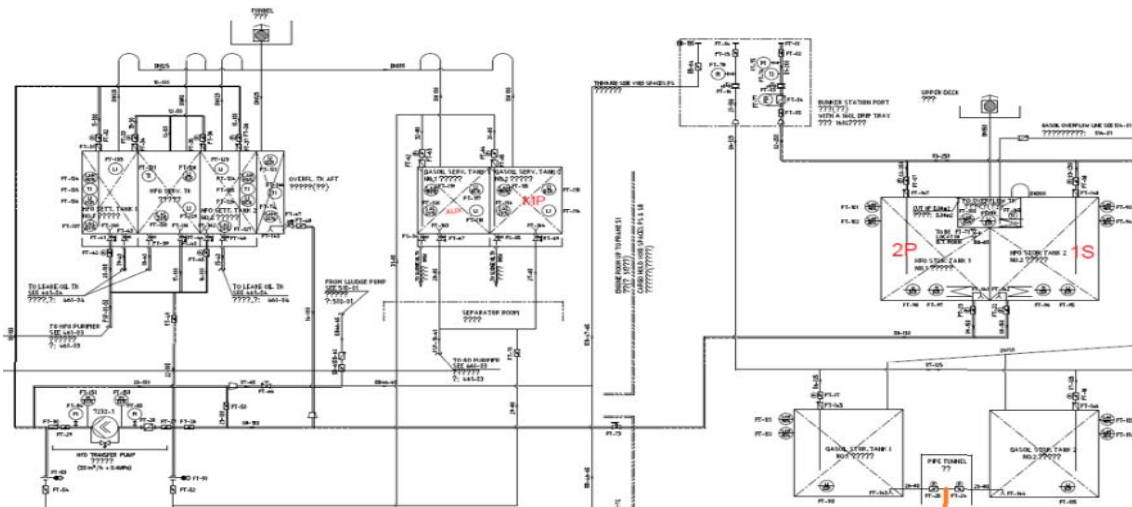


Ilustración 36. Esquema del sistema de trasiego de combustible desde la toma de bunkering. Fuente: Planos de la sala de máquinas.

## **Proceso de Trasiego y Purificación del Combustible**

El proceso de trasiego y purificación del combustible en el buque comienza con la aspiración desde los tanques de almacenamiento mediante la bomba de F.O./G.O. (Fuel Oil/Gas Oil), la cual envía el combustible a dos tanques de sedimentación ubicados en la popa del buque. Estos tanques, equipados con calefacción de aceite térmico para mantener la viscosidad adecuada, permiten la separación del fuel oil en base a su densidad: el fuel oil más pesado se asienta en el fondo, mientras que el fuel oil menos pesado permanece en la parte superior.

### *Bomba de Trasiego de F.O./G.O.*

- **Función:** La bomba de trasiego de F.O./G.O., impulsada por un motor eléctrico, aspira el combustible desde los tanques de almacenamiento, así como desde los tanques de reboses y pérdidas de F.O.
- **Destino:** El combustible se dirige a los tanques de sedimentación para la separación inicial.

### *Tanques de Sedimentación*

- **Ubicación:** Popa del buque.
- **Función:** Estos tanques permiten que el fuel oil más pesado se asiente en el fondo debido a su mayor densidad, mientras que el fuel oil más ligero permanece en la parte superior.
- **Calefacción:** Equipados con calefacción de aceite térmico para mantener la viscosidad adecuada del combustible.

### *Depuradora de Fuel Oil*

- **Función:** Aspira el fuel oil desde los tanques de sedimentación mediante una bomba de alimentación y lo purifica mediante un tambor centrífugo.
- **Proceso:**
  - **Separación de Lodos e Impurezas:** Las impurezas y lodos de mayor densidad se concentran en los vórtices del tambor centrífugo y se envían al tanque de lodos.
  - **Fuel Oil Limpio:** El fuel oil más limpio, que se encuentra en la parte central del tambor, se dirige al tanque de servicio diario de F.O.

### Tanque de Servicio Diario de Fuel Oil

- **Ubicación:** Entre los dos tanques de sedimentación.
- **Función:** Actúa como el último paso antes de que el fuel oil llegue a la línea de servicio.
- **Destino:** Una vez el fuel oil alcanza este punto, se transfiere al módulo de combustible, que acondiciona el combustible y lo prepara para alimentar el motor principal en condiciones óptimas.

### Módulo de Combustible

- **Función:** Acondiciona el fuel oil para asegurar que esté en las condiciones óptimas antes de ser utilizado por el motor principal.
- **Proceso Final:** El fuel oil acondicionado es finalmente enviado al motor principal, garantizando un suministro de combustible eficiente y de alta calidad.

### **Importancia del Sistema**

El sistema de trasiego y purificación del combustible es esencial para mantener la eficiencia y fiabilidad del motor principal del buque. La separación y purificación del fuel oil no solo aseguran que el combustible esté libre de impurezas y lodos que podrían dañar el motor, sino que también optimizan su rendimiento y eficiencia.

- **Mantenimiento de la Viscosidad:** La calefacción adecuada del fuel oil en los tanques de sedimentación es crucial para asegurar que el combustible mantenga su viscosidad, facilitando su manejo y procesamiento.
- **Purificación Eficiente:** El uso de un tambor centrífugo en la depuradora permite una separación efectiva de impurezas y lodos, garantizando que solo el fuel oil limpio llegue al motor principal.
- **Seguridad y Rendimiento:** El proceso de purificación y el acondicionamiento final en el módulo de combustible aseguran que el motor principal reciba un suministro constante de combustible de alta calidad, mejorando la seguridad y el rendimiento general del buque.

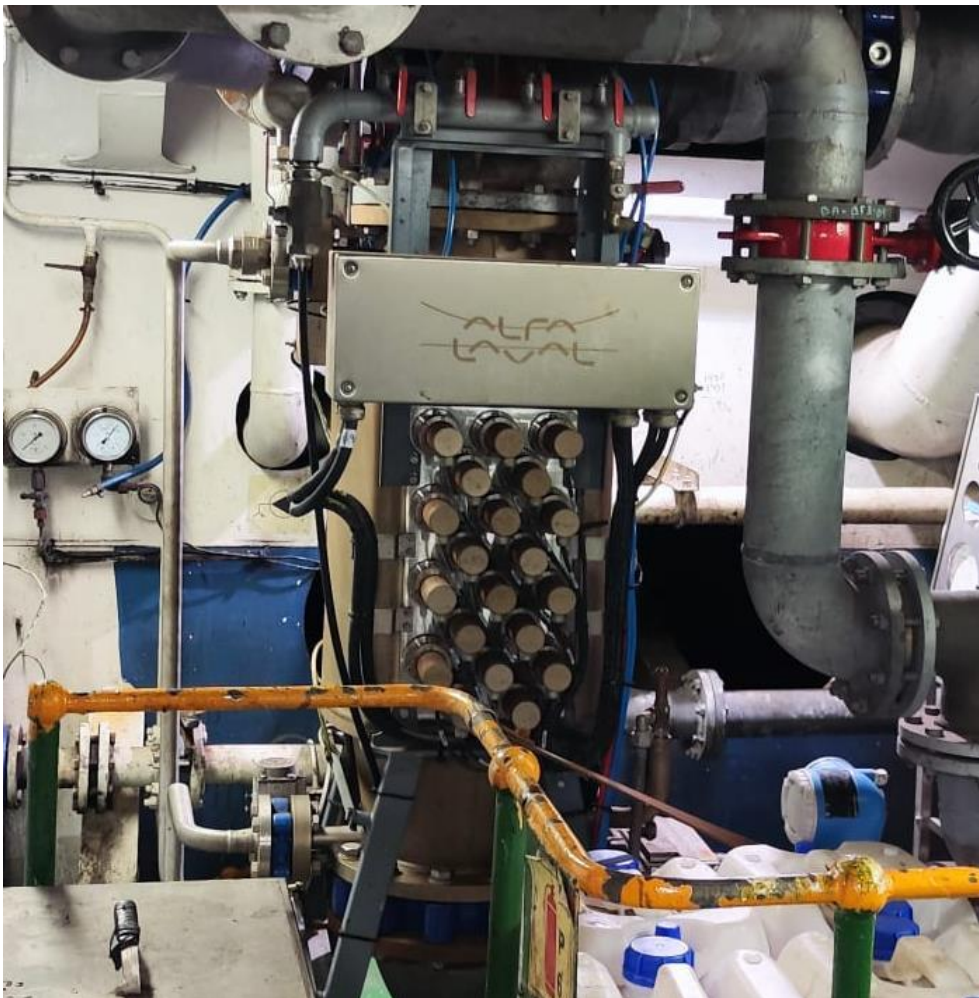
El sistema de trasiego y purificación del combustible es una parte integral del funcionamiento eficiente del buque. Desde la aspiración inicial del combustible hasta su



acondicionamiento final, cada etapa del proceso está diseñada para asegurar que el fuel oil sea de la mejor calidad posible antes de alimentar el motor principal. Este enfoque meticuloso no solo protege los componentes del motor, sino que también optimiza la eficiencia operativa del buque, garantizando un rendimiento fiable y sostenido.

### 5.2.13. Sistema de agua salada.

El sistema de agua salada en el buque es fundamental para disipar el exceso de calor generado por diversos equipos, garantizando así su integridad y funcionamiento óptimo. Además, este sistema se utiliza como lastre, lo que implica la necesidad de un tratamiento específico para eliminar posibles microorganismos presentes en el agua. Esto evita impactos ambientales negativos al descargar el agua de lastre en diferentes zonas geográficas.



*Ilustración 37. Unidad de tratamiento del agua salada empleada para el sistema de lastre.  
Fuente: Elaboración propia.*

## **Funciones del Sistema de Agua Salada**

### Disipación de Calor:

- **Objetivo:** El sistema de agua salada es crucial para la disipación del calor excedente de los distintos equipos del buque, asegurando que operen dentro de los rangos de temperatura adecuados.
- **Beneficio:** Mantener la temperatura óptima de los equipos mejora su eficiencia y prolonga su vida útil.

### Sistema de Lastre:

- **Uso del Agua Salada:** Además de su función en la refrigeración, el agua salada se emplea como lastre para estabilizar el buque durante la navegación.
- **Tratamiento de Microorganismos:** Para evitar la transferencia de organismos acuáticos a diferentes ecosistemas, el buque está equipado con un sistema que elimina los posibles microorganismos presentes en el agua de lastre.
- **Impacto Ambiental:** Este tratamiento es esencial para minimizar el impacto ambiental cuando se descarga el agua de lastre en diferentes zonas geográficas, preservando así la biodiversidad local.

## **Importancia del Sistema**

### Integridad y Funcionamiento de los Equipos:

- **Disipación Eficiente del Calor:** Al eliminar el exceso de calor, el sistema de agua salada protege los equipos del buque, manteniéndolos operativos y en buen estado.
- **Prevención de Sobrecargas Térmicas:** Evitar las sobrecargas térmicas es fundamental para el funcionamiento continuo y seguro del buque.

### Preservación Ambiental:

- **Eliminación de Microorganismos:** El sistema de tratamiento del agua de lastre juega un papel vital en la prevención de la contaminación biológica de nuevos entornos marinos.



- **Cumplimiento de Normativas Ambientales:** Este proceso asegura que el buque cumpla con las normativas internacionales sobre la gestión del agua de lastre, contribuyendo a la sostenibilidad marina.

El sistema de agua salada del buque es indispensable tanto para la disipación del calor de los equipos como para la gestión del lastre. Su capacidad para mantener la integridad de los equipos y su función en la eliminación de microorganismos para evitar impactos ambientales negativos son esenciales para la operación segura y sostenible del buque. Este sistema asegura que el buque opere eficientemente mientras protege los ecosistemas marinos de posibles contaminaciones.

El buque está equipado con dos tomas de mar: una ubicada en el pantoque y otra en el costado del buque, ambas por debajo de la línea de flotación. Esta disposición permite al buque navegar en ríos y zonas de poco calado, manteniendo la integridad de los filtros de fondo. Estas tomas están estratégicamente posicionadas para minimizar la aspiración de sedimentos y residuos no deseados, que son comunes en estas áreas y podrían afectar negativamente el sistema.



*Ilustración 38. Bombas de agua salada en el cuarto de bombas. Fuente: Elaboración propia.*

## Proceso de Refrigeración con Agua de Mar

Una vez que el agua de mar es bombeada al sistema, pasa primero por las tomas de mar equipadas con cestas de filtración mecánica. Estas cestas eliminan los residuos que podrían haber sido aspirados junto con el agua salada. A continuación, el agua filtrada se dirige hacia los enfriadores centralizados de LT/SW (agua de refrigeración de baja temperatura/agua salada). En estos enfriadores, el agua de baja temperatura disipa su calor al agua salada; típicamente, el agua de LT entra a 35°C y sale a 23°C, aunque estos rangos pueden variar según la temperatura del agua salada, la zona geográfica, la época del año y la hora del día.

### Componentes del Sistema

#### “Machos de fondo”:

- **Función:** Filtran mecánicamente el agua salada para retirar los residuos aspirados.
- **Beneficio:** Mantienen la integridad del sistema de refrigeración evitando la entrada de sedimentos y partículas no deseadas.

#### Enfriadores Centralizados de LT/SW:

- **Función:** Facilitan la transferencia de calor del agua de baja temperatura al agua salada.
- **Temperatura de Operación:** El agua de LT típicamente entra a 35°C y sale a 23°C, aunque estas temperaturas pueden variar.

#### Bombas de Agua Salada:

- **Principales:** Dos bombas principales aseguran un suministro constante de agua salada para el sistema de refrigeración.
- **Bomba de Puerto:** Una bomba adicional está destinada al uso en puerto. Esta bomba es más pequeña y eficiente, proporcionando agua salada cuando la demanda es menor, ya que el motor principal no está en marcha.

## **Eficiencia Energética**

### *Bomba de Puerto:*

- **Función:** Suministra agua salada cuando el buque está en puerto, reduciendo la demanda eléctrica.
- **Beneficio:** Menor consumo de corriente eléctrica y combustible, lo que se traduce en una reducción de costos operativos.

El sistema de refrigeración con agua de mar del buque está diseñado para mantener la eficiencia operativa y proteger los componentes críticos del sistema. Las tomas de mar con cestas de filtración, los enfriadores centralizados de LT/SW y las bombas de agua salada, incluidas las bombas específicas para uso en puerto, aseguran una operación eficiente y económica. Este diseño integral no solo garantiza una adecuada disipación de calor, sino que también optimiza el consumo de energía y combustible, contribuyendo a la sostenibilidad y reducción de costos operativos del buque.



*Ilustración 39. Bomba de puerto de agua salada en el cuarto de bombas. Fuente: Elaboración propia.*

A continuación, mostramos los datos técnicos de dichas bombas:

Tabla 5. Características bombas principales de agua salada.

Bombas principales de agua salada			
Bomba agua salada		Motor	
Marca	SPECK PUMPEN-91161 Hilpoltstein	Marca	ABB Motors
Modelo	250-200/315-15031	Modelo	M3AA200MLC-4
Caudal	480m <sup>3</sup> /h	Voltaje	440V
H	25.5 m	Intensidad	86A
H. MÁX	37m	Frecuencia	60Hz
Consumo	45kW	Potencia	51 kW
Velocidad	1770 rpm	Factor de potencia	0.85
		Velocidad	1770 rpm

Tabla 6. Características bomba de agua salada de puerto.

Bombas de agua salada de puerto			
Bomba agua salada		Motor	
Marca	SPECK PUMPEN-91161 Hilpoltstein	Marca	ABB Motors
Modelo	250-200/315-15031	Modelo	M3AA160L-1
Caudal	127 m <sup>3</sup> /h	Voltaje	440V
H	25 m	Intensidad	31A
H. MÁX	27m	Frecuencia	60Hz
Consumo	13 kW	Potencia	18kW
Velocidad	1760 rpm	Factor de potencia	0.83
		Velocidad	1760 rpm

### 5.2.14. Pocetes del cuarto de bombas.

El cuarto de bombas está equipado con un sistema de pocetes con alarmas, que permite monitorear el nivel de llenado en tiempo real. Este sistema es crucial para detectar posibles fugas, vías de agua u otras anomalías. Hay un pocete ubicado a estribor, detrás de las bombas de agua salada, y otro en la parte inferior de la bomba de lodos. Estas ubicaciones estratégicas aseguran una vigilancia efectiva y continua del estado del cuarto de bombas, proporcionando alertas tempranas en caso de cualquier irregularidad.

### 5.2.15. Cuarto de depuradoras.

En la sala de depuradoras podemos encontrar 3 depuradoras con los siguientes datos técnicos:

Tabla 7. Características de la depuradora de aceite.

Depuradora de Aceite lubricante del motor principal					
Depuradora		Calentador		Motor eléctrico	
Marca	WESTFALIA	Marca	WESTFALIA	Marca	ABB Motors
Modelo	OSD18-0136-067/18	Voltaje	440V	Modelo	M2AA132SB-2
Capacidad	1800l/h	Potencia	48kW	Voltaje	440-480V
Tª óptima	98°C	Tª de trabajo	170 °C	Intensidad	14.4 A
Velocidad del tambor	11500 rpm	Presión de trabajo	15bar	Frecuencia	60Hz
		Capacidad	78 L	Potencia	8.6kW
				Factor de potencia	0.89
				Velocidad	3460 rpm

Tabla 8. Características de la depuradora de Fuel Oil.

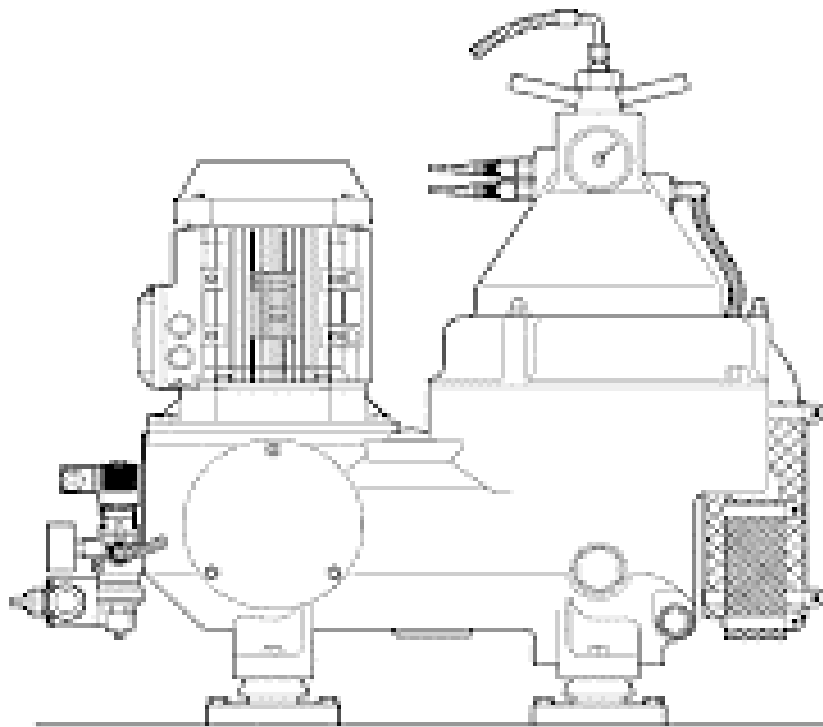
Depuradora de Fuel Oil					
Depuradora		Calentador		Motor eléctrico	
Marca	WESTFALIA	Marca	WESTFALIA	Marca	ABB Motors
Modelo	OSD18-0136-067/18	Voltaje	440V	Modelo	M2AA132SB-2
Capacidad	1800l/h	Potencia	48kW	Voltaje	440-480V
Tª óptima	98°C	Tª de trabajo	170 °C	Intensidad	14.4 A
Velocidad del tambor	11500 rpm	Presión de trabajo	15bar	Frecuencia	60Hz
		Capacidad	78 L	Potencia	8.6kW
				Factor de potencia	0.89
				Velocidad	3460 rpm

Tabla 9. Características de la depuradora de Diesel Oil.

Depuradora de Diesel Oil					
Depuradora		Calentador		Motor eléctrico	
Marca	WESTFALIA	Marca	WESTFALIA	Marca	ABB Motors
Modelo	OSD18-0136-067/18	Voltaje	440V	Modelo	M2AA132SB-2
Capacidad	1800l/h	Potencia	48kW	Voltaje	440-480V
Tª óptima	98°C	Tª de trabajo	170 °C	Intensidad	14.4 A
Velocidad del tambor	11500 rpm	Presión de trabajo	15bar	Frecuencia	60Hz
		Capacidad	78 L	Potencia	8.6kW
				Factor de potencia	0.89
				Velocidad	3460 rpm

### 5.2.16. Depuradoras.

Como se ha mencionado anteriormente, una de las depuradoras está dedicada a la purificación del diésel, que se utiliza en los generadores auxiliares, la caldera de puerto y, en algunos casos, también en el motor principal. Otra depuradora se encarga de purificar el aceite lubricante del motor principal, asegurando su calidad y eficiencia. La tercera depuradora se dedica a la purificación del fuel oil, que es el combustible principal utilizado por el motor principal del buque.



*Ilustración 40. Imagen de la depuradora en el manual. Manual de la depuradora. Fuente: Manual de la depuradora.*

Estas depuradoras eliminan los sedimentos y el agua del hidrocarburo o aceite, produciendo un producto más limpio. Este proceso favorece la integridad de los sistemas de combustible de los diferentes equipos, reduce el gasto en filtros y disminuye las tareas de mantenimiento. Como resultado, se mejora el funcionamiento y se asegura un mejor cuidado de los equipos.

Las depuradoras funcionan mediante efecto centrífugo. Este principio aprovecha las diferencias de densidad para separar los sólidos y el agua del combustible. Los sólidos y el agua tienden a acumularse en las paredes de las depuradoras, mientras que el combustible limpio permanece en el centro. Este combustible purificado se extrae por

la parte superior, pasando de manera coaxial a través de la línea de entrada del combustible sucio.

El uso de depuradores presenta los siguientes beneficios adicionales:

- **Integridad de los Sistemas:** La eliminación de impurezas mejora la integridad y la eficiencia de los sistemas de combustible.
- **Reducción de Costos:** Menor necesidad de reemplazo de filtros y reducción de tareas de mantenimiento.
- **Mejor Funcionamiento:** Equipos más limpios y mejor mantenidos operan de manera más eficiente y con menor riesgo de fallos.

El uso de depuradoras centrífugas a bordo no solo garantiza un combustible más limpio, sino que también optimiza el rendimiento y la longevidad de los equipos. Este enfoque integral no solo protege los sistemas de combustible, sino que también reduce los costos operativos y mejora la eficiencia general del buque.

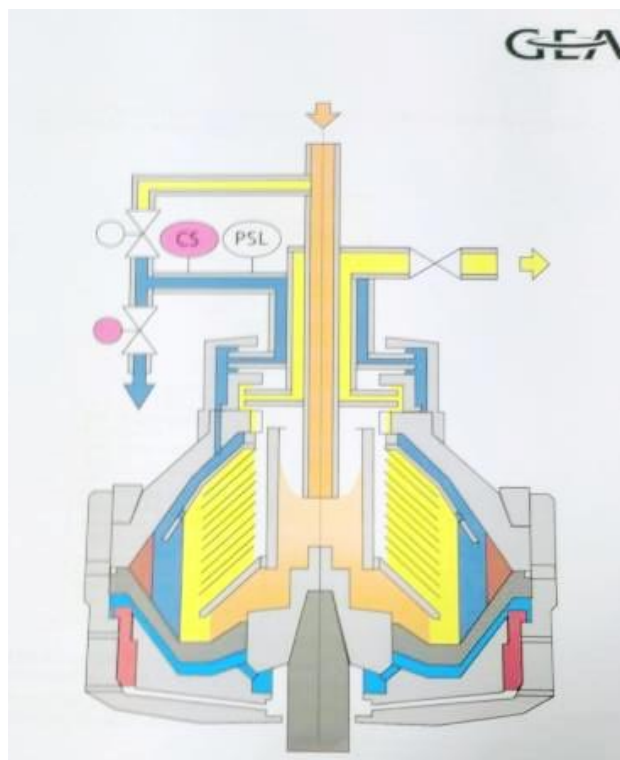


Ilustración 41. Imagen del funcionamiento de la depuradora en el manual. Fuente: Manual de la depuradora.

Estas depuradoras cuentan con diferentes aros de gravedad en función a la densidad del tipo de fluido a depurar este se puede intercambiar pudiendo trabajar el mismo modelo de depuradora con diferentes fluidos con densidades diferentes.



## 5.2.17. Cuadro de control de las depuradoras

Estas depuradoras están equipadas con una secuencia de autolimpieza que utiliza agua de maniobra, un controlador y diversos componentes del sistema. Este proceso desplaza el bolo y descarga el sedimento residual hacia el tanque de lodos. El controlador no solo gestiona la puesta en marcha y parada de la depuradora, sino que también permite realizar una secuencia de limpieza forzada, controlando los diferentes parámetros del fluido a depurar. Solo permite el paso del fluido a la depuradora si cumple con las condiciones de presión y temperatura especificadas en los setpoints del controlador.

### Proceso de Autolimpieza

#### Secuencia de Autolimpieza:

- **Uso de Agua de Maniobra:** La autolimpieza se realiza mediante el uso de agua de maniobra, que ayuda a desplazar y eliminar el sedimento acumulado.
- **Controlador:** Gestiona todo el proceso de autolimpieza, incluyendo la descarga del sedimento hacia el tanque de lodos.
- **Parámetros de Control:** El controlador verifica que el fluido a depurar cumpla con las condiciones de presión y temperatura adecuadas antes de permitir su paso a la depuradora.

### Sistema de Control del Recinto de Lodos (SMS)

#### Esquema de Operación:

- **Entrada de Combustible Sucio:** El combustible sucio entra en la depuradora a una temperatura y presión específicas (1). Si la temperatura no es adecuada, el combustible se recircula antes de acceder a la depuradora.
- **Acción Centrífuga:** Dentro del tambor de la depuradora, la fuerza centrífuga hace que los sólidos se acumulen en el recinto de sólidos.
- **Salida de Combustible Limpio:** El combustible limpio se localiza en el centro del tambor y asciende hacia la salida (2) a través del rodete de combustible limpio (12).

Beneficios del SMS:

- **Eficiencia de Separación:** La acción centrífuga asegura una separación eficiente de los sólidos y el agua del combustible.
- **Control Preciso:** El sistema controla y ajusta la presión y temperatura del combustible, garantizando una purificación óptima.

Las depuradoras del buque son componentes esenciales para mantener la pureza del combustible y la eficiencia operativa de los sistemas de propulsión y generación de energía. Su capacidad de autolimpieza y el sistema de control del recinto de lodos aseguran un funcionamiento continuo y eficiente. Al gestionar de manera efectiva la separación de sedimentos y el mantenimiento de condiciones óptimas de presión y temperatura, estas depuradoras contribuyen significativamente a la reducción de costos de mantenimiento y a la prolongación de la vida útil de los equipos. Además, el uso de tecnología avanzada y controladores inteligentes mejora la seguridad y el rendimiento del buque, garantizando operaciones más limpias y eficientes.

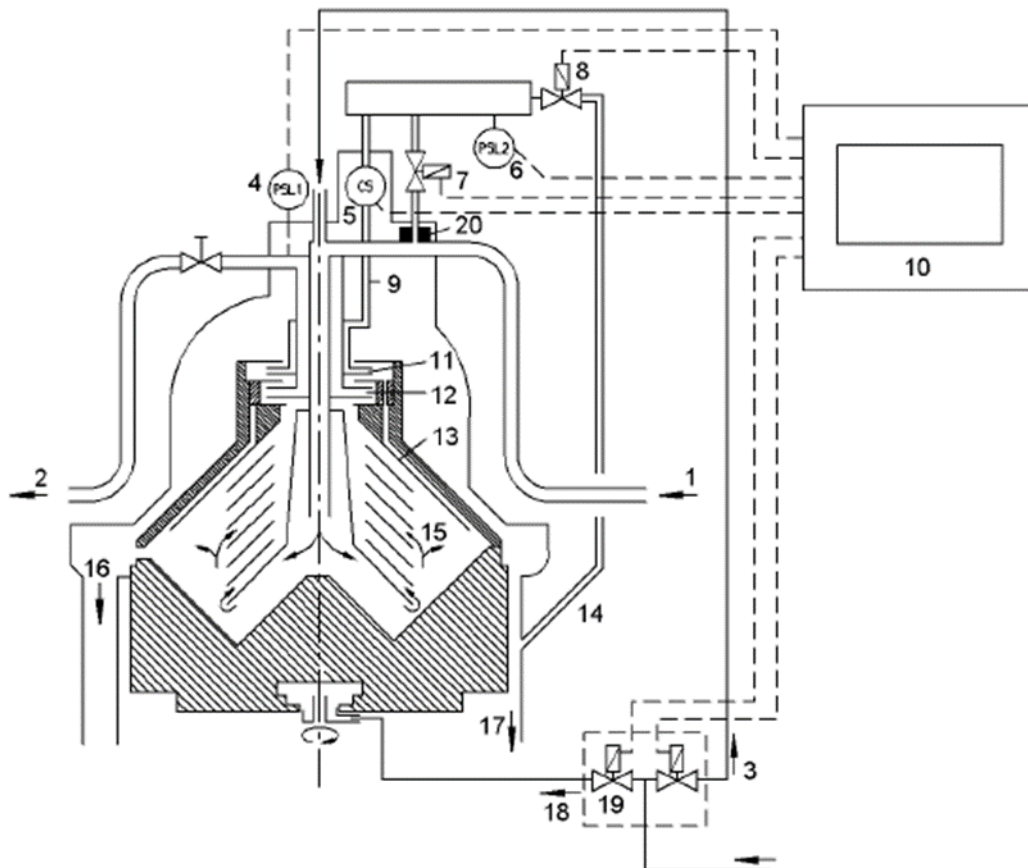


Ilustración 42. Imagen del esquema de la depuradora sacada del manual. Fuente: Manual de la depuradora.

Parte del flujo en la cámara de sólidos se desvía por encima del plato separador (13) y es enviado por el rodete de líquido sonda hacia el presostato (6). Cuando se acumula mucho lodo en el flujo que va hacia el presostato, este se activa, enviando una señal al controlador (10), que inicia el programa automático de descarga. En ese momento, el acceso de combustible se detiene y las electroválvulas (19) controlan el agua de maniobra, permitiendo el desplazamiento hidráulico del tambor para la descarga de lodos (16). El agua de maniobra sale por el conducto correspondiente (17).

En la siguiente imagen podemos ver los diferentes parámetros que tiene la depuradora más conocidos como Timer list:

Tabla 10. Parámetros de la depuradora.

FUNCIÓN	TIMER	VALOR EN SEG.
Partial de-sludging	T 00	2
Displacement	T 01	10
Filling	T 02	0
Waiting after program start	T 03	10
Total ejection	T 04	2
Speed recovery after total de-sludging	T 05	25
Closing water impulse	T 06	0
Alarm delay	T 07	10
Waiting after displacement	T 08	10
Waiting after filling	T 09	10
Separator start-up	T 10	240
Bridging after ejection	T 11	20
Waiting after 1st ejection	T 12	10
speed recovery after partial ejection	T 13	10
Pause closing impulse	T 14	600
Circulation valve closed	T 15	60
Circulation valve open	T 16	15
System check (SMS)	T 17	1
LSHH Sludge tank	T 18	10
Separation	T 19	5400
Vibro 1	T 20	50

## 5.2.18. Tanque de lodos.

El tanque de lodos se encuentra en la zona del cuarto de depuradoras desde la altura del tecele de los auxiliares hasta el tecele del cuarto de bombas, en este tanque se depositan todos los residuos oleosos provenientes de:

- Las pérdidas del motor principal.
- Fugas de combustible o aceite.
- Residuos oleosos de filtros de combustible, aceite, etc.
- Las descargas de lodos de las depuradoras de Fuel oil, Diesel oil y Aceite lubricante del motor principal.

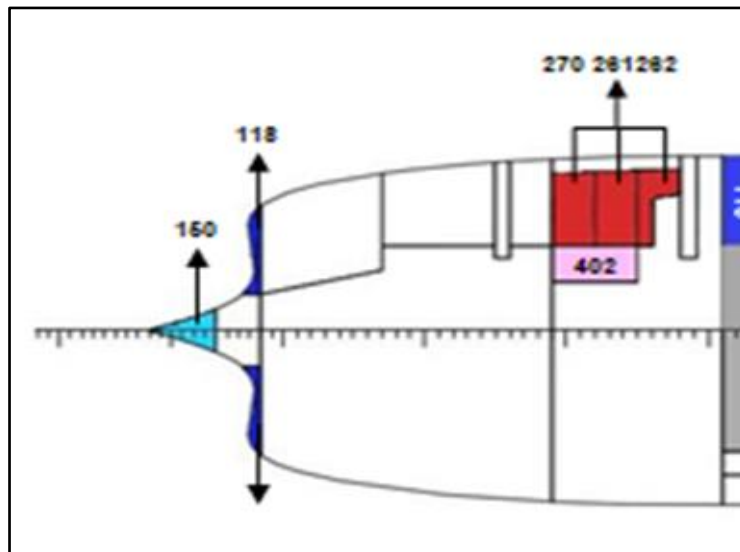
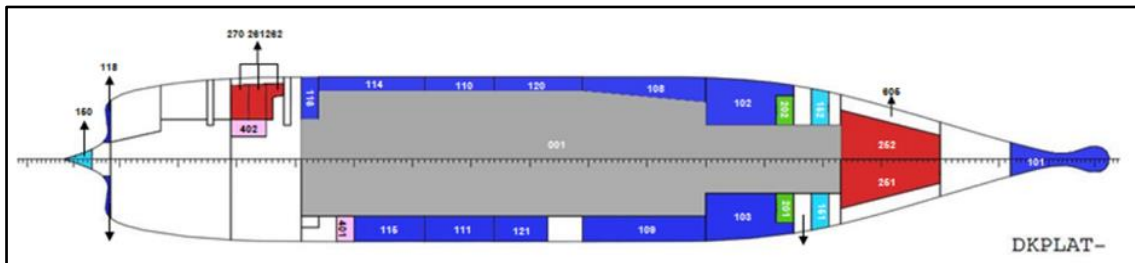


Ilustración 43. Imagen de la localización del tanque de lodos en el plano del buque. Fuente: Planos del buque.

El tanque 402, identificado así en los planos estructurales del buque, debe mantener un registro controlado similar al de los tanques de combustible. Este control incluye un registro diario de sondas y la documentación de todas las operaciones de trasiego, tanto de llenado como de vaciado. Estas operaciones, comúnmente referidas en argot marino como Marpol, deben ser reflejadas en el libro de hidrocarburos.

## Registro y Documentación

### Registro Diario de Sondas:

- **Objetivo:** Asegurar un monitoreo continuo del nivel del tanque.
- **Proceso:** Las sondas miden y registran el nivel del contenido diariamente, proporcionando datos precisos y actualizados sobre el estado del tanque.

### Trasiegos de Llenado y Vaciado:

- **Documentación:** Todas las operaciones de trasiego deben ser meticulosamente registradas en el libro de hidrocarburos, cumpliendo con las regulaciones de Marpol.
- **Transparencia:** Este registro asegura la transparencia y la trazabilidad de todas las operaciones de gestión de hidrocarburos a bordo.

## Precintado del Punto de Descarga de Lodos

### Control de Descarga:

- **Precintado:** El punto de descarga de lodos debe estar precintado para asegurar que las operaciones de descarga estén totalmente controladas.
- **Supervisión:** Tanto el barco como la administración supervisan estas operaciones, garantizando que se realicen de manera segura y conforme a las normativas.

## Importancia del Control Riguroso

### Cumplimiento Normativo:

- **Regulaciones Marpol:** Mantener registros detallados y controlados asegura el cumplimiento de las regulaciones internacionales sobre la gestión de hidrocarburos.
- **Auditorías y Inspecciones:** Los registros precisos son esenciales para las auditorías e inspecciones, demostrando el cumplimiento con las normativas y prácticas seguras.

### Seguridad y Eficiencia:

- **Gestión Eficiente:** Un control riguroso del tanque 402 y sus operaciones de trasiego asegura una gestión eficiente y segura de los hidrocarburos.
- **Reducción de Riesgos:** La documentación y supervisión constantes ayudan a identificar y mitigar posibles riesgos asociados con la manipulación de hidrocarburos.

El tanque 402 debe mantener un registro exhaustivo y controlado de todas sus operaciones, incluyendo el monitoreo diario de sondas y la documentación de trasiegos en el libro de hidrocarburos. El precintado del punto de descarga de lodos asegura que las operaciones estén bajo estricta supervisión, cumpliendo con las normativas de Marpol y garantizando la seguridad y eficiencia de las operaciones. Este enfoque integral no solo asegura el cumplimiento regulatorio, sino que también optimiza la gestión de los hidrocarburos a bordo, protegiendo tanto al buque como al medio ambiente.



*Ilustración 44. Imagen de sonda del tanque de lodos y del libro de hidrocarburos del buque. Fuente: Elaboración propia.*

El tanque de lodos está provisto de calentadores por aceite térmico lo cual facilita las operaciones de trasiegos. Este tanque tiene forma cónica en el fondo, lo cual favorece a su descarga y disminuye la acumulación de residuos en esquinas del tanque. El tanque tiene un punto de sonda en la parte superior y se debe tener en cuenta, que cuando se realice el sondeo las depuradoras no pueden estar cerca de la secuencia de disparo ya que la presión del disparo puede expulsarte residuos de lodos por dicho punto de sonda.

## 5.2.19. Sala del motor principal

### Tecle superior

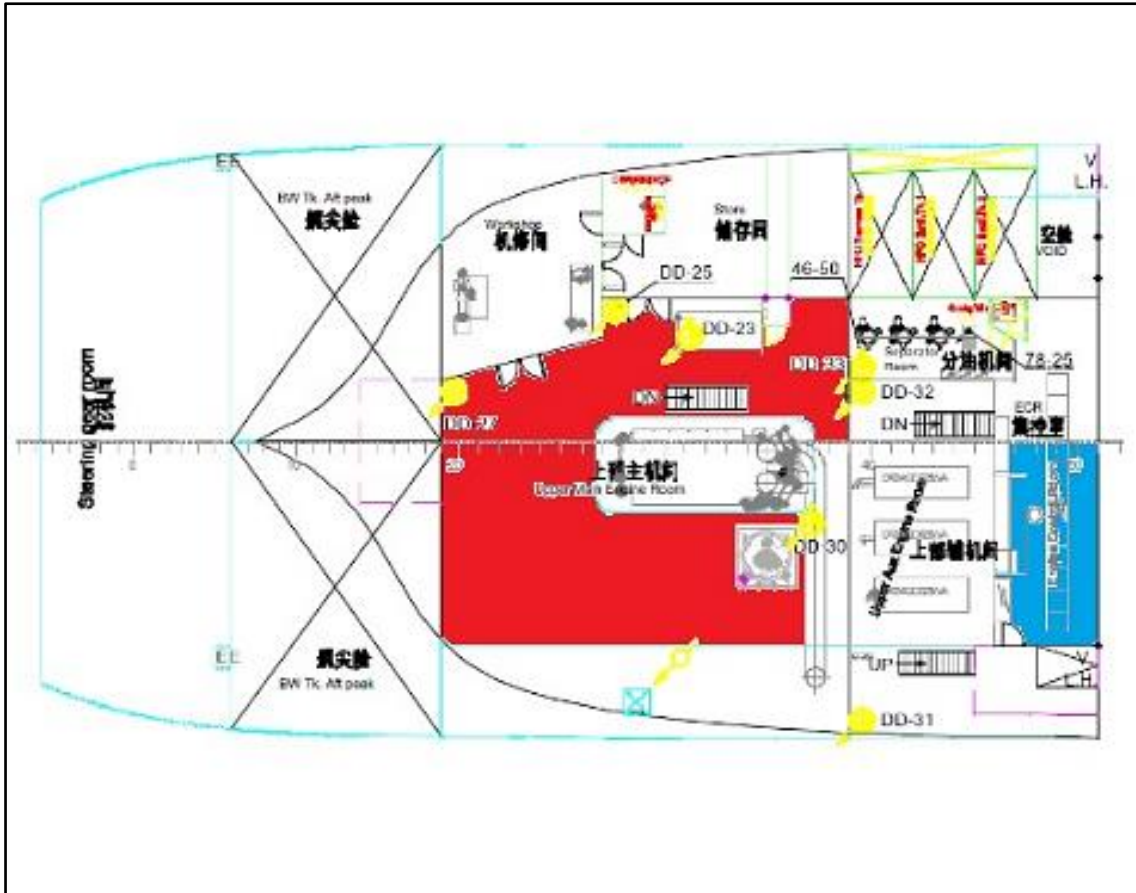


Ilustración 45. Imagen extraída del plano del tecele superior de la sala de máquinas del buque. Fuente: Planos del buque.

Este tecele cuenta con dos lumbreras de acceso desde la bodega principal del buque y otra que conduce al pasillo de servicio (pass way). A través de este pasillo, mediante un polipasto eléctrico, se pueden bajar repuestos y consumibles de gran peso hacia la sala de máquinas. La lumbrera más significativa es la que proporciona acceso a la parte superior a popa del motor principal, permitiendo realizar reparaciones y mover partes y equipos de considerable tamaño dentro y fuera de la sala de máquinas.

#### Características de las Lumbreras de Acceso

##### Lumbreras desde la Bodega Principal:

- **Cantidad:** Dos lumbreras.

- **Función:** Facilitan el acceso desde la bodega principal, permitiendo un flujo eficiente de materiales y equipos entre la bodega y la sala de máquinas.

Lumbrera hacia el Pasillo de Servicio (Pass Way):

- **Función:** Permite el transporte de repuestos y consumibles pesados mediante un polipasto eléctrico.
- **Beneficio:** Facilita el manejo seguro y eficiente de materiales pesados, mejorando la logística de mantenimiento y reparación.

Lumbrera Principal a Popa del Motor Principal:

- **Importancia:** Es la lumbrera clave para el acceso a la parte superior del motor principal.
- **Función:** Permite realizar reparaciones mayores y mover partes y equipos de gran tamaño hacia y desde la sala de máquinas.
- **Beneficio:** Facilita intervenciones de mantenimiento y reparación, asegurando que los componentes críticos puedan ser manipulados y reemplazados con facilidad.

**Importancia del Tecele y sus Lumbreras**

Eficiencia en el Mantenimiento:

- **Acceso Directo:** Las lumbreras proporcionan acceso directo y conveniente a las áreas clave de la sala de máquinas, lo que facilita las operaciones de mantenimiento.
- **Transporte Seguro:** El uso del polipasto eléctrico para bajar repuestos y consumibles pesados asegura que estos sean manejados de manera segura y eficiente.

Flexibilidad Operativa:

- **Movilidad de Equipos:** La capacidad de mover partes y equipos de gran tamaño a través de la lumbrera principal permite una mayor flexibilidad en las operaciones de reparación y mantenimiento.



- **Optimización del Espacio:** El diseño del tecele y sus lumbreras optimiza el uso del espacio, permitiendo un manejo más eficiente de los recursos y materiales.

El tecele del buque, con sus dos lumbreras de acceso desde la bodega principal y la lumbrera hacia el pasillo de servicio, es una infraestructura esencial para la logística y el mantenimiento a bordo. La lumbrera principal, que da acceso a la parte superior a popa del motor principal, es especialmente importante para las reparaciones y el manejo de equipos de gran tamaño. Este sistema asegura que las operaciones de mantenimiento y reparación se realicen de manera eficiente, segura y efectiva, contribuyendo a la operatividad y longevidad del buque.

### 5.2.20. Evaporador

El evaporador se encuentra en la sala del motor principal, en el tecele superior a proa y estribor. Su función principal es generar agua dulce para diversos consumos a bordo, como el suministro de agua para el motor principal, fregaderos, duchas, lavadoras, y otros usos esenciales.

#### Funcionamiento del Evaporador

El evaporador utiliza el proceso de evaporación para convertir el agua de mar en vapor de agua, separando así la sal. Este proceso se realiza de la siguiente manera:

##### Generación de Vapor:

- **Ubicación:** La generación de vapor ocurre en la parte inferior del evaporador.
- **Proceso:** El agua de mar es calentada hasta que se evapora, dejando atrás los residuos de sal.

##### Filtración del Vapor:

- **Membrana Filtradora:** El vapor de agua pasa a través de una membrana filtradora que retiene las impurezas.
- **Ubicación del Vapor:** A medida que el vapor asciende, se mueve hacia la parte superior del evaporador.

### Condensación del Vapor:

- **Proceso de Condensación:** En la parte superior, el vapor de agua se condensa, convirtiéndose en agua dulce.
- **Resultado:** El agua dulce resultante está lista para ser utilizada en los diferentes sistemas y consumos del buque.

### **Control de Calidad del Agua**

#### Monitoreo de Salinidad:

- **Salinómetro:** La calidad del agua dulce se controla constantemente mediante un salinómetro.
- **Norma de Salinidad:** Es crucial mantener la salinidad del agua por debajo de 5 ppm (partes por millón) para asegurar su adecuación para los diversos usos a bordo.

### **Importancia del Evaporador**

#### Suministro de Agua Dulce:

- **Usos Diversos:** Proporciona agua dulce para el motor principal, así como para las necesidades diarias de la tripulación, incluyendo fregaderos, duchas y lavadoras.
- **Autonomía del Buque:** Permite al buque generar su propio suministro de agua dulce, reduciendo la dependencia de fuentes externas.

#### Control de Calidad:

- **Salinómetro:** El monitoreo constante asegura que el agua dulce generada sea de alta calidad, adecuada para todos los usos a bordo.
- **Salinidad Baja:** Mantener niveles bajos de salinidad es esencial para proteger los equipos y la salud de la tripulación.

El evaporador de agua dulce, ubicado en la sala del motor principal, es un componente crítico del buque. Su capacidad para convertir agua de mar en agua dulce mediante evaporación y condensación garantiza un suministro constante y de alta calidad para todos los consumos esenciales a bordo. El control continuo de la salinidad asegura que el agua generada cumpla con los estándares necesarios, protegiendo tanto

los equipos como a la tripulación. Este sistema no solo mejora la operatividad del buque, sino que también contribuye a su autonomía y eficiencia operativa.



*Ilustración 46. Evaporador en la sala de máquinas del buque. Fuente: Elaboración propia.*

### **Funcionamiento del Evaporador de Agua Dulce**

El evaporador del buque aprovecha el calor residual del sistema de alta temperatura (HT) para inducir el fenómeno de evaporación del agua de mar. Este proceso utiliza el calor disipado por el motor principal para calentar el agua salada a una temperatura de aproximadamente 80-90°C. Aunque la temperatura de ebullición del agua es de 100°C, el evaporador emplea un eyector para generar vacío en su interior, lo que reduce la presión y, en consecuencia, la temperatura a la que el agua se evapora.

### **Proceso de Evaporación**

#### *Aprovechamiento del Calor Residual:*

- **Fuente de Calor:** El calor disipado del sistema HT, generado por el motor principal, se utiliza para calentar el agua salada.
- **Temperatura de Calentamiento:** El agua salada se calienta a aproximadamente 80-90°C, utilizando el calor residual.

### Generación de Vacío:

- **Eyector:** Un eyector genera vacío dentro del evaporador.
- **Reducción de Presión:** La presión en el interior del evaporador disminuye debido al vacío creado por el eyector.
- **Efecto en la Temperatura de Evaporación:** Al reducir la presión, la temperatura de evaporación del agua también disminuye, permitiendo que el agua se evapore a temperaturas de 80-90°C.

### Proceso Completo:

- **Calentamiento del Agua Salada:** El calor residual del sistema HT calienta el agua salada a 80-90°C.
- **Generación de Vacío:** El eyector crea un vacío en el evaporador, reduciendo la presión interna.
- **Evaporación del Agua:** La reducción de presión permite que el agua se evapore a la temperatura alcanzada (80-90°C), facilitando la conversión del agua de mar en vapor.

## **Beneficios del Sistema de Evaporación**

### Eficiencia Energética:

- **Uso del Calor Residual:** Aprovechar el calor residual del motor principal aumenta la eficiencia energética del buque.
- **Reducción de Costos:** Al utilizar calor ya disponible, se reduce la necesidad de fuentes de energía adicionales, disminuyendo los costos operativos.

### Optimización del Proceso de Evaporación:

- **Temperatura de Evaporación Controlada:** El uso del eyector para generar vacío permite la evaporación del agua a temperaturas más bajas, optimizando el proceso y asegurando una evaporación eficiente.
- **Calidad del Agua Dulce:** La calidad del agua producida es alta, cumpliendo con los estándares necesarios para los diversos consumos a bordo.

El evaporador de agua dulce del buque es una solución ingeniosa que utiliza el calor residual del motor principal para calentar el agua de mar y, mediante la generación de vacío, reduce la presión interna para permitir la evaporación a temperaturas más bajas. Este sistema no solo mejora la eficiencia energética y reduce costos, sino que también garantiza un suministro constante y de alta calidad de agua dulce para los diversos usos a bordo. El proceso optimizado de evaporación contribuye significativamente a la operatividad y sostenibilidad del buque.

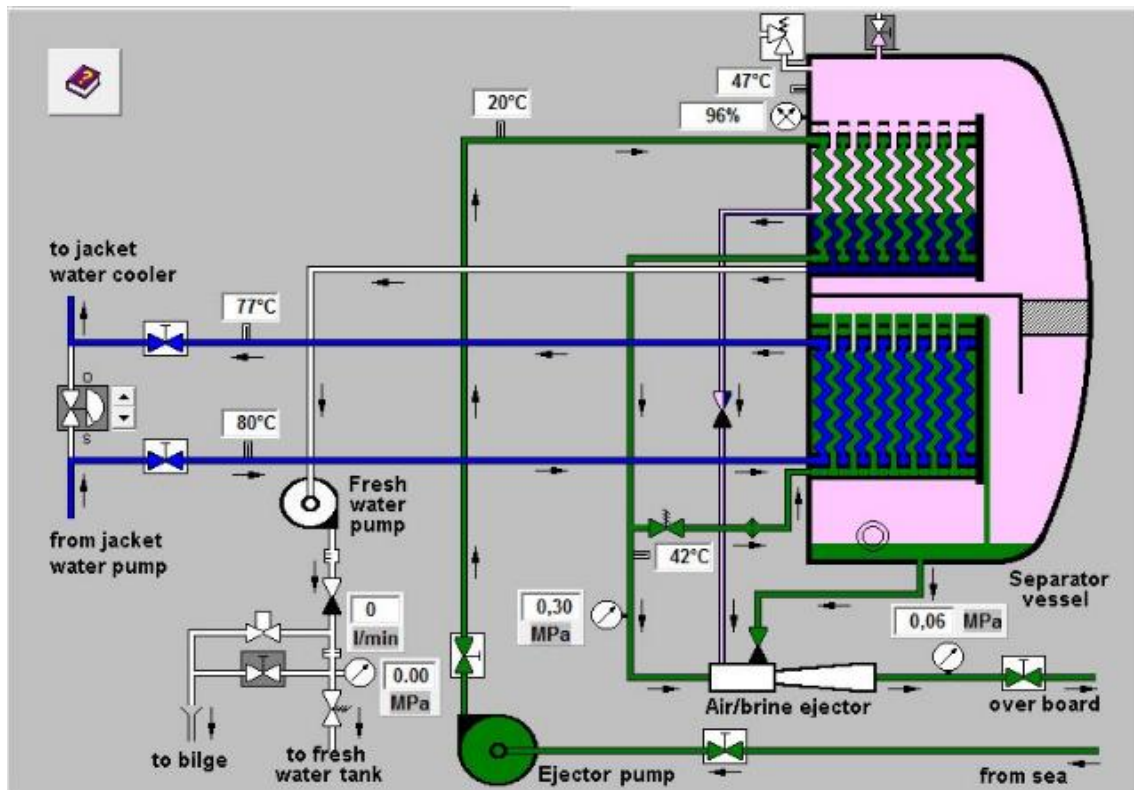


Ilustración 47. Esquema del sistema del evaporador. Fuente: Esquema extraído de un simulador didáctico.

Una vez que el agua de mar se evapora en el evaporador, el vapor asciende a la parte superior del dispositivo, pasando a través de una malla de filtración. Este proceso asegura que cualquier impureza o partícula residual sea eliminada.

### Condensación y Separación de Salmuera

#### Condensación del Vapor:

- **Proceso:** En la parte superior del evaporador, el vapor de agua se condensa y se convierte en agua dulce.

- **Resultado:** Se obtiene agua pura en la parte superior, mientras que la salmuera residual se acumula en la parte inferior.

#### Manejo de la Salmuera:

- **Acumulación:** La salmuera, que contiene las sales y otras impurezas, se queda en la parte inferior del evaporador.
- **Eliminación:** Esta salmuera residual es gestionada adecuadamente para evitar acumulaciones indeseadas.

### **Control de Calidad del Agua Dulce**

#### Medición de Salinidad:

- **Salinómetro:** Una vez obtenida, el agua dulce pasa por un salinómetro que mide las partes por millón (ppm) de sal.
- **Criterio de Calidad:** El agua debe estar por debajo de un umbral específico de ppm para ser considerada adecuada para el consumo.

#### Recirculación:

- **Condiciones Óptimas:** Si el agua cumple con los estándares de salinidad, se trasiega hacia los tanques de consumo.
- **Reproceso:** Si la salinidad es demasiado alta, el agua se recircula y se somete nuevamente al proceso de evaporación.

### **Beneficios del Proceso de Filtración y Condensación**

#### Alta Calidad del Agua:

- **Filtración Eficiente:** La malla de filtración asegura que solo el vapor puro ascienda, eliminando cualquier impureza sólida.
- **Control de Salinidad:** El uso del salinómetro garantiza que el agua dulce producida sea de la más alta calidad, apta para los diversos consumos a bordo.

#### Optimización del Uso de Recursos:

- **Recirculación:** El reproceso del agua que no cumple con los estándares asegura que no se desperdicie agua y que se maximice la eficiencia del sistema.

- **Gestión de Salmuera:** La adecuada acumulación y eliminación de la salmuera residual protege el sistema y asegura su operación continua y eficiente.

El proceso de condensación y filtración del evaporador del buque es un sistema sofisticado diseñado para producir agua dulce de alta calidad a partir del agua de mar. Mediante la condensación del vapor y el uso de un salinómetro para controlar la calidad del agua, se asegura que solo el agua adecuada se trasiegue hacia los tanques de consumo. El sistema de recirculación garantiza que cualquier agua que no cumpla con los estándares sea reprocesada, optimizando así el uso de recursos y manteniendo la eficiencia operativa del buque.

Tabla 11. Datos técnicos del evaporador.

Datos técnicos del Evaporador					
Generador de agua dulce		Bomba de agua salada		Bomba de agua dulce	
Marca /Modelo	Alfa Laval / JWP-26-C80	Presión	3.5 bar	Presión	2.2 bar
Presión	6 bar	Caudal	30 m <sup>3</sup> /h	Caudal	1.05 m <sup>3</sup> /h
Caudal	16 m <sup>3</sup> /24h	Consumo	8.6 kW	Consumo	0.75 kW
		RPM	3340 rpm	RPM	3360 rpm
		Presión	3.5 bar	Presión	2.2 bar

### 5.2.21. Calderas y sistema de aceite térmico.

El buque Canarias Express está equipado con una caldera pirotubular alimentada por gasoil, que posee las siguientes características técnicas:

Tabla 12. Características de la caldera.

Caldera de mechero	
Marca	GESAB, GOTHENBURG ENERGY SYSTEM AB
Modelo	TOH1000V40
Capacidad	100 kW
Viscosidad Máx.	380 cts. / 50°C
Temp. entrada / salida aceite térmico	160/200 °C
Caudal aceite térmico	46 m <sup>3</sup> /h
Volumen Caldera	680 L

Esta caldera es esencial para mantener el fuel oil a la temperatura adecuada para su circulación a lo largo del sistema de combustible. Su funcionamiento es crucial para el manejo eficiente del fuel oil. Durante la navegación, el motor principal, a través de un economizador (también conocido a bordo como caldera de gases), mantiene la temperatura del fuel oil. Los gases de escape calientan el aceite térmico, que a su vez calienta el fuel oil.

Cuando el buque se encuentra en puerto y el motor principal está apagado, la caldera toma el relevo. En este estado, la caldera calienta el aceite térmico, que mantiene el fuel oil a la temperatura adecuada. Esto asegura que el combustible esté en condiciones óptimas cuando se necesite poner en marcha el buque.

Las características técnicas de la caldera de gases, o economizador, son las siguientes:

*Tabla 13. Características de la caldera de gases de escape.*

Caldera de gases de escape	
Marca	GESAB, GOTHENBURG ENERGY SYSTEM AB
Modelo	EGH917V40
Capacidad	914 kW
Temp. entrada / salida aceite térmico	140/180 °C
Caudal aceite térmico	42 m <sup>3</sup> /h
Volumen Caldera	1143 L

El sistema de calefacción y alimentación de combustible del buque Canarias Express incluye dos bombas de alimentación de combustible y un sistema de aceite térmico (thermal oil). Este aceite térmico es calentado ya sea por la caldera o por el economizador, como se ha mencionado anteriormente.

### **Requisitos de Temperatura para el Combustible**

Para asegurar un funcionamiento óptimo, el fuel oil debe calentarse a temperaturas específicas:

- **Tanque de Sedimentación:** El combustible debe alcanzar entre 85 y 95 °C.



- **Tanques de Servicio Diario:** El combustible debe mantenerse entre 95 y 100 °C.

### **Sistema de Calefacción por Aceite Térmico (THO)**

#### Funcionamiento del Sistema:

- **Calefacción de Tanques de Almacenamiento:** Los tanques de almacenamiento de fuel oil están equipados con un sistema de calefacción por aceite térmico para facilitar el trasiego.
- **Circuito Cerrado de Baja Presión:** El sistema de aceite térmico opera en un circuito cerrado de baja presión, recirculando el aceite térmico de nuevo a la caldera después de pasar por un tanque de desaireación.
- **Desaireación:** El tanque de desaireación elimina cualquier aire que haya ingresado en el circuito, asegurando la eficiencia del sistema.

#### Componentes del Sistema de Calefacción por Aceite Térmico:

- **Bombas de Alimentación de Combustible:** Dos bombas encargadas de alimentar el sistema de combustible.
- **Caldera y Economizador:** Dispositivos para calentar el aceite térmico.
- **Tanques de Sedimentación y Servicio Diario:** Equipados con sistemas de calefacción para mantener el fuel oil a las temperaturas óptimas.
- **Tanque de Desaireación:** Elimina el aire del circuito de aceite térmico, asegurando un funcionamiento eficiente y continuo.

El sistema de calefacción y alimentación de combustible del buque Canarias Express está diseñado para mantener el fuel oil a las temperaturas óptimas necesarias para su correcto funcionamiento. Con la integración de dos bombas de alimentación de combustible y un sistema de aceite térmico calentado por la caldera o el economizador, el sistema garantiza que el combustible esté siempre en condiciones óptimas para su uso. La operación en un circuito cerrado de baja presión y la inclusión de un tanque de desaireación aseguran la eficiencia y confiabilidad del sistema.

- Un calentador de aceite térmico (caldera de mechero)
- Un calentador de gases de escape
- Dos bombas de circulación

- Una bomba de transmisión de m.d.o. para el calentador de aceite (doble)
- Un tanque de expansión
- Un tanque desaireador
- Una bomba de llenado y drenaje
- Una bomba de extinción de incendios para el calentador de gases de escape
- Dos bombas de trasiego de aceite térmico
- Una bomba de llenado y drenaje del sistema
- Dos bombas de trasiego de combustible para la caldera de mechero
- Un tanque de expansión para evitar problemas de sobrepresión o fugas
- Dos tanques de almacenamiento para el aceite térmico
- Un tanque de drenaje con una capacidad de 15 m<sup>3</sup>, suficiente para contener todo el aceite del circuito en caso de avería, aproximadamente 5 m<sup>3</sup> de aceite térmico.
- Un enfriador de aceite térmico
- Una bomba contra incendios específica para el calentador de gases de escape.

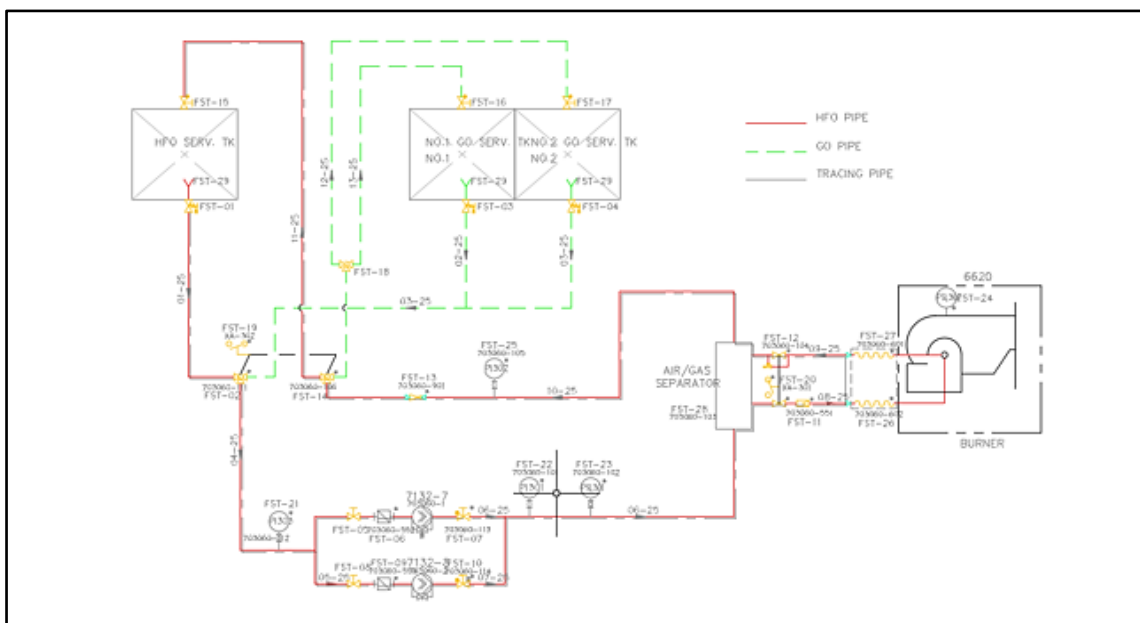


Ilustración 48. Esquema del sistema de combustible del quemador de la caldera de mechero. Fuente: Planos del buque.

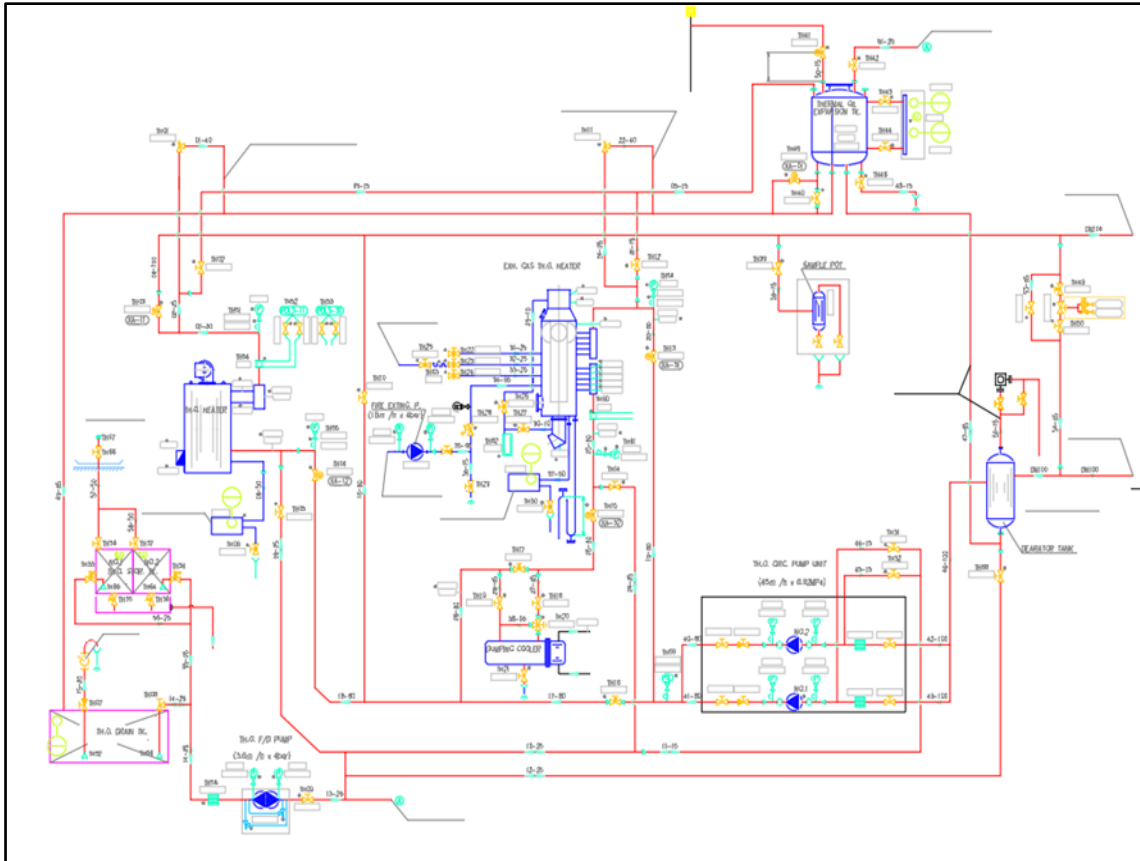


Ilustración 49. Esquema del sistema de aceite térmico con caldera de mechero, caldera de gases, sistema de bombeo, etc. Fuente: Planos del buque.

## 5.2.22. Sistema de aire comprimido

El sistema de aire a bordo del buque es esencial para el funcionamiento eficiente y seguro de diversos equipos y sistemas. Este sistema se divide en dos partes: el sistema de aire comprimido de alta presión para los sistemas de arranque y el sistema de aire comprimido de servicio. A continuación, se describen los componentes principales del sistema de aire, incluyendo los compresores y el secador de aire:

### Sistema de Aire Comprimido de Alta Presión

- **Función:** Proporciona el aire comprimido necesario para los sistemas de arranque del motor principal y otros equipos críticos.
- **Componentes:** Compresores de alta presión, tanques de almacenamiento de aire comprimido.

### Sistema de Aire Comprimido de Servicio

- **Función:** Suministra aire comprimido para diversas tareas y sistemas a bordo, incluyendo herramientas neumáticas, sistemas de control y mantenimiento.
- **Componentes:** Compresores de servicio, redes de distribución de aire comprimido.

### Componentes Principales del Sistema de Aire

#### Compresores de Aire:

- **Alta Presión:** Diseñados para generar aire comprimido a alta presión, utilizado principalmente en el arranque del motor y otros sistemas críticos.
- **Servicio:** Generan aire comprimido para el uso general a bordo, manteniendo la presión adecuada para herramientas y sistemas neumáticos.

#### Secador de Aire:

- **Función:** Elimina la humedad del aire comprimido, asegurando que el aire suministrado esté seco y libre de condensación, lo que protege los equipos y sistemas de posibles daños por humedad.

El sistema de aire a bordo del buque Canarias Express, con sus dos subdivisiones de alta presión y servicio, es fundamental para garantizar la operatividad

y seguridad de los diversos equipos y sistemas. Los compresores y el secador de aire son componentes clave que aseguran un suministro constante y de calidad de aire comprimido, protegiendo y optimizando el funcionamiento del buque.

Tabla 14. Características de los compresores y sus componentes.

Compresores de Aire de Arranque		Motor eléctrico del compresor de alta presión	
Tipo de compresor	Compresor de Alta Presión	Marca	WEG
Marca	J.P. SAUER & SOHN MASCHINENBAU GMBH	Modelo	132M-4 19SET05BT
Modelo	33 L-100	Voltaje	440V
Capacidad	38 m³/h	Intensidad	14.4 A
Presión	30 bar	Frecuencia	60 Hz
Consumo	7.8 kW	Potencia	12.4 kW
Velocidad	1750 rpm	Factor de Potencia	0.88

Este sistema de arranque cuenta con un compresor de alta presión para proporcionar el aire comprimido a alta presión necesario para el arranque del motor principal y de los generadores auxiliares del buque. Este sistema dispone de dos acumuladores de aire con una capacidad de 250 L y 500 L. El compresor está provisto de un motor eléctrico el cual le proporciona la potencia necesaria para operar el compresor de alta presión, asegurando un suministro fiable de aire comprimido durante las operaciones de arranque.



Ilustración 50. Botellas de aire comprimido de arranque en la sala de máquinas del buque. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 15. Características de los compresores de aire de servicio.

Compresores de Aire de Servicio		Motor eléctrico del compresor de baja presión	
Tipo de compresor	Compresor de Baja Presión	Marca	No especificado
Marca	ALUP - Kompressoren GmbH	Modelo	No especificado
Modelo	SCK 15-10 MA 60/50	Voltaje	440V
Capacidad	90 m³/h	Intensidad	10.5 A
Presión	8 bar	Frecuencia	60 Hz
Consumo	11 kW	Potencia	8.5 kW
Velocidad	3500 rpm	Factor de Potencia	0.89

Este sistema de aire de servicio cuenta con un compresor que suministra aire comprimido a baja presión (aire de servicio) para diversas aplicaciones a bordo del buque, tales como sistemas de control, herramientas neumáticas, sistemas de accionamiento, etc. Este compresor cuenta con un motor eléctrico que le proporciona la energía necesaria para operar, garantizando un suministro fiable de aire comprimido para las diversas aplicaciones a bordo. El sistema cuenta con un acumulador de 500 L y un sistema de acondicionamiento del aire de servicio, este es un secador de aire que se utiliza para eliminar la humedad y las impurezas del aire comprimido, garantizando un suministro de aire limpio y seco para los sistemas y equipos que lo requieran, previniendo así la corrosión y el mal funcionamiento de componentes sensibles.



Ilustración 51. Secador de aire en la sala de máquinas. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 16. Características del secador de aire.

Secador de Aire	
Marca	Zander Aufbereitung GmbH & Co. KG
Modelo	11881/1
Volumen	24.5 L
Presión de trabajo	0 - 16 bar
Rango de Temperatura de Trabajo	-10 a 50 °C

Tanto los 3 acumuladores como los manifold de aire están provistos de puntos de purga de agua (esto se debe a la condensación del aire comprimido debido a las altas temperaturas de la sala de máquinas).

### 5.2.23. Motor principal

El buque Canarias Express está equipado con un motor MAK 12VM32C, fabricado por Caterpillar Motoren GmbH & Co. KG. Este motor diésel de alta potencia es esencial en diversas aplicaciones marinas y es reconocido por su diseño robusto y eficiente.

#### Características Técnicas del Motor

##### Configuración y Potencia:

- **Cilindros:** 12 cilindros en V, lo que proporciona una excelente relación potencia-peso y un rendimiento óptimo en diversas condiciones operativas.
- **Potencia:** Capaz de generar una potencia de 6000 kW a 750 rpm.



*Ilustración 52. Motor principal del buque visto de popa a proa. Fuente: Elaboración propia.*



### Sistema de Inyección:

- **Inyección Mecánica:** El motor cuenta con un sistema de inyección mecánica con bombas de combustible independientes que llevan el combustible hacia el inyector mecánico.
- **Inyección Directa y Sobrealimentación:** Equipado con tecnología de inyección directa de combustible y sobrealimentación mediante turbocompresores accionados por gases de escape, lo que garantiza una combustión eficiente y una potencia constante incluso bajo cargas pesadas.

### Versatilidad de Combustible:

- **Tipos de Combustible:** El motor es capaz de operar con diferentes tipos de combustibles, como HFO (Heavy Fuel Oil) y MGO (Marine Gas Oil), lo que lo convierte en una opción versátil y adaptable a diversos entornos y requisitos operativos.

## **Beneficios del Motor MAK 12VM32C**

### Eficiencia y Rendimiento:

- **Alta Potencia:** Con 6000 kW de potencia, el motor proporciona un rendimiento robusto y confiable.
- **Relación Potencia-Peso:** La configuración de 12 cilindros en V asegura una excelente relación potencia-peso, mejorando la eficiencia operativa del buque.

### Tecnología Avanzada:

- **Inyección Directa y Turbocompresores:** La combinación de inyección directa y sobrealimentación mediante turbocompresores asegura una combustión óptima, mejorando la eficiencia del combustible y reduciendo las emisiones.
- **Adaptabilidad:** La capacidad de operar con diferentes tipos de combustibles aumenta la flexibilidad y adaptabilidad del motor en diversas condiciones marinas.

Robustez y Fiabilidad:

- **Diseño Robusto:** Fabricado por Caterpillar Motoren GmbH & Co. KG, el motor MAK 12VM32C está diseñado para soportar las duras condiciones operativas del entorno marino.
- **Mantenimiento:** El diseño del motor facilita su mantenimiento, asegurando una larga vida útil y una operación confiable.

El motor MAK 12VM32C del buque Canarias Express es un componente esencial que combina alta potencia, eficiencia y robustez. Su configuración de 12 cilindros en V, junto con su sistema de inyección mecánica y sobrealimentación mediante turbocompresores, garantiza un rendimiento óptimo y una combustión eficiente. La capacidad de operar con diferentes tipos de combustibles aumenta su versatilidad, convirtiéndolo en una opción ideal para diversas aplicaciones marinas. Este motor, fabricado por Caterpillar Motoren GmbH & Co. KG, es sinónimo de fiabilidad y eficiencia, asegurando la operatividad continua del buque bajo cualquier condición.



*Ilustración 53. Bomba de inyección de combustible independiente fuera del motor principal. Fuente: Elaboración propia.*

## Construcción y Diseño del Motor

### Bloque del Motor:

- **Construcción:** Fabricado a partir de una sola pieza de acero fundido, lo que asegura alta resistencia y durabilidad.
- **Componentes Integrados:** Cojinetes del cigüeñal y del árbol de levas integrados, simplificando el mantenimiento y reduciendo los puntos potenciales de fallo.

### Sistema de Refrigeración:

- **Refrigeración de Agua Dulce:** Utiliza un sistema de refrigeración de agua dulce en circuito cerrado, manteniendo la temperatura del motor dentro de rangos seguros y óptimos de funcionamiento.

### Sistema de Parada de Emergencia:

- **Supervisión y Protección:** Proporciona una protección adicional al motor y a los usuarios al detectar y responder automáticamente a condiciones anormales de operación, como velocidades de rotación excesivas, presiones de aceite insuficientes o temperaturas elevadas.

## Componentes Principales del Motor

### Cárter:

- **Material:** Fabricado en fundición de acero, constituye la base del motor.
- **Capacidad de Aceite:** Contiene 5 m<sup>3</sup> de aceite.
- **Diseño:** Incluye una cavidad para el montaje del eje de cigüeñales, asegurando la rigidez del conjunto mediante soportes de fundición de acero y tornillos de dilatación.

### Culatas:

- **Material:** Fabricadas en acero fundido, con un peso de 345 kg cada una.
- **Características:** Equipadas con 2 válvulas de escape y 2 de admisión, con asientos blindados y un dispositivo rotador de válvulas para evitar daños. Se recomienda su cambio cada 1500 horas de trabajo.

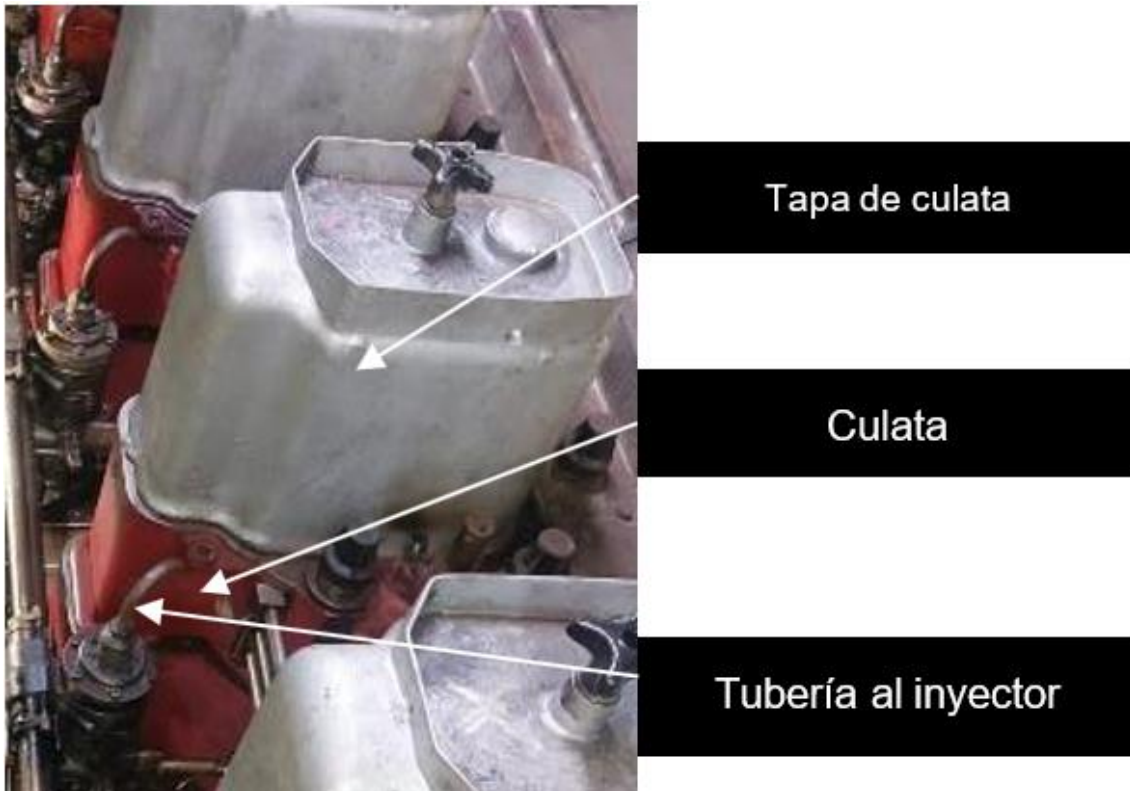


Ilustración 54. Parte alta del motor principal. Fuente: Elaboración propia.

#### Tren Alternativo:

- **Componentes:** Incluye cabeza de pistón, pistón, biela y cojinetes de pie y cabeza de biela.
- **Función:** Garantiza el movimiento eficiente y preciso del pistón.



Ilustración 55. Tren alternativo observado desde la tapa del cárter de dicha unidad de potencia. Fuente: Elaboración propia.

Pistones:

- **Peso:** 150 kg cada uno.
- **Material:** Construidos con acero en la cabeza y la falda, equipados con dos aros de compresión cromados y cajas de aros de acero.

Camisas:

- **Material:** Fabricadas en acero endurecido moldeado centrifugamente, con un peso de 265 kg cada una.
- **Mantenimiento:** Se recomienda su revisión cada 1500 horas y su reemplazo cada 3000 horas.

Biela:

- **Peso:** 241 kg cada una.
- **Material:** Fabricadas en acero estampado, con revestimiento de bronce al plomo.
- **Diseño:** Facilita el desmontaje del pistón sin manipular el cojinete de cabeza de biela.

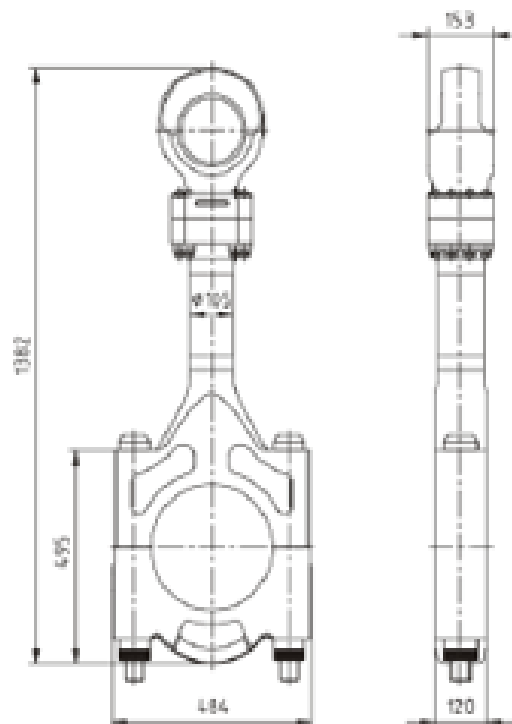


Ilustración 56. Dimensiones de la biela. Fuente: Manuel del motor del buque.

Cigüeñal:

- **Material:** Acero, con tapas de cojinetes de bancada y cojinetes de cabeza de biela para protegerlos de la corrosión.

Árbol de Levas:

- **Configuración:** Formado por seis secciones, una por cilindro.
- **Función:** Acciona las bombas de inyección y las varillas de empuje que gobiernan los balancines de las válvulas de admisión y escape.



*Ilustración 57. Sección del árbol de levas con el taqué correspondiente a la leva. Fuente: Elaboración propia.*

Amortiguador de Vibraciones (DUMPER):

- **Función:** Se monta en el eje del cigüeñal para amortiguar las vibraciones del motor.

Volante de Inercia:

- **Características:** Ligero y equipado con una corona dentada, conectado mediante un acoplamiento elástico para transmitir el movimiento al sistema.

Regulador Hidráulico:

- **Función:** Controla la cantidad de combustible que llega a los inyectores, garantizando un funcionamiento estable del motor y amortiguando los cambios de carga.



*Ilustración 58. Regulador hidráulico de motor principal. Fuente: Elaboración propia.*



### Colector de Gases de Escape:

- **Diseño:** Aislado térmicamente y equipado con compensadores de dilatación para resistir fluctuaciones a altas temperaturas.

### Reductora:

- **Función:** Permite el acople del motor principal con el eje de la hélice, reduciendo la velocidad de giro para evitar la cavitación de la hélice y la pérdida de eficiencia. Además, permite la conexión del generador de cola para transmitir movimiento.

### Enfriador de Aire de Carga:

- **Funcionamiento:** Refrigera el aire de admisión en dos etapas: la primera con agua de alta temperatura y la segunda con agua de baja temperatura, mejorando la eficiencia del proceso de combustión.



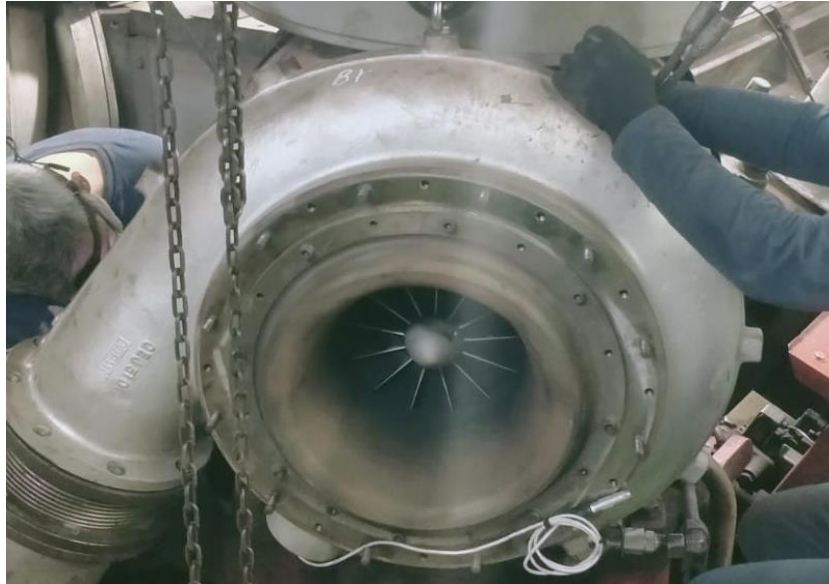
*Ilustración 59. Caja de bombas y enfriador de carga. Fuente: Elaboración propia.*

### Turbocompresores:

- **Cantidad:** Dos turbocompresores, uno por línea de cilindros.
- **Funcionamiento:** Aumentan la presión del aire de carga utilizando la energía de los gases de escape, trabajando a aproximadamente 25,000 rpm para mejorar el rendimiento del motor.



Esta parte del motor es muy delicada y debe trabajarse con unos rangos de temperatura óptimos para así evitar averías, este equipo en concreto tiene unas horas de trabajo cuando estas se cumplen debe ser sustituido evitando así averías y acontecimientos peligrosos en navegación.



*Ilustración 60. Desmontaje del turbocompresor de babor del motor principal. Fuente: Elaboración propia.*



*Ilustración 61. Turbina de gases del turbocompresor de babor. Fuente: Elaboración propia.*

Virador:

- **Función:** Permite girar el motor principal lentamente cuando está apagado, facilitando la inspección y el mantenimiento de diferentes partes sin necesidad de arrancar el motor.



*Ilustración 62. Virador del motor principal (tecle inferior). Fuente: Elaboración propia.*

Este proceso se realiza para revisar y realizar trabajos de mantenimiento en el motor. Al girar el motor lentamente, se pueden inspeccionar diferentes partes sin la necesidad de arrancar el motor. El virador en este caso se engrana a través de un volante con el cual desplazamos el engranaje del virador para acoplarse y desacoplarse del volante de inercia del motor principal.

## 5.2.24. Tecele inferior

### Cuadro de parámetros del motor principal:

El cuadro de parámetros del motor principal del buque Canarias Express es una herramienta esencial para la operación y supervisión del motor, fabricado por Caterpillar. Este cuadro, parte integral del motor de serie, permite el control y monitoreo de múltiples aspectos del motor principal de manera local, desde la sala de máquinas.

### Funcionalidades del Cuadro

#### Control Local:

- **Arranque y Parada:** Permite iniciar y detener el motor principal de manera segura y eficiente.
- **Soplado del Motor:** Equipado con una palanca de corte de combustible que facilita el soplado, un proceso esencial para limpiar y preparar el motor antes del arranque.

#### Monitoreo de Parámetros:

- **Manómetros de Presión:** Proporciona lecturas precisas de la presión en los diferentes sistemas del motor principal, permitiendo una supervisión constante y detallada.
- **Control Digital:** Ofrece una interfaz digital para observar y gestionar los diversos parámetros del motor, asegurando que todos los sistemas funcionen dentro de los rangos operativos óptimos.

### Parámetros Supervisados

El cuadro de parámetros del motor principal proporciona una amplia gama de datos cruciales para la operación y mantenimiento del motor. Entre los parámetros más importantes que se monitorean se incluyen:

#### Presión:

- **Sistema de Lubricación:** Indicadores de presión del aceite lubricante, esencial para mantener los componentes del motor en condiciones óptimas.

- **Sistema de Combustible:** Lecturas de presión del combustible, asegurando una inyección adecuada y eficiente.
- **Sistema de Refrigeración:** Monitoreo de la presión del agua de refrigeración, garantizando que el motor se mantenga a una temperatura segura.

Temperatura:

- **Cabeza del Cilindro:** Control de la temperatura en las cabezas de los cilindros para evitar sobrecalentamientos.
- **Aceite Lubricante:** Monitoreo de la temperatura del aceite para asegurar una lubricación eficaz.

Velocidad y Revoluciones:

- **Revoluciones por Minuto (RPM):** Indicación de las RPM del motor, permitiendo ajustar y controlar la velocidad de operación.
- **Velocidad de Flujo:** Control del flujo de los diversos fluidos que circulan a través del motor.

Otros Parámetros:

- **Niveles de Fluido:** Monitoreo de los niveles de aceite, combustible y refrigerante para asegurar que se encuentren dentro de los rangos adecuados.
- **Alertas y Alarmas:** Sistema de alarmas para notificar cualquier anomalía o condición operativa peligrosa, facilitando una respuesta rápida y efectiva.

El cuadro de parámetros del motor principal del buque Canarias Express es una herramienta integral para el control y monitoreo del motor. Con su capacidad para gestionar múltiples funciones y parámetros críticos, este cuadro asegura que el motor opere de manera eficiente y segura. El acceso a datos en tiempo real, tanto analógicos como digitales, permite a la tripulación tomar decisiones informadas y realizar un mantenimiento preventivo eficaz, contribuyendo significativamente a la operatividad y longevidad del motor.



Ilustración 63. Cuadro de parámetros del motor principal en la sala de máquinas (tecle inferior). Fuente: Elaboración propia.

A continuación mostramos una tabla con los parámetros que podemos obtener del motor principal en dicho cuadro:

Parámetros del Motor principal (Cuadro del MP Caterpillar)	
Lista de parámetros:	
Temperaturas	Presiones
Termómetro de aceite lubricante.	Manómetro de presión de aire de sobrealimentación.
Termómetro para el agua de refrigeración a la salida del motor.	Manómetro de presión de combustible.
Indicador digital de temperaturas de gases de escape en cada cilindro.	Manómetros de presión de aceite lubricante
Temperatura de gases de escape (entrada a la turbo).	Presión de entrada al filtro automático de aceite.
Temperatura de gases de escape (salida de la turbo).	Presión a la salida del filtro.
Temperatura del aire de carga a la salida del turbo.	Manómetros de presión de agua dulce de refrigeración.
Temperatura de la bancada de la turbo A	Presión de agua en enfriador de aceite.
Temperatura de la bancada de la turbo B	Presión de agua en enfriador de aire de carga.

### 5.2.25. Separador de aguas oleosas o de sentina.

Un separador de sentinas es un equipo utilizado para tratar el agua de sentina, que es una mezcla de agua, aceite, combustibles y otros contaminantes que se acumulan en el fondo del barco (la sentina) debido a filtraciones, limpieza y otras operaciones a bordo. El objetivo principal del separador de sentinas es separar el agua del aceite y otros contaminantes oleosos antes de ser descargada al mar, cumpliendo con las regulaciones medioambientales internacionales.

Para su mejor comprensión podemos decir que el sistema funciona por los procesos siguientes:

- **Proceso de Separación:** El agua de Sentina entra en el separador.



- **Separación Inicial:** En la primera etapa, los contaminantes más pesados se sedimentan y los aceites más ligeros comienzan a separarse debido a la diferencia de densidad.
- **Coalescencia:** Los separadores suelen tener coalescedores, que son elementos que ayudan a agrupar las pequeñas gotas de aceite en gotas más grandes, facilitando su separación del agua.
- **Filtración:** A continuación, el agua pasa a través de varios filtros que eliminan partículas sólidas y otros contaminantes.
- **Deshidratación del Aceite:** Los aceites separados se recogen en un tanque de lodos.



*Ilustración 64. Separador de aguas de sentina ubicado en la sala de máquinas (tecle inferior). Fuente: Elaboración propia.*

- **Salida de Agua Tratada:** El agua tratada, con un contenido oleoso muy bajo, se descarga de manera segura al mar o se envía a sistemas de tratamiento adicionales si es necesario

Las regulaciones internacionales, como el Convenio MARPOL (Convenio Internacional para Prevenir la Contaminación por los Buques), establecen límites estrictos sobre la cantidad de aceite que puede estar presente en el agua de sentina descargada al mar.

### **Límite de Contaminación**

#### Contenido de Aceite:

- **Normativa:** Según el Convenio MARPOL, el contenido de aceite en el agua de sentina debe ser inferior a 15 partes por millón (ppm).
- **Objetivo:** Esta restricción tiene como objetivo proteger el medio ambiente marino, previniendo la contaminación causada por descargas de agua de sentina que contienen aceite y otros contaminantes.

### **Cumplimiento y Monitoreo**

#### Sistemas de Separación y Filtración:

- **Equipamiento:** Los buques deben estar equipados con sistemas de separación y filtración de aceite que aseguren que el contenido de aceite en el agua de sentina esté dentro de los límites permitidos antes de su descarga.
- **Tecnología:** Estos sistemas incluyen separadores de agua y aceite, filtros coalescentes y monitores de contenido de aceite que verifican constantemente la calidad del agua de sentina.

#### Procedimientos Operativos:

- **Monitoreo Continuo:** Los operadores del buque deben realizar monitoreos continuos del agua de sentina para asegurar que el contenido de aceite se mantenga por debajo de 15 ppm.
- **Registro y Reporte:** Es necesario mantener registros detallados de las operaciones de gestión del agua de sentina y de las descargas, cumpliendo con las normativas de MARPOL y permitiendo auditorías y verificaciones.



## **Impacto Ambiental y Beneficios**

### Protección del Medio Ambiente:

- **Reducción de Contaminación:** El cumplimiento de los límites de contenido de aceite en el agua de sentina contribuye significativamente a la reducción de la contaminación marina.
- **Preservación de Ecosistemas:** Mantener bajos niveles de contaminación ayuda a preservar la biodiversidad y la salud de los ecosistemas marinos.

### Responsabilidad y Sostenibilidad:

- **Responsabilidad Operativa:** Cumplir con las regulaciones internacionales demuestra el compromiso del buque con la responsabilidad ambiental y la sostenibilidad.
- **Mejora de la Imagen:** Adherirse a estos estándares puede mejorar la reputación del buque y de su operador en la industria marítima, mostrando un enfoque proactivo hacia la gestión ambiental.

### 5.2.26. CPP (Sistema hidráulico del paso variable)

El sistema de control CPP (Controllable Pitch Propeller) de paso variable es fundamental para la operación eficiente y segura de un buque. Este sistema permite ajustar el ángulo de las palas de la hélice, proporcionando un control preciso sobre la propulsión del barco sin necesidad de cambiar la velocidad del motor principal.



*Ilustración 65. Sistema hidráulico de paso variable ubicado en la sala de máquinas (tecle inferior). Fuente: Elaboración propia.*

En un sistema CPP, el ángulo de las palas de la hélice puede ser variado desde la posición de paso cero (donde las palas están alineadas con el flujo de agua y no producen empuje) hasta el ángulo máximo (donde se produce el empuje máximo). Este control se realiza generalmente mediante un sistema hidráulico que ajusta el ángulo de las palas según las órdenes del sistema de control del buque.

El sistema de control CPP incluye varios componentes clave:

- **Unidad de Control del CPP:** Es el cerebro del sistema, que recibe las órdenes del puente de mando y ajusta el ángulo de las palas en consecuencia. Este puede ser un control manual o automatizado, dependiendo de la configuración del buque.

- **Bomba Hidráulica:** Suministra el aceite hidráulico a alta presión necesario para mover los mecanismos que ajustan las palas de la hélice.
- **Servomotor Hidráulico:** Convierten la presión del aceite hidráulico en movimiento mecánico, ajustando el ángulo de las palas de la hélice.
- **Sistema de Enfriamiento del Aceite Hidráulico:** Asegura que el aceite hidráulico se mantenga a una temperatura óptima para un funcionamiento eficiente y sin fallos.
- **Sensores y Transductores:** Monitorean la posición de las palas, la presión del aceite hidráulico y otros parámetros críticos, enviando esta información a la unidad de control.

El proceso de control de un sistema CPP puede describirse de la siguiente manera:

- **Entrada de Comando:** El operador en el puente de mando ajusta la palanca de control de paso de la hélice para cambiar la velocidad y dirección del buque.
- **Señal de Control:** La unidad de control del CPP recibe esta entrada y calcula el ángulo de las palas necesario para cumplir con la orden.
- **Acción Hidráulica:** La bomba hidráulica envía aceite a presión al servomotor, que ajusta las palas de la hélice al ángulo deseado.
- **Monitoreo y Ajuste:** Los sensores monitorean continuamente la posición de las palas y otros parámetros, enviando retroalimentación a la unidad de control para realizar ajustes finos si es necesario.

El sistema CPP permite una gran flexibilidad y eficiencia en la operación del buque. Al poder ajustar el ángulo de las palas, el buque puede manejarse con mayor precisión, mejorar la eficiencia del combustible y reducir el desgaste del motor. Además, es posible invertir el empuje rápidamente para maniobras de emergencia o atraco sin necesidad de cambiar la dirección de rotación del motor, lo que proporciona una respuesta más rápida y segura en situaciones críticas.

## 6. Conclusiones

El análisis detallado del buque "Canarias Express" revela varias observaciones significativas sobre su operatividad, mantenimiento y sostenibilidad. El buque muestra una eficiencia notable en sus sistemas de propulsión y generación de energía, esenciales para su rendimiento durante las operaciones marítimas. Sin embargo, para mantener esta eficiencia, es crucial implementar un programa de mantenimiento preventivo más riguroso, especialmente en componentes críticos como las bombas y sistemas de refrigeración.

Los sistemas de seguridad del buque, incluyendo las bombas contra incendios y las alarmas, están bien mantenidos y cumplen con las normativas internacionales. No obstante, la capacitación continua de la tripulación en la operación y mantenimiento de estos sistemas es fundamental para asegurar una respuesta efectiva en emergencias. La sala de máquinas operando bajo un sistema no atendido (UMS) también refleja una avanzada gestión de operaciones, permitiendo una supervisión remota eficiente.

En términos de sostenibilidad, el buque cumple con las normativas medioambientales de la IMO y MARPOL, especialmente en la gestión de aguas residuales y reducción de emisiones. Sin embargo, existen áreas donde se puede mejorar, como la implementación de tecnologías más avanzadas en el tratamiento de aguas y la adopción de sistemas de tratamiento de gases de escape para reducir aún más las emisiones.

La digitalización y automatización de los sistemas del buque, como el uso de SCADA, pueden mejorar significativamente la gestión operativa y la eficiencia energética. La actualización regular de los sistemas de navegación y comunicación es esencial no solo para mejorar la seguridad y eficiencia, sino también para cumplir con las normativas más recientes y mantener la competitividad.

El "Canarias Express" enfrenta desafíos relacionados con el cambio climático y la necesidad de mejorar su sostenibilidad operativa. La adopción de combustibles alternativos y tecnologías de propulsión más limpias puede reducir la huella de carbono del buque, contribuyendo a los esfuerzos globales contra el cambio climático. Además, la colaboración con los puertos para mejorar la infraestructura y la integración de tecnologías de IoT pueden optimizar las operaciones y reducir los tiempos de espera en puerto, aumentando la eficiencia logística.

En resumen, el "Canarias Express" es un buque técnicamente avanzado y operativamente eficiente. Para mantener su excelencia operativa y asegurar su sostenibilidad a largo plazo, es fundamental adoptar un enfoque proactivo en el mantenimiento, implementar tecnologías avanzadas y cumplir estrictamente con las normativas medioambientales. Estas medidas no solo mejorarán la eficiencia y seguridad del buque, sino que también contribuirán a la protección del medio ambiente marino y al desarrollo sostenible de la industria marítima.

## 7. Conclusions

The detailed analysis of the "Canarias Express" ship reveals several significant observations about its operability, maintenance, and sustainability. The ship demonstrates notable efficiency in its propulsion and power generation systems, which are essential for its performance during maritime operations. However, to maintain this efficiency, it is crucial to implement a more rigorous preventive maintenance program, especially for critical components such as pumps and refrigeration systems.

The ship's safety systems, including fire pumps and alarms, are well-maintained and comply with international regulations. Nonetheless, continuous crew training in the operation and maintenance of these systems is fundamental to ensuring an effective response in emergencies. The engine room operating under an Unattended Machinery Space (UMS) system also reflects advanced operational management, allowing efficient remote supervision.

In terms of sustainability, the ship complies with IMO and MARPOL environmental regulations, particularly in wastewater management and emission reduction. However, there are areas for improvement, such as implementing more advanced technologies in water treatment and adopting exhaust gas treatment systems to further reduce emissions.

The digitization and automation of the ship's systems, such as the use of SCADA, can significantly improve operational management and energy efficiency. Regular updates of navigation and communication systems are essential not only to enhance safety and efficiency but also to comply with the latest regulations and maintain competitiveness.

The "Canarias Express" faces challenges related to climate change and the need to improve its operational sustainability. Adopting alternative fuels and cleaner propulsion technologies can reduce the ship's carbon footprint, contributing to global efforts against climate change. Additionally, collaboration with ports to improve infrastructure and the integration of IoT technologies can optimize operations and reduce port waiting times, increasing logistical efficiency.

In summary, the "Canarias Express" is a technically advanced and operationally efficient ship. To maintain its operational excellence and ensure long-term sustainability, it is essential to adopt a proactive approach to maintenance, implement advanced

technologies, and strictly comply with environmental regulations. These measures will not only improve the ship's efficiency and safety but also contribute to the protection of the marine environment and the sustainable development of the maritime industry..

## 8. Bibliografía

Esta bibliografía incluye tanto publicaciones académicas y técnicas relevantes como los manuales y documentos de abordaje específicos del buque "Canarias Express", proporcionando una referencia completa para el estudio y análisis del buque.

1. Calderón, J. y Martínez, L. (2019). Sistemas de Propulsión Naval. Universidad Politécnica de Madrid.
2. Díaz, F. (2020). Manual de Mantenimiento Preventivo en Buques. Editorial Océano.
3. Escobar, P. (2018). Seguridad Marítima: Sistemas y Normativas. Editorial Nautilus.
4. Fernández, R. (2022). Ingeniería de Sistemas de Refrigeración y Aire Acondicionado en Buques. Instituto Marítimo Español.
5. García, M. y Rodríguez, S. (2017). Tecnologías de Tratamiento de Aguas Residuales en el Sector Naval. Universidad de La Laguna.
6. Gómez, J. (2019). Digitalización y Automatización en la Industria Marítima. Editorial Mare Nostrum.
7. Hernández, A. (2021). Impacto Ambiental de las Emisiones Marinas y Tecnologías de Reducción. Editorial Mediterráneo.
8. Instituto de Estudios Marítimos (2020). Normativas Internacionales sobre Seguridad y Medio Ambiente en el Transporte Marítimo. Publicaciones del IEM.
9. Jiménez, C. (2018). Gestión Energética en Buques: Tecnologías y Eficiencia. Universidad de Barcelona.
10. López, V. (2021). Navegación y Comunicaciones en el Transporte Marítimo Moderno. Editorial Océano Azul.
11. Martínez, P. (2019). Sistemas de Combustible en Buques: Diseño y Mantenimiento. Universidad Politécnica de Cataluña.
12. Navarro, L. (2022). Innovaciones en Infraestructura Portuaria y Logística Marítima. Editorial Portus.



13. Ortega, E. (2020). Cambio Climático y Transporte Marítimo: Desafíos y Soluciones. Editorial Verde Mar.
14. Sánchez, J. (2022). Sostenibilidad en el Transporte Marítimo: Normativas y Tecnologías Verdes. Editorial EcoMar.
15. Wärtsilä Propulsion Netherlands B.V. (2024). Manual Técnico de la Hélice de Maniobra de Proa FT175H. Documentación de abordaje del "Canarias Express".
16. Woelfer. (2024). Especificaciones del Motor de Túnel MSODK355L-4bbb. Documentación de abordaje del "Canarias Express".
17. Speckpumpend Hilpolstein. (2024). Manual de la Bomba Contraincendios 125-100/400-8040. Documentación de abordaje del "Canarias Express".
18. ABB Motors. (2024). Manual del Motor M3AA200MLC-4. Documentación de abordaje del "Canarias Express".
19. MAN. (2024). Manual de los Motores Auxiliares D2842LE301. Documentación de abordaje del "Canarias Express".
20. Hamworthy Wastewater. (2024). Manual de la Planta Séptica ST2A. Documentación de abordaje del "Canarias Express".
21. Stamford AC Generators. (2024). Manual del Alternador UC-M274G2. Documentación de abordaje del "Canarias Express".
22. SISUDIESEL. (2024). Manual del Motor del Generador de Emergencia 634DSBG. Documentación de abordaje del "Canarias Express".
23. Wärtsilä. (2024). Manual del Sistema de Refrigeración y Aire Acondicionado. Documentación de abordaje del "Canarias Express".
24. Wärtsilä. (2024). Manual del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales. Documentación de abordaje del "Canarias Express".

## Permiso de divulgación del Trabajo Final de Grado

El alumno **Alfonso Montiel Mancha**, autor del trabajo final de Grado titulado “**Sistemas Auxiliares y Principales del Buque Canarias Express**”, y tutorizado por el profesor **D. José Agustín González Almeida**, a través del acto de presentación de este documento de forma oficial para su evaluación (registro en la plataforma de TFG), manifiesta que **(NO PERMITE)** la divulgación de este trabajo, una vez sea evaluado por parte de la Universidad de La Laguna por contener información sensible perteneciente a empresas y entidades privadas.