

# **Sistemas esenciales del motor MAK 12VM32C**

**Trabajo Fin de Grado**  
Grado en Tecnologías Marinas  
Julio de 2023

Autor:  
**Taylor De Luis Plasencia**

Tutor/a:  
Prof. Dr. M<sup>a</sup> del Cristo Adrián de Ganzo

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

---



D/D<sup>a</sup>. M<sup>a</sup> del Cristo Adrián de Ganzo, Profesora de la UD de Marina Civil perteneciente al Departamento de Ingeniería Civil, Náutica y Marítima de la Universidad de La Laguna:

Expone que:

D. **Taylor De Luis Plasencia**, ha realizado bajo mi dirección el trabajo fin de grado titulado: **Sistemas esenciales del motor MAK 12VM32C**.

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

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

En Santa Cruz de Tenerife a 12 de junio de 2023.

Fdo.: M<sup>a</sup> del Cristo Adrián de Ganzo.

Tutora del trabajo.





De Luis Plasencia, T. (2023). *Sistemas esenciales del buque Andalucía Express*. Trabajo de Fin de Grado. Universidad de La Laguna.

## RESUMEN

La finalidad que se quiere conseguir con este documento es desarrollar los sistemas esenciales de un tipo de motor en concreto, el MAK 12VM32C. Para ello, he aprovechado mi estancia en el buque "Andalucía Express", donde he tenido la oportunidad de desarrollar mis prácticas profesionales como alumno de máquinas. Desgraciadamente, no es posible explicar las tareas que se realizan a bordo en su totalidad, debido a que son muchísimas. No obstante, he intentado explicar todo con alta calidad de detalles, imágenes, tablas y todo tipo de datos.

Posteriormente al estudio de los sistemas esenciales del motor, veremos cuales son los mantenimientos que se llevan a cabo del mismo, con el fin de mantener correctamente los mantenimientos preventivos, predictivos y correctivos.

Finalmente, se da lugar al cierre del trabajo con una serie de conclusiones que, como autor, he sacado durante todo este proceso. Hablo de varios temas, entre ellos, mi experiencia a bordo, la importancia que tienen desde mi punto de vista realizar los mantenimientos dentro de sus periodos, la capacidad que debemos de tener los marinos para permanecer en un proceso de aprendizaje constante o incluso, llego a citar varias normativas relacionadas con el ámbito marítimo.



De Luis Plasencia, T. (2023). *Sistemas esenciales del buque Andalucía Express*. Trabajo de Fin de Grado. Universidad de La Laguna.

## **ABSTRACT**

The purpose of this document is to develop the essential systems of a particular type of engine, the MAK 12VM32C. For this, I've taken advantage of my stay on the ship "Andalucía Express", where I've had the opportunity to spend my professional practices as a engine cadet. Unfortunately, it wouldn't be possible to explain the tasks that are carried out on board completely, because there are too many. However, I've tried to explain everything with the best quality of details, images, tables and all kinds of data.

After studying the essential engine systems, we'll see what maintenance is carried out on it, in order to correctly maintain preventive, predictive and corrective maintenance.

Finally, the work is closed with a series of conclusions that, as an author, I've taken out during this whole process. I talk about various topics, among them, my experience on board, the importance that carrying out maintenance within its periods have from my point of view, the ability that we as sailors must have to remain in a constant learning process or even, I cite several regulations related to the maritime field.



## AGRADECIMIENTOS

---

*Disciplina, constancia, esfuerzo, dedicación, valor, aptitud, confianza, ambición y paciencia, mucha paciencia. Todas estas palabras definen la etapa que he vivido al elegir esta profesión. Ha sido un camino largo y muy duro, pero al final todo esfuerzo tiene su recompensa.*

*Agradecer a mis familiares y amigos por haberme apoyado constantemente, sin ellos, no tengo ninguna duda de que NO lo hubiera conseguido. Por otro lado, me gustaría agradecer a los compañeros de profesión por haberme acogido tan bien a bordo, por ayudarme a mejorar y enseñarme cosas nuevas cada día, tanto dentro como fuera de la sala de máquinas.*

*A pesar de todo lo que me ha costado, volvería a elegir de nuevo esta profesión y se la recomiendo a todo el mundo. He trabajado duro, muy duro, pero ha sido una experiencia extraordinaria.*

---



<b>I. INTRODUCCION .....</b>	<b>25</b>
1.1.    Introducción .....	25
<b>II. OBJETIVOS.....</b>	<b>28</b>
2.1.    Objetivos generales .....	28
2.2.    Objetivos específicos .....	28
<b>III. REVISION Y ANTECEDENTES.....</b>	<b>31</b>
3.1.    Tipos de sistemas del buque .....	31
<b>IV. METODOLOGIA.....</b>	<b>34</b>
4.1.    Material.....	34
4.1.1.    Características del buque.....	34
4.1.2.    Espacios de máquinas .....	41
4.2.    Metodología.....	83
<b>V. RESULTADOS .....</b>	<b>86</b>
5.1.    Descripción de los sistemas esenciales del motor principal .....	86
5.1.1.    Sistema de combustible .....	88
5.1.1.1.    Estación de bunker. ....	92
5.1.1.2.    Tanques de almacén.....	101
5.1.1.3.    Bombas de trasiego. ....	104
5.1.1.4.    Tanques de sedimentación. ....	106
5.1.1.5.    Depuradoras .....	109
5.1.1.6.    Tanques de servicio diario. ....	113
5.1.1.7.    Módulo de combustible. ....	114
5.1.1.7.1.    Válvula de tres vías.....	115
5.1.1.7.2.    Filtro frío.....	115
5.1.1.7.3.    Bombas de alimentación. ....	116
5.1.1.7.4.    Filtro automático.....	118
5.1.1.7.5.    Caudalímetro.....	119

5.1.1.7.6. Tanque de mezcla.....	120
5.1.1.7.7. Bombas booster.....	121
5.1.1.7.8. Calentadores.....	122
5.1.1.7.9. Viscosímetro.....	123
5.1.1.8. Filtro dúplex.....	124
5.1.1.9. Entrada al motor principal.....	125
5.1.2. Sistema de lubricación.....	126
5.1.2.1. Sistema de purificación de aceite.....	127
5.1.2.1.1. Consumo.....	128
5.1.2.1.2. Tanques de almacén.....	129
5.1.2.1.3. Tanque de circulación de aceite.....	130
5.1.2.1.4. Depuradora.....	131
5.1.2.2. Sistema de lubricación del motor principal.....	133
5.1.2.2.1. Bombas.....	135
5.1.2.2.2. Filtro automático.....	136
5.1.2.2.3. Enfriador.....	137
5.1.2.2.4. Filtro doble.....	138
5.1.3. Sistema de refrigeración.....	140
5.1.3.1. Sistema de refrigeración de alta temperatura.....	142
5.1.3.1.1. Tanque de expansion de HT.....	143
5.1.3.1.2. Bombas.....	144
5.1.3.1.3. Enfriador de aire de carga.....	146
5.1.3.1.4. Refrigeración en el interior del motor.....	148
5.1.3.1.5. Termostática salida del motor.....	149
5.1.3.1.6. Evaporador.....	150
5.1.3.1.7. Enfriador de HT.....	152
5.1.3.1.8. Termostática salida del enfriador de HT.....	153
5.1.3.1.9. FCW FP hacia FCW DT.....	154
5.1.3.2. Sistema de refrigeración de baja temperatura.....	155
5.1.3.2.1. Tanque de expansion.....	157



5.1.3.2.2. Bombas .....	158
5.1.3.2.3. Enfriadores .....	160
5.1.4. Sistema de aire .....	163
5.1.4.1. Sistema de aire de arranque .....	165
5.1.4.1.1. Compresores .....	166
5.1.4.1.2. Botellas .....	170
5.1.4.1.3. Entrada al motor.....	172
5.1.4.1.4. Secador de aire.....	173
5.1.4.2. Sistema de aire de servicio .....	175
5.1.4.2.1. Ventilación .....	175
5.1.4.2.2. Turbocompresores .....	176
5.1.4.2.3. Enfriador.....	180
5.2. Mantenimientos .....	183
<b>VI. CONCLUSIONES .....</b>	<b>203</b>
6.1. Conclusiones .....	203
<b>VII. BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>207</b>
7.1. Bibliografía.....	207
<b>VIII. ANEXOS.....</b>	<b>211</b>

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

---

ILUSTRACIÓN 1. PERFIL DEL BUQUE. FUENTE: PLANOS DEL BUQUE. ....	35
ILUSTRACIÓN 3. PLANTA DEL BUQUE, CUBIERTA SUPERIOR. FUENTE: PLANOS DEL BUQUE. ....	35
ILUSTRACIÓN 2. PLANTA DEL BUQUE, CUBIERTA PASSAGE WAY. FUENTE: PLANOS DEL BUQUE. ....	35
ILUSTRACIÓN 4. PLANTA DEL BUQUE, CUBIERTA PRINCIPAL. FUENTE: PLANOS DEL BUQUE. ....	36
ILUSTRACIÓN 5. PLANTA DEL BUQUE, CUBIERTA INFERIOR. FUENTE PLANOS DEL BUQUE. ....	36
ILUSTRACIÓN 6. PERFIL DE LA SALA DE MÁQUINAS. FUENTE: PLANOS DEL BUQUE. ....	37
ILUSTRACIÓN 7. PLANTA DE LA SALA DE MÁQUINAS, TECLE INFERIOR. PLANOS DEL BUQUE. ....	38
ILUSTRACIÓN 8. PLANTA DE LA SALA DE MÁQUINAS, TECLE SUPERIOR. PLANOS DEL BUQUE. ....	39
ILUSTRACIÓN 9. ALZADO DE LA ZONA DEL ECONOMIZADOR. PLANOS DEL BUQUE. ....	40
ILUSTRACIÓN 10. DISPOSICIÓN DEL CONTROL DE LA SALA DE MÁQUINAS. ELABORACIÓN PROPIA. ....	41
ILUSTRACIÓN 11. PANEL DE CONTROL GENERAL. ELABORACIÓN PROPIA. ....	42
ILUSTRACIÓN 12. CUADROS ELÉCTRICOS. ELABORACIÓN PROPIA. ....	43
ILUSTRACIÓN 13. CUADRO ELÉCTRICO, HÉLICES TRANSVERSALES. ELABORACIÓN PROPIA. ....	44
ILUSTRACIÓN 14. CUADRO ELÉCTRICO, COUPLING SWITCH. ELABORACIÓN PROPIA. ....	44
ILUSTRACIÓN 15. CONTROL DE MÁQUINAS. ELABORACIÓN PROPIA. ....	45
ILUSTRACIÓN 16. NIVELES DE LOS TANQUES DE COMBUSTIBLE. ELABORACIÓN PROPIA. ....	45
ILUSTRACIÓN 17. SONDAS DE LOS TANQUES DE COMBUSTIBLE Y AGUA. ELABORACIÓN PROPIA. ....	46
ILUSTRACIÓN 18. SISTEMA DE ACHIQUE DE POCETES. ELABORACIÓN PROPIA. ....	46
ILUSTRACIÓN 19. ÁREA DE MANUALES Y EQUIPOS DE EMERGENCIA. ELABORACIÓN PROPIA. ....	47
ILUSTRACIÓN 20. PLANTA DE LASTRE Y BOMBAS DE AGUA SALADA. ELABORACIÓN PROPIA. ....	48
ILUSTRACIÓN 21. ENTRADA SALA DE BOMBAS. ELABORACIÓN PROPIA. ....	48
ILUSTRACIÓN 22. TOMA DE ACEITE DE MOTORES AUXILIARES. ELABORACIÓN PROPIA. ....	49
ILUSTRACIÓN 23. LOCAL DE MOTORES AUXILIARES. ELABORACIÓN PROPIA. ....	49
ILUSTRACIÓN 24. DISPARO DE CO2 LOCAL DE DEPURADORAS. ELABORACIÓN PROPIA. ....	50
ILUSTRACIÓN 25. LOCAL DE DEPURADORAS. ELABORACIÓN PROPIA. ....	50
ILUSTRACIÓN 27. PAÑOL DE REPUESTOS. ELABORACIÓN PROPIA. ....	51
ILUSTRACIÓN 26. TALLER ELÉCTRICO. ELABORACIÓN PROPIA. ....	51
ILUSTRACIÓN 28. TALLER DEL MECÁNICO. ELABORACIÓN PROPIA. ....	52
ILUSTRACIÓN 29. TORNO. ELABORACIÓN PROPIA. ....	52
ILUSTRACIÓN 30. PRACTICANDO SOLDADURA. ELABORACIÓN PROPIA. ....	53
ILUSTRACIÓN 31. ÁREA DE SOLDADURA. ELABORACIÓN PROPIA. ....	53
ILUSTRACIÓN 32. ZONA CALDERA DE RECUPERACIÓN. ELABORACIÓN PROPIA. ....	54
ILUSTRACIÓN 33. LAVADO DEL ECONOMIZADOR. ELABORACIÓN PROPIA. ....	54
ILUSTRACIÓN 34. CALDERA DE ACEITE TÉRMICO. ELABORACIÓN PROPIA. ....	56
ILUSTRACIÓN 35. VISTA GENERAL SALA DE MOTOR PRINCIPAL, TECLE SUPERIOR. ELABORACIÓN PROPIA. ....	56

---

ILUSTRACIÓN 36. SEPARADOR DE SENTINA. ELABORACIÓN PROPIA.....	57
ILUSTRACIÓN 37. HÉLICE TRANSVERSAL DE POPA. ELABORACIÓN PROPIA. ....	58
ILUSTRACIÓN 38. CPP. ELABORACIÓN PROPIA.....	59
ILUSTRACIÓN 39. BOMBAS DE COMBUSTIBLE DE LA CALDERA. ELABORACIÓN PROPIA.....	60
ILUSTRACIÓN 40. BLOQUE DEL MOTOR PRINCIPAL. ELABORACIÓN PROPIA. ....	61
ILUSTRACIÓN 41. REDUCTORA Y GENERADOR DE COLA DEL MOTOR PRINCIPAL. ELABORACIÓN PROPIA. ....	61
ILUSTRACIÓN 42. LOCAL DEL GENERADOR DE EMERGENCIA. ELABORACIÓN PROPIA. ....	62
ILUSTRACIÓN 44. CUADRO DE EMERGENCIA. ELABORACIÓN PROPIA. ....	63
ILUSTRACIÓN 43. TELÉFONOS IMCOS. ELABORACIÓN PROPIA. ....	63
ILUSTRACIÓN 45. CUADRO DE CONEXIÓN A TIERRA. ELABORACIÓN PROPIA.....	64
ILUSTRACIÓN 46. VENTILACIÓN LOCAL DEL GENERADOR DE EMERGENCIA. ELABORACIÓN PROPIA.....	64
ILUSTRACIÓN 47. SELECTORES DE POSICIÓN. ELABORACIÓN PROPIA. ....	65
ILUSTRACIÓN 48. PROCEDIMIENTO DE ARRANQUE MANUAL. ELABORACIÓN PROPIA. ....	66
ILUSTRACIÓN 49. ALARMAS GENERADOR DE EMERGENCIA. ELABORACIÓN PROPIA. ....	67
ILUSTRACIÓN 50. GENERADOR DE EMERGENCIA. ELABORACIÓN PROPIA.....	67
ILUSTRACIÓN 51. EQUIPO HIDRÁULICO DE POPA. ELABORACIÓN PROPIA. ....	69
ILUSTRACIÓN 52. RAMPA DE POPA. ELABORACIÓN PROPIA.....	69
ILUSTRACIÓN 53. TAPA DEL BODEGUÍN. ELABORACIÓN PROPIA. ....	70
ILUSTRACIÓN 54. ASCENSOR. ELABORACIÓN PROPIA.....	70
ILUSTRACIÓN 55. SERVOMOTOR, VISTO DESDE AMBOS LADOS. ELABORACIÓN PROPIA. ....	71
ILUSTRACIÓN 56. GRUPO HIDRÁULICO DEL SERVOMOTOR. ELABORACIÓN PROPIA.....	71
ILUSTRACIÓN 57. ESQUEMA DE UNIDAD DE CONTROL. FUENTE 2: MANUAL DEL SISTEMA DE GOBIERNO.....	72
ILUSTRACIÓN 58. HÉLICE TRANSVERSAL DE PROA. ELABORACIÓN PROPIA. ....	73
ILUSTRACIÓN 59. BOMBA C/I DE EMERGENCIA. ELABORACIÓN PROPIA.....	74
ILUSTRACIÓN 60. COMPRESORES GAMBUSAS. ELABORACIÓN PROPIA. ....	74
ILUSTRACIÓN 61. PLANTA SÉPTICA. ELABORACIÓN PROPIA. ....	75
ILUSTRACIÓN 62. COMPRESORES A/A. ELABORACIÓN PROPIA. ....	75
ILUSTRACIÓN 63. HIDRÓFORO SANITARIO Y CALENTADOR DE AGUA. ELABORACIÓN PROPIA. ....	76
ILUSTRACIÓN 64. LOCAL TÉCNICO DE POPA. ELABORACIÓN PROPIA. ....	76
ILUSTRACIÓN 66. TANQUE DE COMPENSACIÓN ACEITE BOCINA. ELABORACIÓN PROPIA. ....	77
ILUSTRACIÓN 65. TANQUE DE COMPENSACIÓN DE AGUA DE ALTA TEMPERATURA DEL MOTOR PRINCIPAL. ELABORACIÓN PROPIA.....	77
ILUSTRACIÓN 67. GRUPO DE DISPARO DE CO2. ELABORACIÓN PROPIA.....	78
ILUSTRACIÓN 68. GRUPO DE ACCIONAMIENTO SOBRE VÁLVULAS DE DISPARO RÁPIDO. ELABORACIÓN PROPIA.....	78
ILUSTRACIÓN 69. ACCESO AL TÚNEL DE VÁLVULAS DESDE UNA DE LAS ENTRADAS DEL BODEGUÍN. ELABORACIÓN PROPIA. ....	79
ILUSTRACIÓN 71. INTERIOR DEL TÚNEL DE VÁLVULAS. ELABORACIÓN PROPIA. ....	80
ILUSTRACIÓN 70. DESMONTAJE DE ACTUADOR NEUMÁTICO PARA MANTENIMIENTO. ELABORACIÓN PROPIA. ....	80
ILUSTRACIÓN 72. LOCAL DE CO2. ELABORACIÓN PROPIA.....	81
ILUSTRACIÓN 73. UBICACIÓN DE LAS BOTELLAS DE CO2 PARA CADA ESPACIO. ELABORACIÓN PROPIA. ....	82

---

ILUSTRACIÓN 74. LOCAL DE O2 Y ACETILENO. ELABORACIÓN PROPIA. ....	82
ILUSTRACIÓN 75. SISTEMAS ESENCIALES DEL MOTOR. ELABORACIÓN PROPIA. ....	86
ILUSTRACIÓN 76. PLANO DEL SISTEMA DE TRASIEGO DEL COMBUSTIBLE. FUENTE: PLANOS DE LA SALA DE MÁQUINAS. ....	88
ILUSTRACIÓN 77. PLANO DEL SISTEMA DE DEPURADO DEL COMBUSTIBLE. FUENTE: PLANOS DE LA SALA DE MÁQUINAS.....	89
ILUSTRACIÓN 78. PLANO DEL SISTEMA DE CONSUMO DEL COMBUSTIBLE. FUENTE: PLANOS DE LA SALA DE MÁQUINAS. ....	90
ILUSTRACIÓN 79. ESQUEMA DEL SISTEMA DE COMBUSTIBLE. ELABORACIÓN PROPIA. ....	91
ILUSTRACIÓN 80. PROCESO DE ABARLOAMIENTO. ELABORACIÓN PROPIA. ....	92
ILUSTRACIÓN 81. AMARRE DE CABOS. ELABORACIÓN PROPIA. ....	93
ILUSTRACIÓN 82. PROCESO DE CONEXIÓN DE MANGUERAS. ELABORACIÓN PROPIA. ....	93
ILUSTRACIÓN 83. CONSUMO DE VLSFO Y MGO. ELABORACIÓN PROPIA.....	94
ILUSTRACIÓN 84. MUESTRAS DE COMBUSTIBLE. ELABORACIÓN PROPIA. ....	94
ILUSTRACIÓN 85. UBICACIÓN DE ALMACENAJE DE MUESTRAS MARPOL. ELABORACIÓN PROPIA.....	95
ILUSTRACIÓN 86. NIVELES DE LOS TANQUES DE COMBUSTIBLE. ELABORACIÓN PROPIA. ....	95
ILUSTRACIÓN 87. DOCUMENTO BDN. FUENTE: DOCUMENTACIÓN DEL BUQUE.....	96
ILUSTRACIÓN 89. APERTURA DE VÁLVULAS DESDE LA ESTACIÓN DE BUNKER. FUENTE: PLANOS DE LA SALA DE MÁQUINAS. ....	97
ILUSTRACIÓN 88. VÁLVULA FT-15. ELABORACIÓN PROPIA.....	97
ILUSTRACIÓN 90. VÁLVULAS DE ENTRADA A LOS TANQUES. FUENTE: PLANOS DE LA SALA DE MÁQUINAS.....	98
ILUSTRACIÓN 91. APERTURA DE VÁLVULAS DE ENTRADA A LOS TANQUES. ELABORACIÓN PROPIA. ....	98
ILUSTRACIÓN 93. MEDIDA DE SEGURIDAD, TAPÓN. ELABORACIÓN PROPIA. ....	99
ILUSTRACIÓN 92. PARADAS DE LA BOMBA DE CONSUMO. CONTROL REMOTO / VHF. ELABORACIÓN PROPIA.....	99
ILUSTRACIÓN 94. LOCAL MATERIAL SOPEP. ELABORACIÓN PROPIA. ....	100
ILUSTRACIÓN 95. SELLADO DE LAS TOMAS. ELABORACIÓN PROPIA. ....	100
ILUSTRACIÓN 96. LIBRO DE HIDROCARBUROS. ELABORACIÓN PROPIA. ....	101
ILUSTRACIÓN 97. UBICACIÓN TANQUES DE ALMACÉN. FUENTE: PLANOS DEL BUQUE. ....	101
ILUSTRACIÓN 98. VENTILACIÓN DEL TANQUE DE REBOSES. FUENTE: PLANOS DE LA SALA DE MÁQUINAS. ....	102
ILUSTRACIÓN 99. LÍNEA DE ACEITE TÉRMICO CON CALORIFUGADO. ELABORACIÓN PROPIA. ....	103
ILUSTRACIÓN 100. PIANO DE VÁLVULAS DE ACEITE TÉRMICO DE TANQUES DE ALMACÉN. ELABORACIÓN PROPIA.....	103
ILUSTRACIÓN 101. BOMBAS DE TRASIEGO. ELABORACIÓN PROPIA. ....	104
ILUSTRACIÓN 102. PLANO TÉCNICO DE LAS BOMBAS DE TRASIEGO. FUENTE: MANUAL DE BOMBAS.....	104
ILUSTRACIÓN 103. UBICACIÓN DE LOS TANQUES DE SEDIMENTACIÓN. ELABORACIÓN PROPIA.....	106
ILUSTRACIÓN 104. SISTEMA DE CALEFACCIÓN POR ACEITE TÉRMICO DE LOS TANQUES DE SEDIMENTACIÓN. ELABORACIÓN PROPIA. ....	107
ILUSTRACIÓN 105. VENTILACIÓN DE LOS TANQUES DE SEDIMENTACIÓN. FUENTE: PLANOS DE LA SALA DE MÁQUINAS. ....	107
ILUSTRACIÓN 106. PURGA DE TANQUE DE SEDIMENTACIÓN. ELABORACIÓN PROPIA. ....	108
ILUSTRACIÓN 107. DEPURADORAS DE COMBUSTIBLE. DIESEL / FUEL OIL. ELABORACIÓN PROPIA.....	109
ILUSTRACIÓN 108. BOMBA Y FILTRO DE LA DEPURADORA DE FO. ELABORACIÓN PROPIA. ....	109
ILUSTRACIÓN 109. BOMBA Y FILTRO DE LA DEPURADORA DE GO. ELABORACIÓN PROPIA. ....	110
ILUSTRACIÓN 110. CALENTADOR DE LA DEPURADORA DE GO. ELABORACIÓN PROPIA.....	110
ILUSTRACIÓN 111. SISTEMA DE CALEFACCIÓN DE LA DEPURADORA DE FO. ELABORACIÓN PROPIA.....	111

ILUSTRACIÓN 112. UBICACIÓN DE LOS TANQUES DE SERVICIO DIARIO. FUENTE: PLANOS DEL BUQUE. ....	113
ILUSTRACIÓN 113. CARACTERÍSTICAS DE LOS TANQUES DE SERVICIO DIARIO. ELABORACIÓN PROPIA. ....	113
ILUSTRACIÓN 114. MÓDULO DE COMBUSTIBLE. ELABORACIÓN PROPIA. ....	114
ILUSTRACIÓN 115. PLANO EN DETALLE DEL MÓDULO. FUENTE: PLANOS DE LA SALA DE MÁQUINAS. ....	114
ILUSTRACIÓN 116. VÁLVULA DE TRES VÍAS. FUENTE: PLANOS DE LA SALA DE MÁQUINAS. ....	115
ILUSTRACIÓN 117. FILTRO FRÍO. ELABORACIÓN PROPIA. ....	116
ILUSTRACIÓN 118. BOMBAS DE ALIMENTACIÓN. ELABORACIÓN PROPIA. ....	116
ILUSTRACIÓN 119. ESQUEMA BOMBAS DE CIRCULACIÓN. FUENTE: MANUAL DEL MÓDULO DE COMBUSTIBLE. ....	117
ILUSTRACIÓN 120. FILTRO AUTOMÁTICO. ELABORACIÓN PROPIA. ....	118
ILUSTRACIÓN 121. ESQUEMA DEL FILTRO AUTOMÁTICO. FUENTE: MANUAL DEL MÓDULO DE COMBUSTIBLE. ....	119
ILUSTRACIÓN 122. ESQUEMA DE MEDICIÓN MEDIANTE CAUDALÍMETRO. FUENTE: MANUAL DEL MÓDULO DE COMBUSTIBLE. ....	119
ILUSTRACIÓN 123. ESQUEMA DEL TANQUE DE MEZCLA. FUENTE: MANUAL DEL MÓDULO DE COMBUSTIBLE. ....	120
ILUSTRACIÓN 124. ESQUEMA DE LAS BOMBAS BOOSTER. FUENTE: MANUAL DEL MÓDULO DE COMBUSTIBLE. ....	121
ILUSTRACIÓN 125. CALENTADOR POR ACEITE TÉRMICO. FUENTE: MANUAL DEL MÓDULO DE COMBUSTIBLE. ....	122
ILUSTRACIÓN 126. ESQUEMA DEL VISCOSÍMETRO. FUENTE: MANUAL DEL MÓDULO DE COMBUSTIBLE. ....	123
ILUSTRACIÓN 127. FILTRO DÚPLEX. ELABORACIÓN PROPIA. ....	124
ILUSTRACIÓN 128. SISTEMA DE INYECCIÓN Y CREMALLERAS. ELABORACIÓN PROPIA. ....	125
ILUSTRACIÓN 129. PLANO DEL SISTEMA DE LUBRICACIÓN. FUENTE: PLANOS DE LA SALA DE MÁQUINAS. ....	126
ILUSTRACIÓN 130. ESQUEMA DEL SISTEMA DE PURIFICACIÓN. ELABORACIÓN PROPIA. ....	127
ILUSTRACIÓN 131. OPERACIÓN DE TOMA DE ACEITE. ELABORACIÓN PROPIA. ....	128
ILUSTRACIÓN 132. UBICACIÓN DE LOS TANQUES DE ACEITE. FUENTE: PLANOS DEL BUQUE. ....	129
ILUSTRACIÓN 133. UBICACIÓN DEL TANQUE DE CIRCULACIÓN. FUENTE: PLANOS DEL BUQUE. ....	130
ILUSTRACIÓN 134. BOMBA Y FILTRO DE LA DEPURADORA DE ACEITE. ELABORACIÓN PROPIA. ....	131
ILUSTRACIÓN 135. DEPURADORA Y CALENTADOR DE ACEITE. ELABORACIÓN PROPIA. ....	132
ILUSTRACIÓN 136. DISPLAY DE LA DEPURADORA DE ACEITE. ELABORACIÓN PROPIA. ....	132
ILUSTRACIÓN 137. ESQUEMA DEL SISTEMA DE LUBRICACIÓN DEL MOTOR PRINCIPAL. ELABORACIÓN PROPIA. ....	133
ILUSTRACIÓN 138. PLANO EN DETALLE DEL SISTEMA DE LUBRICACIÓN DEL MOTOR PRINCIPAL. FUENTE: PLANOS DE LA SALA DE MÁQUINAS. ....	134
ILUSTRACIÓN 139. BOMBA ELÉCTRICA DE ACEITE. ELABORACIÓN PROPIA. ....	135
ILUSTRACIÓN 140. BOMBA ACOPLADA DE ACEITE. ELABORACIÓN PROPIA. ....	136
ILUSTRACIÓN 141. FILTRO AUTOMÁTICO DE ACEITE. ELABORACIÓN PROPIA. ....	136
ILUSTRACIÓN 142. ENFRIADOR DE ACEITE. ELABORACIÓN PROPIA. ....	137
ILUSTRACIÓN 143. TERMOSTÁTICA DE ACEITE. ELABORACIÓN PROPIA. ....	138
ILUSTRACIÓN 144. FILTRO DOBLE DE ACEITE. ELABORACIÓN PROPIA. ....	138
ILUSTRACIÓN 145. ESQUEMA DE LAS REFRIGERACIONES DEL BUQUE. ELABORACIÓN PROPIA. ....	140
ILUSTRACIÓN 146. PLANO DEL SISTEMA DE ALTA Y BAJA TEMPERATURA. FUENTE: PLANOS DE LA SALA DE MÁQUINAS. ....	141
ILUSTRACIÓN 147. ESQUEMA DEL SISTEMA DE ALTA TEMPERATURA. ELABORACIÓN PROPIA. ....	142
ILUSTRACIÓN 148. TANQUE DE EXPANSIÓN DE HT. ELABORACIÓN PROPIA. ....	143

ILUSTRACIÓN 149. UNIDAD DE PRECALENTAMIENTO. ELABORACIÓN PROPIA. ....	144
ILUSTRACIÓN 150. BOMBA CON MOTOR ELÉCTRICO. ELABORACIÓN PROPIA. ....	145
ILUSTRACIÓN 151. BOMBA DE ENGRANAJES ACOPLADA AL MOTOR. ELABORACIÓN PROPIA.....	146
ILUSTRACIÓN 152. ENFRIADOR DE AIRE DE CARGA. ELABORACIÓN PROPIA.....	147
ILUSTRACIÓN 153. PLANO EN DETALLE DE LAS DOS ETAPAS DEL ENFRIADOR. FUENTE: PLANOS DE LA SALA DE MÁQUINAS. ....	147
ILUSTRACIÓN 154. CIRCULACIÓN DEL AGUA POR EL INTERIOR DE LA CHAQUETA. FUENTE: MANUAL DEL MOTOR PRINCIPAL.....	148
ILUSTRACIÓN 155. ENTRADA DEL AGUA AL INTERIOR DE LA CHAQUETA. ELABORACIÓN PROPIA.....	148
ILUSTRACIÓN 156. PARTE SUPERIOR DE LA CAMISA. ELABORACIÓN PROPIA. ....	149
ILUSTRACIÓN 157. TERMOSTÁTICA A LA SALIDA DEL MOTOR. ELABORACIÓN PROPIA. ....	150
ILUSTRACIÓN 158. EVAPORADOR. ELABORACIÓN PROPIA. ....	151
ILUSTRACIÓN 159. ENFRIADOR DE HT. ELABORACIÓN PROPIA. ....	152
ILUSTRACIÓN 160. TERMOSTÁTICA A LA SALIDA DEL ENFRIADOR. ELABORACIÓN PROPIA. ....	153
ILUSTRACIÓN 161. BOMBA DE LLENADO DEL SISTEMA. ELABORACIÓN PROPIA.....	154
ILUSTRACIÓN 162. ESQUEMA DEL SISTEMA DE BAJA TEMPERATURA, RELACIONADO SOLO CON EL MOTOR PRINCIPAL. ELABORACIÓN PROPIA.....	156
ILUSTRACIÓN 163. TANQUE DE EXPANSIÓN DE LT. ELABORACIÓN PROPIA. ....	157
ILUSTRACIÓN 164. BOMBAS DEL SISTEMA DE BAJA TEMPERATURA. ELABORACIÓN PROPIA.....	158
ILUSTRACIÓN 165. BOCETO DE LAS BOMBAS PRINCIPALES. FUENTE: MANUAL DE BOMBAS. ....	159
ILUSTRACIÓN 166. BOCETO DE LA BOMBA DE PUERTO. FUENTE: MANUAL DE BOMBAS.....	160
ILUSTRACIÓN 167. ENFRIADORES DEL SISTEMA DE BAJA TEMPERATURA. ELABORACIÓN PROPIA. ....	161
ILUSTRACIÓN 168. TERMOSTÁTICA A LA SALIDA DEL ENFRIADOR. FUENTE: PLANOS DE LA SALA DE MÁQUINAS.....	162
ILUSTRACIÓN 169. PLANO DEL SISTEMA DE AIRE. FUENTE: PLANOS DE LA SALA DE MÁQUINAS. ....	164
ILUSTRACIÓN 170. ESQUEMA DEL SISTEMA DE AIRE DE ARRANQUE. ELABORACIÓN PROPIA. ....	165
ILUSTRACIÓN 171. PLANO EN DETALLE DEL SISTEMA DE AIRE DE ARRANQUE. FUENTE: PLANOS DE LA SALA DE MÁQUINAS.....	165
ILUSTRACIÓN 172. CUADRO PARA CAMBIO DE PRIORIDADES DE LOS COMPRESORES. ELABORACIÓN PROPIA. ....	167
ILUSTRACIÓN 173. COMPRESORES. ELABORACIÓN PROPIA.....	167
ILUSTRACIÓN 174. BOTELLAS DE AIRE COMPRIMIDO. ELABORACIÓN PROPIA.....	170
ILUSTRACIÓN 175. COLECTOR DE AIRE, RAMIFICANDO EN LAS TRES LÍNEAS. ELABORACIÓN PROPIA.....	171
ILUSTRACIÓN 176. CONDUCTO DE AIRE DESDE LOS COMPRESORES HACIA LAS BOTELLAS. ELABORACIÓN PROPIA. ....	171
ILUSTRACIÓN 177. MUESTRA DE VÁLVULAS SOBRE PLANO. FUENTE: PLANOS DE LA SALA DE MÁQUINAS. ....	172
ILUSTRACIÓN 178. MUESTRA DE VÁLVULAS A LA ENTRADA DEL MOTOR. ELABORACIÓN PROPIA. ....	173
ILUSTRACIÓN 179. SECADOR DE AIRE. ELABORACIÓN PROPIA. ....	173
ILUSTRACIÓN 180. VISTA DE VARIOS ELEMENTOS DEL SISTEMA DE AIRE. ELABORACIÓN PROPIA. ....	174
ILUSTRACIÓN 181. ESQUEMA DEL SISTEMA DE AIRE DE SERVICIO. ELABORACIÓN PROPIA.....	175
ILUSTRACIÓN 182. VENTILACIÓN DE LA SALA DE MÁQUINAS. ELABORACIÓN PROPIA.....	175
ILUSTRACIÓN 183. SELECTORES PARA ACTUAR SOBRE LOS VENTILADORES DE LA SALA DE MÁQUINAS. ELABORACIÓN PROPIA. ....	176
ILUSTRACIÓN 184. VENTILACIÓN DIRECTA HACIA LOS TURBOCOMPRESORES. ELABORACIÓN PROPIA. ....	177
ILUSTRACIÓN 185. SALIDA DE LOS GASES DE ESCAPE. ELABORACIÓN PROPIA.....	177

ILUSTRACIÓN 186. TURBOCOMPRESOR LADO DE AIRE. ELABORACIÓN PROPIA. ....	178
ILUSTRACIÓN 187. TURBOCOMPRESOR LADO DE GASES. ELABORACIÓN PROPIA.....	178
ILUSTRACIÓN 188. TURBOCOMPRESOR DESMONTADO. ELABORACIÓN PROPIA.....	179
ILUSTRACIÓN 189. TRANSFERENCIA DEL AIRE DESDE LAS TURBOS HACIA EL ENFRIADOR. ELABORACIÓN PROPIA. ....	180
ILUSTRACIÓN 190. COLECTOR DE ADMISIÓN. ELABORACIÓN PROPIA. ....	181
ILUSTRACIÓN 191. VÁLVULA DE AIRE DE ARRANQUE. ELABORACIÓN PROPIA.....	181
ILUSTRACIÓN 192. CONDUCTO DE ENTRADA DEL AIRE DE ARRANQUE. ELABORACIÓN PROPIA. ....	182
ILUSTRACIÓN 193. LUBRICACIÓN DE LAS CREMALLERAS. ELABORACIÓN PROPIA.....	184
ILUSTRACIÓN 194. REVISIÓN DE LAS BOMBAS DE INYECCIÓN. ELABORACIÓN PROPIA. ....	184
ILUSTRACIÓN 195. MUESTRAS DE ACEITE FIN DE MES. ELABORACIÓN PROPIA. ....	185
ILUSTRACIÓN 196. CONTRAFLUJO DE LOS ENFRIADORES DEL SISTEMA DE BAJA TEMPERATURA. FUENTE: PLANOS DE LA SALA DE MÁQUINAS.....	186
ILUSTRACIÓN 197. LIMPIEZA DE PLACAS DEL EVAPORADOR. ELABORACIÓN PROPIA. ....	186
ILUSTRACIÓN 199. LIMPIEZA DE PLACAS DEL EVAPORADOR, ANTES Y DESPUÉS. ELABORACIÓN PROPIA. ....	187
ILUSTRACIÓN 198. LIMPIEZA DE PLACAS DEL ENFRIADOR DE ALTA TEMPERATURA. ELABORACIÓN PROPIA. ....	187
ILUSTRACIÓN 200. CAMBIO DE FILTRINAS MOTOR PRINCIPAL. ELABORACIÓN PROPIA.....	188
ILUSTRACIÓN 201. LIMPIEZA FILTROS DE ASPIRACIÓN DE LOS TURBOSPLANTES. ELABORACIÓN PROPIA.....	188
ILUSTRACIÓN 202. FILTRO DE AIRE DE LA ETAPA DE BAJA PRESIÓN. ELABORACIÓN PROPIA. ....	189
ILUSTRACIÓN 203. ETAPAS DE BAJA Y ALTA PRESIÓN SUSTITUIDAS. ELABORACIÓN PROPIA. ....	189
ILUSTRACIÓN 204. DESPIECE COMPRESOR, PARTE 1. ELABORACIÓN PROPIA. ....	190
ILUSTRACIÓN 205. MANTENIMIENTO DE COMPRESOR. ELABORACIÓN PROPIA. ....	190
ILUSTRACIÓN 206. FILTRO AUTOMÁTICO DEL MÓDULO DE COMBUSTIBLE. ELABORACIÓN PROPIA.....	191
ILUSTRACIÓN 207. DESPIECE COMPRESOR, PARTE 2. ELABORACIÓN PROPIA. ....	191
ILUSTRACIÓN 208. DESMONTAJE DE DEPURADORAS. ELABORACIÓN PROPIA. ....	192
ILUSTRACIÓN 209. LIMPIEZA ELEMENTOS DEL BOLO, PARTE 1. ELABORACIÓN PROPIA.....	193
ILUSTRACIÓN 210. LIMPIEZA ELEMENTOS DEL BOLO, PARTE 2. ELABORACIÓN PROPIA.....	193
ILUSTRACIÓN 211. EMBRAGUE MOTOR DE LA DEPURADORA. ELABORACIÓN PROPIA. ....	194
ILUSTRACIÓN 212. DEPURADORA DESMONTADA. ELABORACIÓN PROPIA. ....	194
ILUSTRACIÓN 213. LAVADO DE TURBO, LADO DE GASES. ELABORACIÓN PROPIA.....	195
ILUSTRACIÓN 214. KIT DE TÓRICAS PARA SUSTITUCIÓN. ELABORACIÓN PROPIA. ....	195
ILUSTRACIÓN 215. LIMPIEZA FILTRO ACEITE DE REDUCTORA. ELABORACIÓN PROPIA. ....	196
ILUSTRACIÓN 216. ANÁLISIS DE AGUA DE LOS ENFRIADORES. ELABORACIÓN PROPIA.....	196
ILUSTRACIÓN 217. ÚTIL PARA LA TOMA DE PRESIONES. TRABAJO DE CAMPO. ....	197
ILUSTRACIÓN 218. TAPAS DE BALANCINES, EJE DE CAMONES Y CIGÜEÑAL. ELABORACIÓN PROPIA.....	198
ILUSTRACIÓN 219. RESULTADO DE LA TOMA DE PRESIONES. FUENTE: RESULTADOS FINALES DE LAS TOMAS DE PRESIONES. ....	198
ILUSTRACIÓN 220. REVISIÓN CIGÜEÑAL. ELABORACIÓN PROPIA. ....	199
ILUSTRACIÓN 221. SUSTITUCIÓN DE JUNTAS DE LAS TAPAS DEL MOTOR. ELABORACIÓN PROPIA. ....	199
ILUSTRACIÓN 222. REVISIÓN ÁRBOL DE LEVAS. ELABORACIÓN PROPIA. ....	200

ILUSTRACIÓN 223. REVISIÓN DE MOTOR PRINCIPAL. ELABORACIÓN PROPIA..... 200



## ÍNDICE DE TABLAS

---

TABLA 1. CARACTERÍSTICAS DEL BUQUE. ELABORACIÓN PROPIA.....	34
TABLA 2. CARACTERÍSTICAS SEPARADOR DE SENTINA. ELABORACIÓN PROPIA.....	57
TABLA 3. CARACTERÍSTICAS HÉLICE TRANSVERSAL DE POPA. ELABORACIÓN PROPIA. ....	58
TABLA 4. CARACTERÍSTICAS DE LA CPP. ELABORACIÓN PROPIA. ....	59
TABLA 5. CARACTERÍSTICAS DE LAS BOMBAS DE COMBUSTIBLE DE LA CALDERA. ELABORACIÓN PROPIA. ....	60
TABLA 6. CARACTERÍSTICAS MOTOR DEL GENERADOR DE EMERGENCIA. ELABORACIÓN PROPIA. ....	68
TABLA 7. CARACTERÍSTICAS ALTERNADOR DEL GENERADOR DE EMERGENCIA. TRABAJO DE CAMPO. ....	68
TABLA 8. GRUPO HIDRÁULICO DEL SERVOMOTOR. ELABORACIÓN PROPIA. ....	72
TABLA 9. CARACTERÍSTICAS HÉLICE DE TRANSVERSAL DE PROA. ELABORACIÓN PROPIA. ....	73
TABLA 10. CARACTERÍSTICAS DEL MOTOR MAK 12CM32C. ELABORACIÓN PROPIA. ....	87
TABLA 11. CARACTERÍSTICAS DE LOS TANQUES DE ALMACÉN. ELABORACIÓN PROPIA. ....	102
TABLA 12. CARACTERÍSTICAS DEL MOTOR ELÉCTRICO. ELABORACIÓN PROPIA. ....	105
TABLA 13. CARACTERÍSTICAS DE LA BOMBA. ELABORACIÓN PROPIA. ....	105
TABLA 14. CARACTERÍSTICAS TANQUES DE SEDIMENTACIÓN. ELABORACIÓN PROPIA. ....	106
TABLA 15. CARACTERÍSTICAS DEL MOTOR ELÉCTRICO DE LAS DEPURADORAS. ELABORACIÓN PROPIA. ....	112
TABLA 16. CARACTERÍSTICAS DE LA DEPURADORA. ELABORACIÓN PROPIA. ....	112
TABLA 17. CARACTERÍSTICAS DE LAS BOMBAS DE ALIMENTACIÓN. ELABORACIÓN PROPIA. ....	117
TABLA 18. CARACTERÍSTICAS DEL FILTRO AUTOMÁTICO. ELABORACIÓN PROPIA. ....	118
TABLA 19. CARACTERÍSTICAS DEL TANQUE DE MEZCLAS. ELABORACIÓN PROPIA. ....	120
TABLA 20. CARACTERÍSTICAS DE LAS BOMBAS BOOSTER. ELABORACIÓN PROPIA.....	121
TABLA 21. CARACTERÍSTICAS DE LOS CALENTADORES. ELABORACIÓN PROPIA. ....	122
TABLA 22. CARACTERÍSTICAS DE LOS TANQUES DE ACEITE. ELABORACIÓN PROPIA. ....	129
TABLA 23. CARACTERÍSTICAS DEL TANQUE DE CIRCULACIÓN. ELABORACIÓN PROPIA. ....	130
TABLA 24. CARACTERÍSTICAS DE LA DEPURADORA. ELABORACIÓN PROPIA. ....	131
TABLA 25. CARACTERÍSTICAS DE LA BOMBA ELÉCTRICA. ELABORACIÓN PROPIA. ....	135
TABLA 26. ENFRIADOR DE ACEITE. ELABORACIÓN PROPIA. ....	137
TABLA 27. CARACTERÍSTICAS DE LA BOMBA ELÉCTRICA. ELABORACIÓN PROPIA. ....	145
TABLA 28. CARACTERÍSTICAS DEL EVAPORADOR. ELABORACIÓN PROPIA. ....	151
TABLA 29. CARACTERÍSTICAS DEL ENFRIADOR DE HT. ELABORACIÓN PROPIA. ....	153
TABLA 30. CARACTERÍSTICAS DE LAS BOMBAS PRINCIPALES. ELABORACIÓN PROPIA. ....	158
TABLA 31. CARACTERÍSTICAS DE LA BOMBA DE PUERTO. ELABORACIÓN PROPIA. ....	159
TABLA 32. CARACTERÍSTICAS DE LO ENFRIADORES DE LT. ELABORACIÓN PROPIA. ....	161
TABLA 33. CARACTERÍSTICAS DEL MOTOR DE LOS COMPRESORES PRINCIPALES. ELABORACIÓN PROPIA. ....	168
TABLA 34. CARACTERÍSTICAS DEL MOTOR DEL COMPRESOR DE EMERGENCIA. ELABORACIÓN PROPIA. ....	169
TABLA 35. CARACTERÍSTICAS DEL COMPRESOR DE EMERGENCIA. ELABORACIÓN PROPIA. ....	169

---

TABLA 36. CARACTERÍSTICAS DEL SECADOR DE AIRE. ELABORACIÓN PROPIA. ....	174
TABLA 37. CARACTERÍSTICAS DE LOS TURBOCOMPRESORES. ELABORACIÓN PROPIA. ....	176
TABLA 38. MANTENIMIENTO DE COMPRESORES. ELABORACIÓN PROPIA. ....	189
TABLA 39. MANTENIMIENTO DE DEPURADORAS. ELABORACIÓN PROPIA. ....	192



# I. Introducción

## I. INTRODUCCION

### 1.1. Introducción

Este trabajo está dividido en siete capítulos, los cuales han sido enumerados brevemente para tener una noción básica de lo que veremos en cada apartado, donde el primero de ellos es esta introducción.

Capítulo II. Objetivos. Veremos cuales son las metas que queremos conseguir con la realización de este proyecto de investigación, donde lo dividiremos en objetivos generales y objetivos específicos.

Capítulo III. Revisión y antecedentes. Tendremos una pequeña introducción de una página, en la que daremos pie al tema de los sistemas esenciales del buque de manera general.

Capítulo IV. Metodología. Es donde mostramos el material de nuestro trabajo, que es el buque "Andalucía Express", del cual hemos sacado toda la información para la realización del mismo.

Capítulo V. Resultados. Como es obvio, este apartado es el más importante e interesante de cara al lector, ya que es donde se aporta específicamente los sistemas esenciales del motor MAK 12VM32C. En él, podemos encontrar información general, fotos, características técnicas de los equipos o bocetos de los elementos, entre otras cosas.

Capítulo VI. Conclusiones. Para finalizar el trabajo de final de grado, he dado lugar a las conclusiones que he obtenido tanto en estos nueve meses de embarque, como en la realización de este proyecto.

Capítulo VII. Anexos. Para aclarar las explicaciones de algunos apartados sin desviarnos del tema en ese momento, se aportan documentos en el anexo para complementar una información que se aplica durante la lectura de cada capítulo.



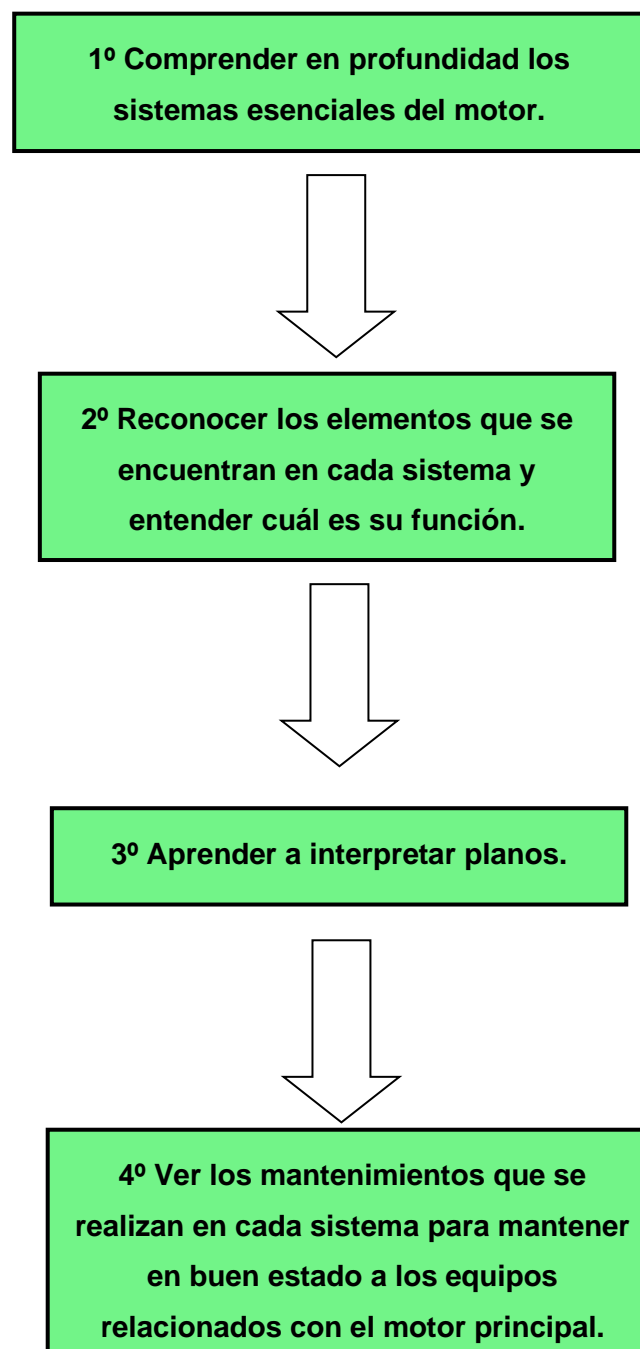
## II. Objetivos

## II. OBJETIVOS

### 2.1. Objetivos generales

Los objetivos generales de este trabajo de final de grado, son el estudio de los sistemas esenciales del motor MAK 12VM32C y mostrar los mantenimientos que se realizan al mismo.

### 2.2. Objetivos específicos







## **III. Revisión y antecedentes**

### III. REVISION Y ANTECEDENTES

#### 3.1. Tipos de sistemas del buque

A bordo existen muchos tipos de sistemas para garantizar el buen funcionamiento del buque en todos los aspectos. Todos estos sistemas los podemos englobar en cuatro grupos, que son: los sistemas del gobierno del buque, los sistemas auxiliares, los sistemas de seguridad y los sistemas esenciales del motor.

- Sistema de gobierno del buque.
  - Sistema hidráulico CPP.
  - Sistema del servo, mecha, timón y hélices transversales.
- Sistemas auxiliares.
  - Sistema eléctrico.
  - Sistema de aceite térmico.
  - Sistema de lastre.
  - Sistema de sentinas.
  - Sistema de agua sanitaria.
  - Sistemas hidráulicos.
  - Sistemas de ventilación.
  - Sistema del aire acondicionado.
  - Sistema frigorífico.
- Sistemas de seguridad.
  - Sistema de contraincendios.
  - Sistema contra la contaminación.
  - Sistema de disparo de CO<sub>2</sub>.
- Sistemas esenciales del motor.
  - Sistema de lubricación.
  - Sistema de combustible.
  - Sistema de aire.
  - Sistema de refrigeración.

Cada uno de estos sistemas, son crucialmente necesarios para poder realizar el buen funcionamiento del buque en todos los aspectos. En el estudio de este TFG, nos enfocaremos en el último grupo nombrado, los sistemas esenciales del motor.



## IV. Metodología

## IV. METODOLOGIA

### 4.1. Material

El material utilizado para la realización de este TFG es el buque Andalucía Express, propiedad de la empresa alemana Bernard Schulte y que opera en línea la línea regular TNF-GC-SVQ. Recalcar nuevamente que de este buque se saca toda la información para realizar dicho trabajo.

#### 4.1.1. Características del buque

Buque	M/V Andalucía Express
Propietario	Bernard Schulte Canarias S.A.U
Tipo de buque	RO-RO Container
Bandera	Española
Astillero	Fujian Mawei Shipbuilding Ltd.
Fecha de construcción	15/05/2007
Sociedad de clasificación	Germanischer Lloyd, 111434
Distintivo de llamada	ECKZ
N.º IMO	9331206
M.M.S.I	2225302000
Eslora / eslora entre perpendiculares	145 m. / 136,7 m
Manga máxima	22 m.
Puntal entero / passage way / cubierta principal	13,90 m. / 10,40 m. / 7,20 m.
Arqueo bruto, GT	11.197 T.
Tonelaje neto	3.359 T.
Calado de verano	6,014 m.
Desplazamiento máximo	12.658 T.
Peso muerto	7.238 T.
Motor principal	1 x MAK 12M32C, 6.000 kW
Motor auxiliar	3 x D 2842 LE, 596 kW
Hélice propulsora	LIPS 4D1190D/V L90-C
Hélice de proa	800 kW
Hélice de popa	600 kW
Cadena anclas ER/BR	10 grilletes, 275m. (1 grillete = 27,5m.)

Tabla 1. Características del buque. Elaboración propia.

El Andalucía Express cuenta con las siguientes cubiertas.

- Cubierta superior (Upper deck).
- Cubierta pasillo de popa-proa (Passage way deck).
- Cubierta principal o bodega (Main deck).
- Cubierta inferior o bodeguín (Lower deck).

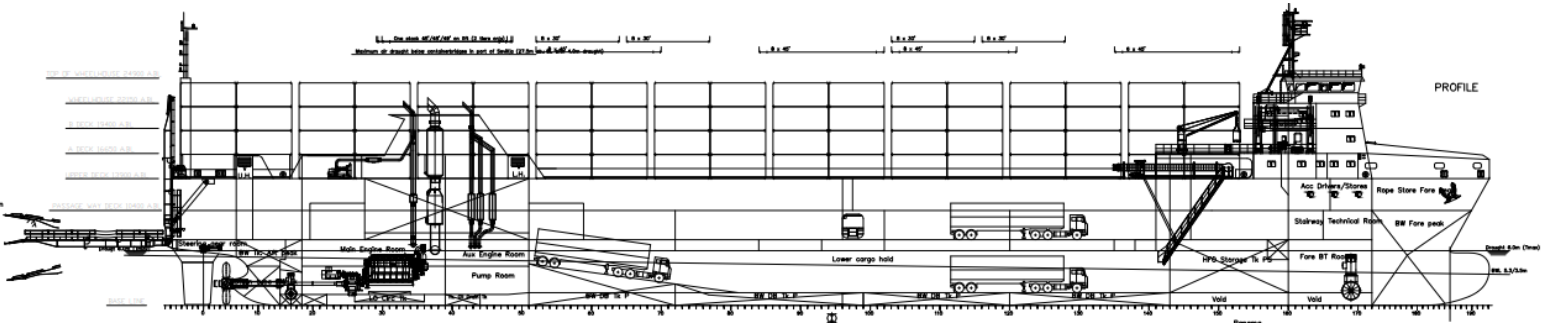


Ilustración 1. Perfil del buque. Fuente: Planos del buque.

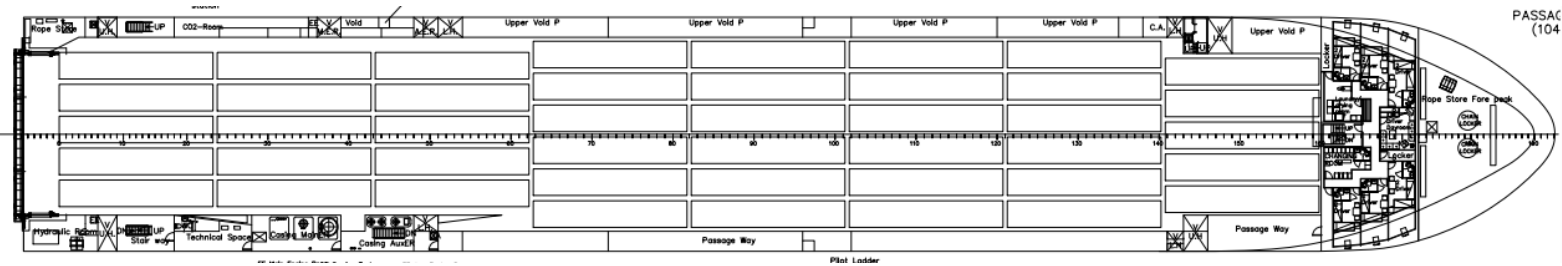


Ilustración 3. Planta del buque, cubierta passage way. Fuente: Planos del buque.

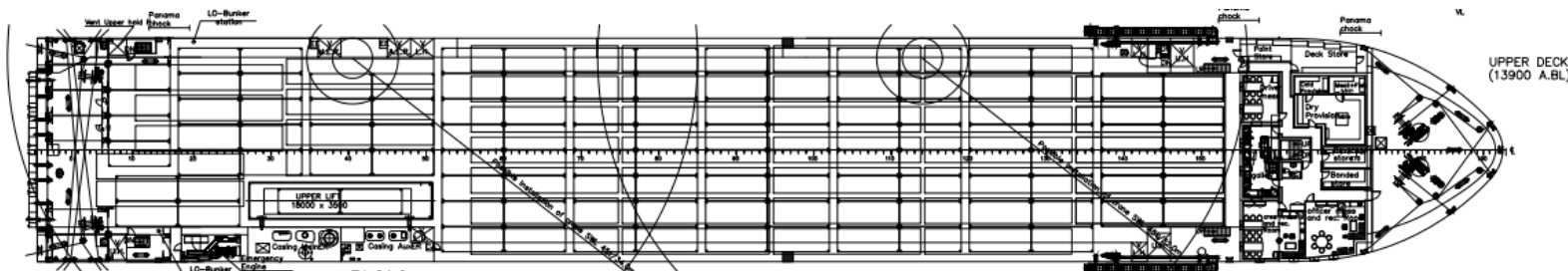


Ilustración 2. Planta del buque, cubierta superior. Fuente: Planos del buque.

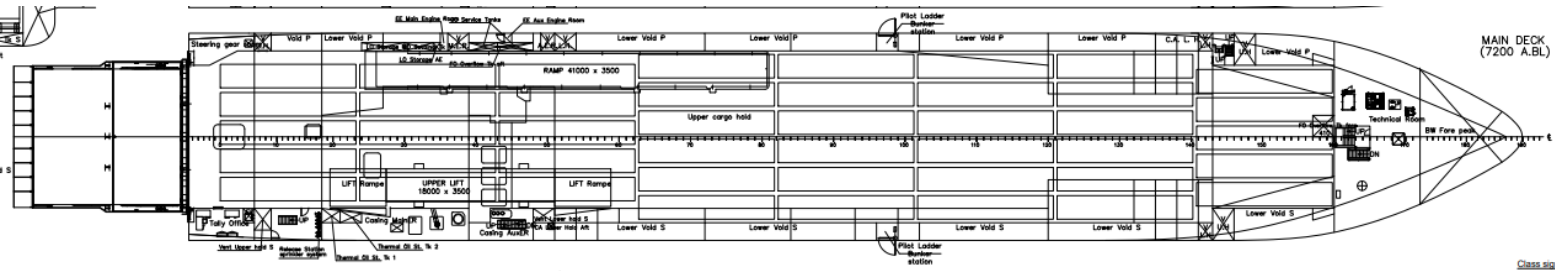


Ilustración 4. Planta del buque, cubierta principal. Fuente: Planos del buque.

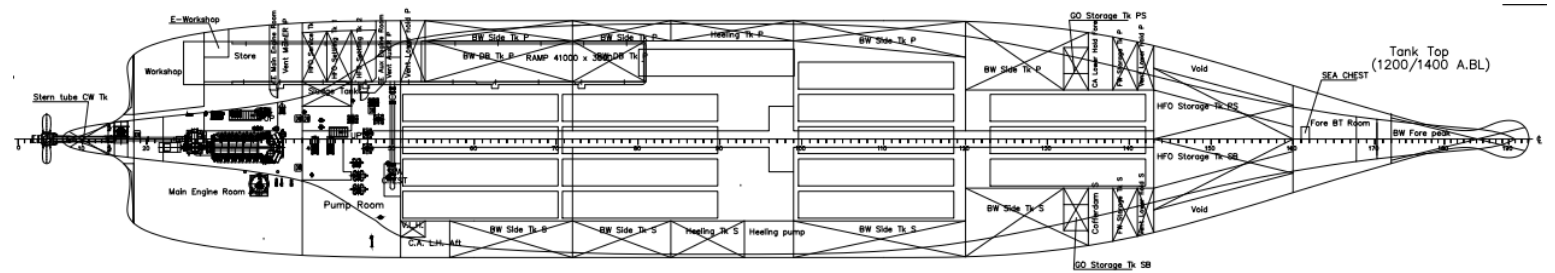


Ilustración 5. Planta del buque, cubierta inferior. Fuente Planos del buque.





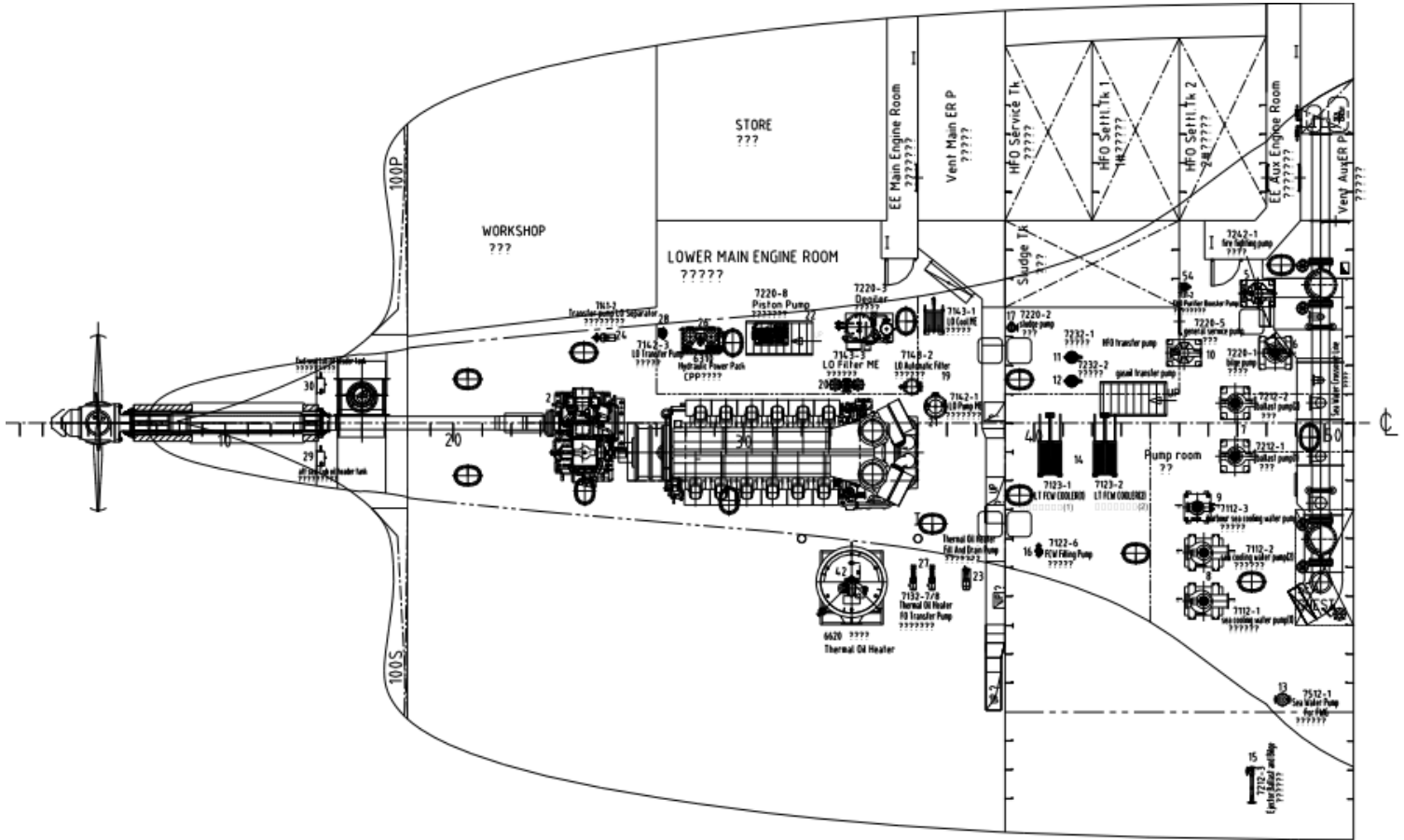


Ilustración 7. Planta de la sala de máquinas, tecele inferior. Planos del buque.

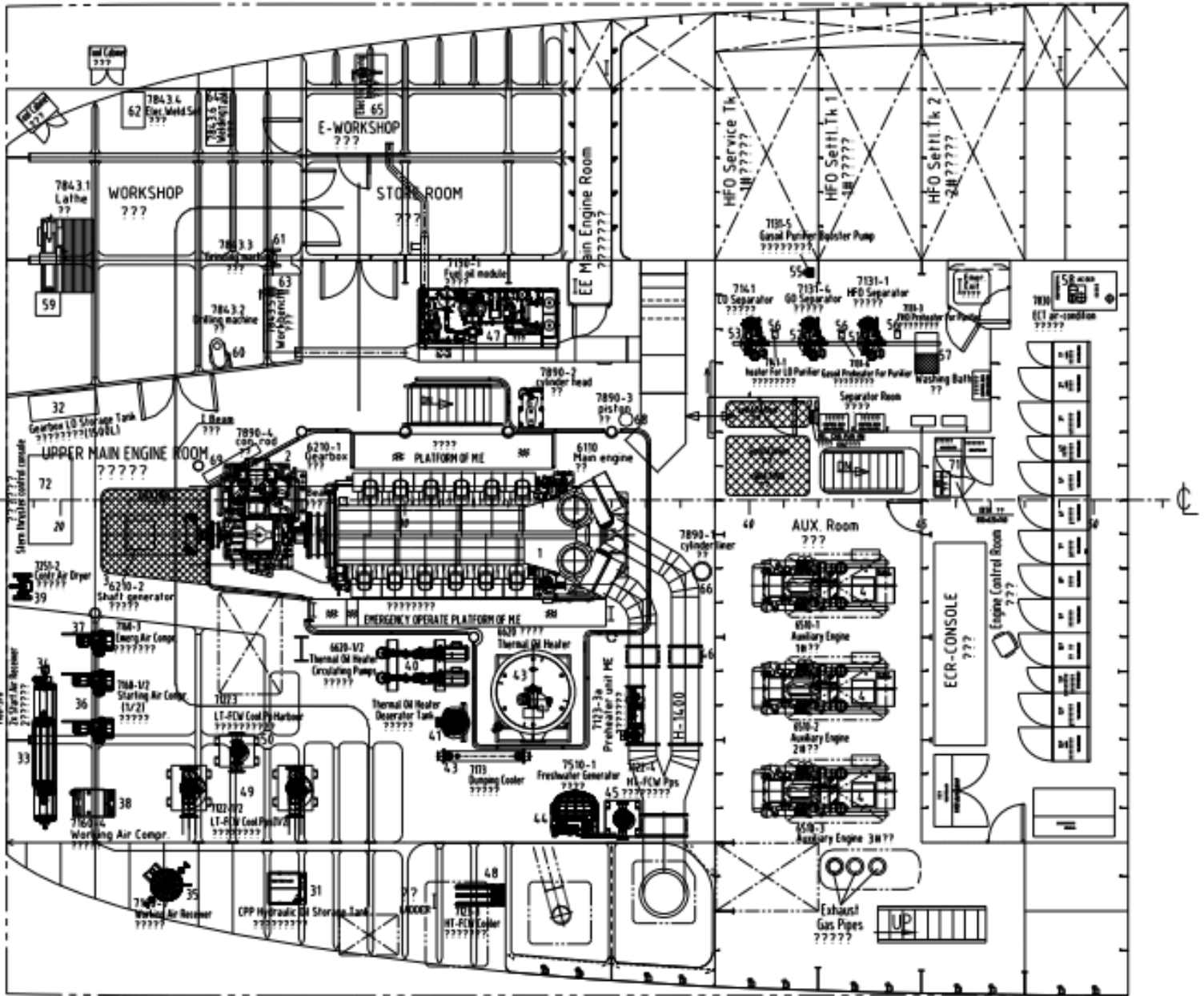


Ilustración 8. Planta de la sala de máquinas, tecla superior. Planos del buque.

Desde el tecele superior de la sala del motor principal, podemos acceder a la zona de la caldera de recuperación subiendo unas pequeñas escaleras. En el siguiente plano, veremos una vista en alzado de la disposición del economizador junto a otros conductos que se dirigen a las chimeneas.

Principalmente y sin entrar en mucho detalle, podemos ver tres chimeneas que ordenadas de proa a popa (en la imagen de derecha a izquierda), donde podemos diferenciar entre:

1º Salida de los gases de escape de los MMAA. Podemos ver como pasa de tres conductos (uno por cada auxiliar) a uno solo, siendo este el que expulsa dichos gases por la primera chimenea.

2º Corresponde a los gases de escape del motor principal, que una vez hayan pasado por el economizador son expulsados al exterior por la segunda chimenea.

3º Por último, vemos la salida por la que escapan los gases de la caldera mechero. Al final del conducto, antes de salir por la tercera chimenea, vemos que se le une otra línea. Esta corresponde a la salida de los gases de escape del generador de emergencia.

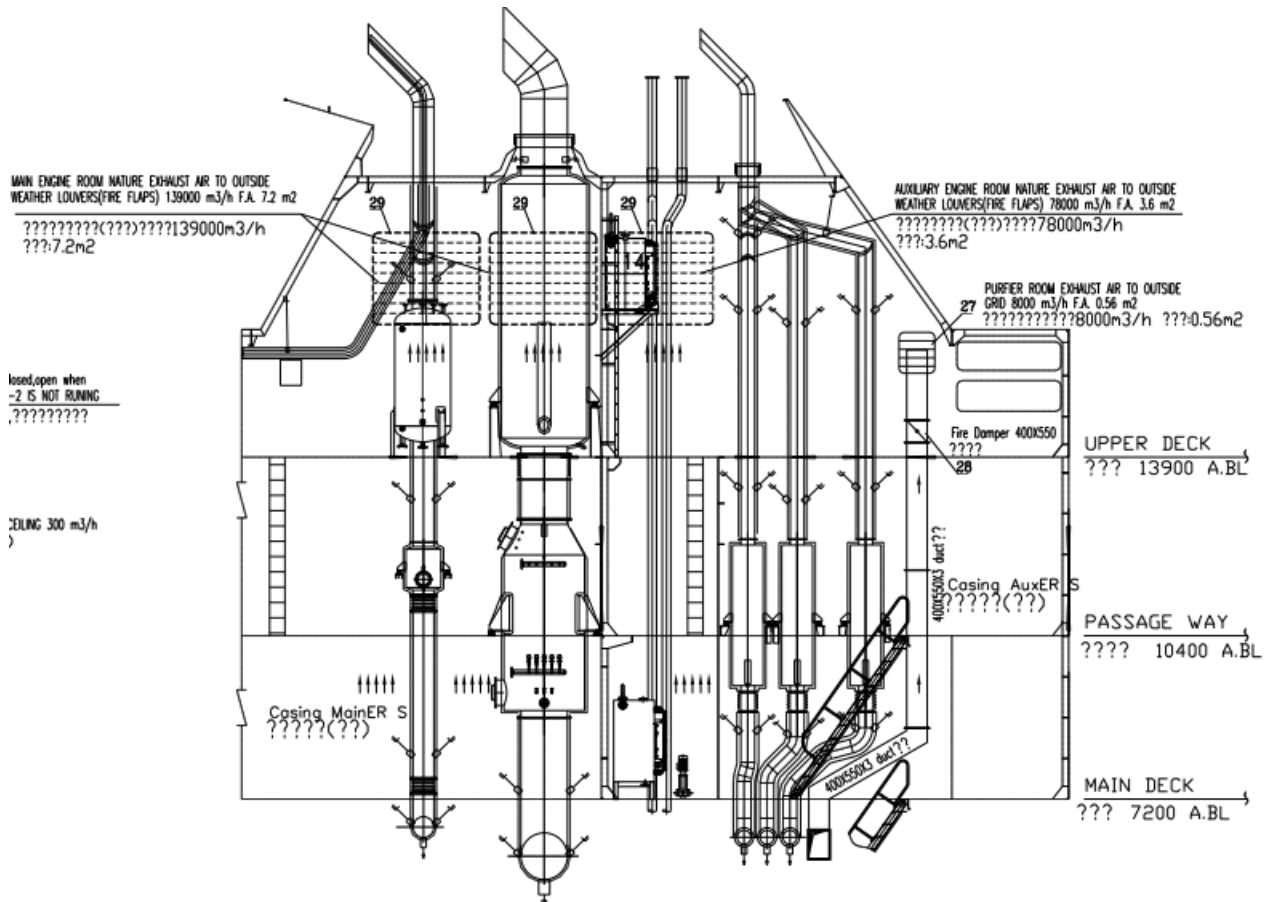


Ilustración 9. Alzado de la zona del economizador. Planos del buque.

Con esta pequeña introducción de los espacios dentro de la sala de máquinas, pasaremos a ver en detalle cada uno de estos espacios.

#### 4.1.2. Espacios de máquinas

##### 4.1.2.1. Control de la sala de máquinas

Desde la sala de control se realizan las operaciones y maniobras de la sala de máquinas. Estas operaciones pueden ser: acoplar, desacoplar, arrancar o parar la maquinaria tanto principal como auxiliar, poner en marcha/parada elementos como las bombas de refrigeración o lubricación y ver los parámetros de los equipos desde el monitor entre otras cosas.



Ilustración 10. Disposición del control de la sala de máquinas. Elaboración propia.

Desde el panel de control podemos realizar varias funciones y tenemos elementos como:

- Un monitor donde podemos observar los parámetros de distintos equipos de la sala de máquinas.
- Una consola, donde nos fijamos para ver cuál ha sido la alarma que está sonando.
- Una impresora de alarmas, en la que quedan registradas todas estas con nombre, fecha y hora.
- Una consola donde nos marcan las paradas del motor.
- Una pantalla que actúa como repetidor del módulo de combustible.
- Manómetros indicando presiones y temperaturas de aire de barrido, agua de refrigeración, lubricación y combustible.
- Botones para el accionamiento manual de bombas como la lubricación de la reductora, lubricación de motor principal o refrigeración (agua dulce y salada).



*Ilustración 11. Panel de control general. Elaboración propia.*



Por otro lado, tenemos los cuadros eléctricos divididos por secciones. Algunas de estas son:

- Consumidores esenciales (essential consumers).
- Hélices transversales de proa y popa (bow and stern thruster).
- Conexión a tierra (shore connection).
- Motores auxiliares (generators 1,2,3).
- Generador de cola (shaft generator).
- Acople de barras (coupling switch).
- Contenedores (containers).



*Ilustración 12. Cuadros eléctricos. Elaboración propia.*

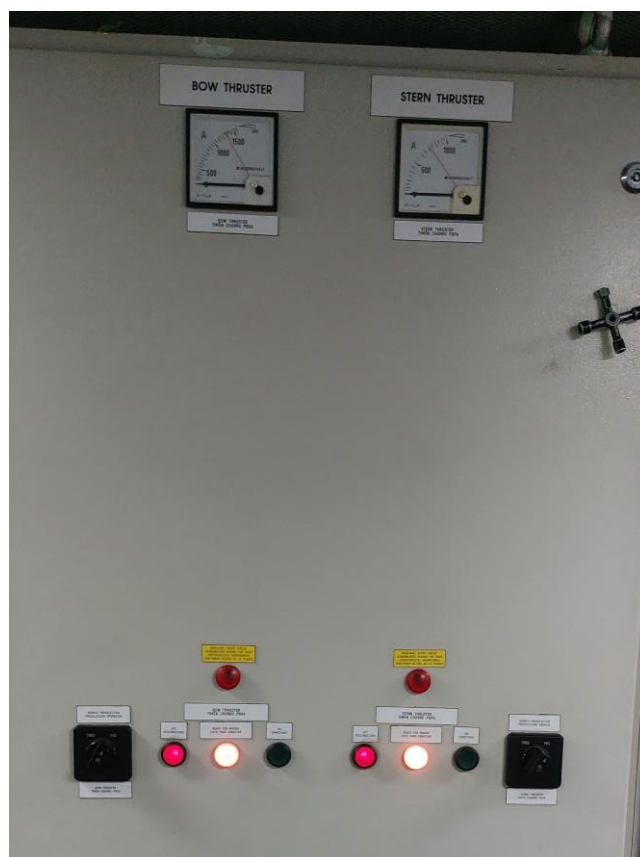


Ilustración 13. Cuadro eléctrico, hélices transversales. Elaboración propia.



Ilustración 14. Cuadro eléctrico, coupling switch. Elaboración propia.



Por último, destacar una zona dentro del control, donde vemos los niveles de los tanques de combustible, actuamos sobre las válvulas de dichos tanques y realizamos el procedimiento de achique de los pocetes de sentina de la bodega y bodeguín. Desde aquí también realizamos operaciones de trasiego de HFO y Diesel.



Ilustración 15. Control de máquinas. Elaboración propia.

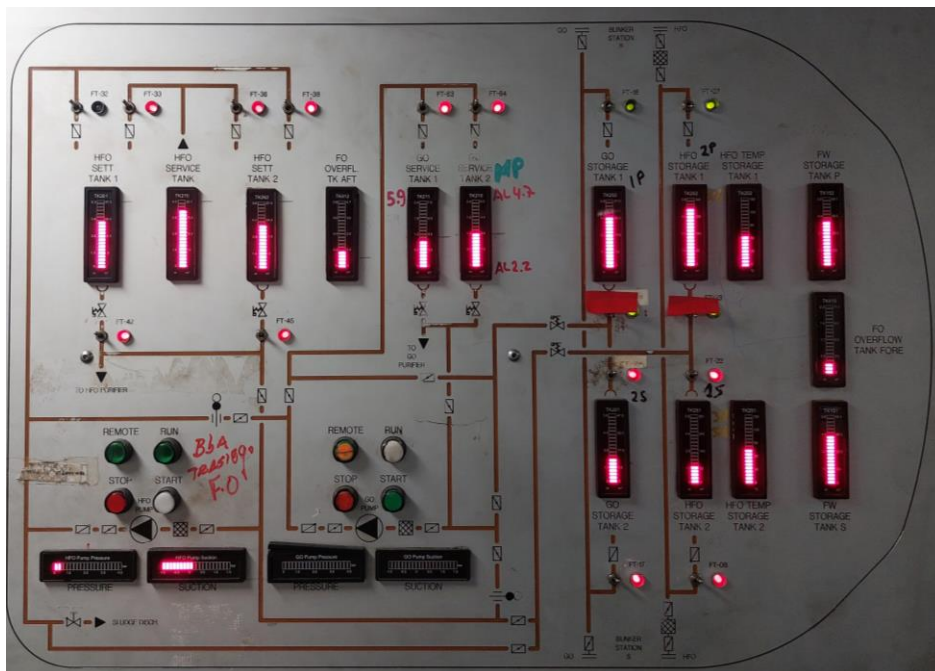


Ilustración 16. Niveles de los tanques de combustible. Elaboración propia.

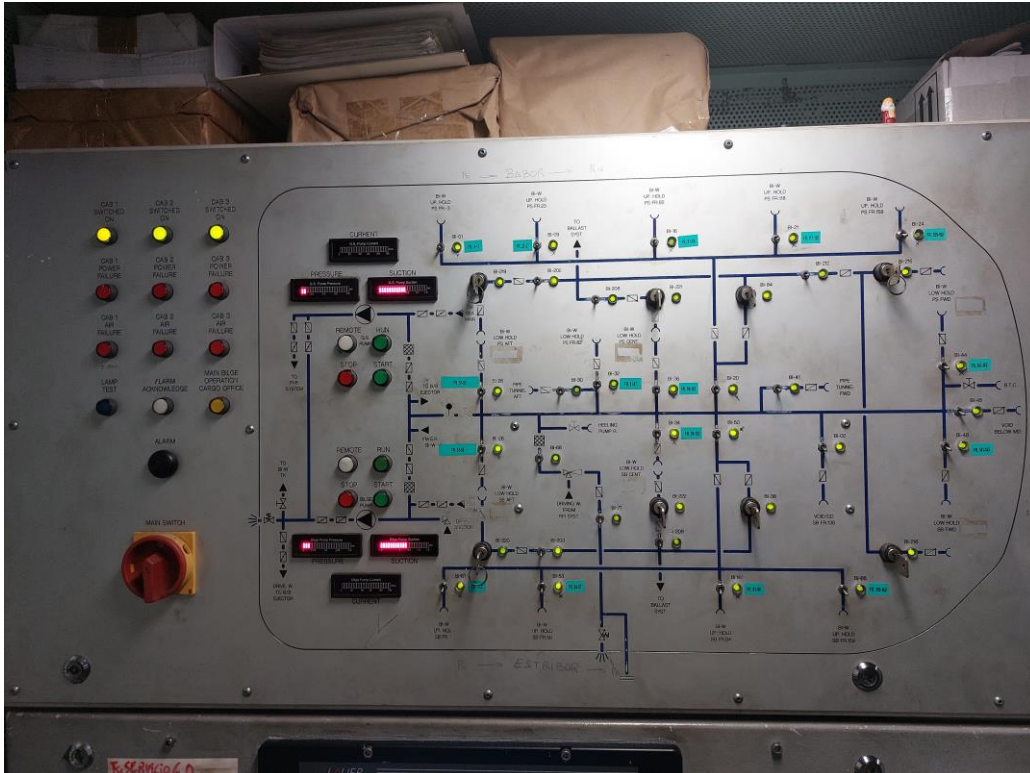


Ilustración 18. Sistema de achique de pocetes. Elaboración propia.

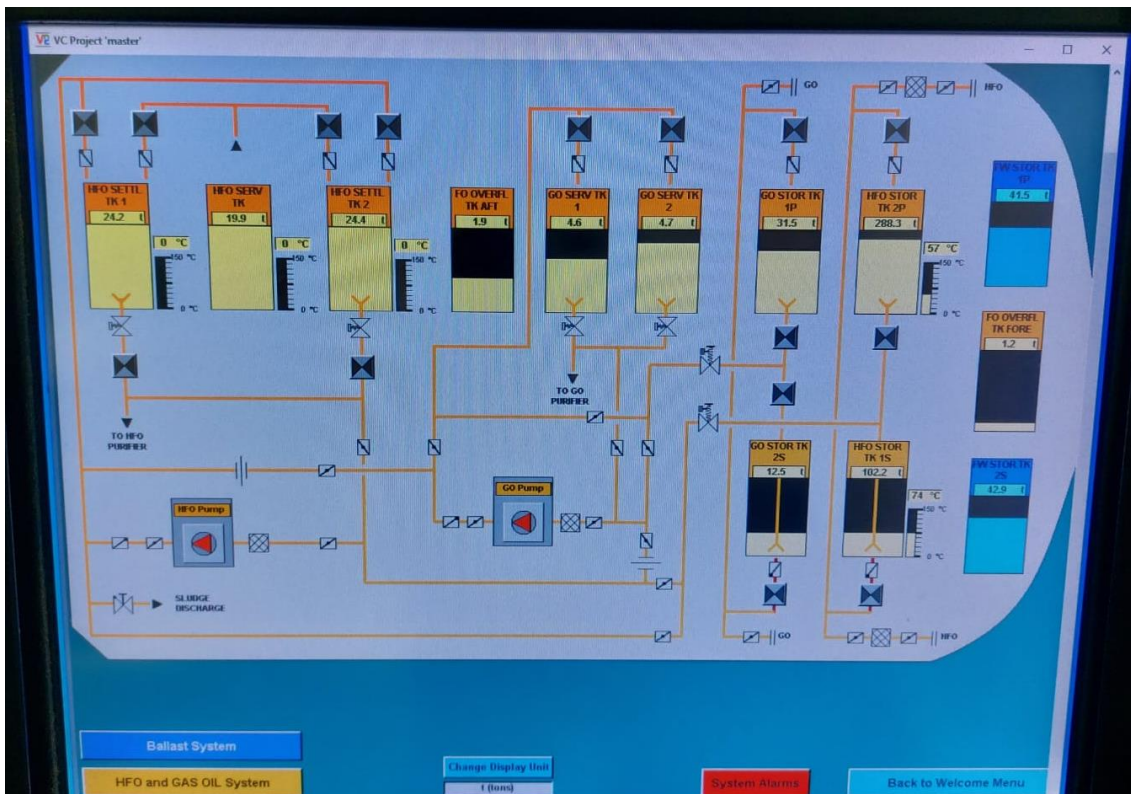


Ilustración 17. Sondas de los tanques de combustible y agua. Elaboración propia.



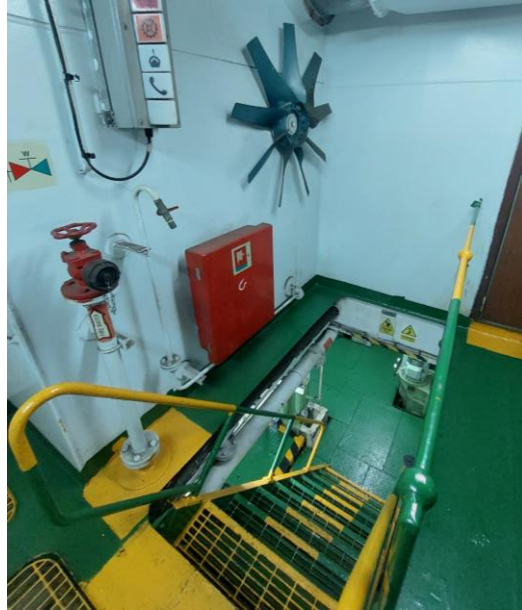


*Ilustración 19. Área de manuales y equipos de emergencia. Elaboración propia.*

#### 4.1.2.2. Sala de bombas

En esta sala tenemos la mayoría de las bombas que hay en la sala de máquinas, a excepción de algunas como pueden ser las bombas de LT (tanto las de navegación como la de puerto), la bomba eléctrica de HT y la bomba eléctrica de aceite, que se encuentran en la sala del motor principal.

Además, en esta área también podemos ubicar la planta de lastre y un banco de limpieza.



*Ilustración 21. Entrada sala de bombas. Elaboración propia.*



*Ilustración 20. Planta de lastre y bombas de agua salada. Elaboración propia.*

#### 4.1.2.3. Sala de motores auxiliares

Este es el primer espacio que nos encontramos nada más entrar a la sala de máquinas. Quizás sea de los espacios más reducidos junto a la sala de depuradoras. En este espacio simplemente tenemos los tres motores auxiliares. También tenemos la toma de aceite de motores principales.



*Ilustración 23. Local de motores auxiliares. Elaboración propia.*



*Ilustración 22. Toma de aceite de motores auxiliares. Elaboración propia.*



#### 4.1.2.4. Sala de depuradoras

La sala de depuradoras, como ya hemos mencionado anteriormente se caracteriza por ser un espacio reducido. Nada más entrar podemos encontrar las tres depuradoras ordenadas de manera horizontal: una de aceite, una de Diesel y una de fuel. En esta área también disponemos de un fregadero donde los tripulantes de máquinas pueden asearse las manos al finalizar los trabajos.

A diferencia de otros espacios, el disparo de CO<sub>2</sub> se encuentra en la puerta de entrada a este local. De tal manera, en caso de emergencia solo tendríamos que cerrar la puerta y disparar el sistema.



Ilustración 25. Local de depuradoras. Elaboración propia.



Ilustración 24. Disparo de CO<sub>2</sub> local de depuradoras. Elaboración propia.

#### 4.1.2.5. Talleres

Los talleres son la zona de trabajo de los maquinistas. En nuestra sala de máquinas podemos encontrar dos talleres y están uno al lado del otro. Uno es el taller del mecánico, donde tenemos un banco de trabajo con todo tipo de herramientas, un equipo de soldadura e incluso un torno. Y el otro, es el taller del electricista, donde realiza trabajos más específicos y donde se guarda gran parte del material eléctrico. En esta área también se encuentra el pañol donde se guardan la mayoría de los repuestos de la máquina.

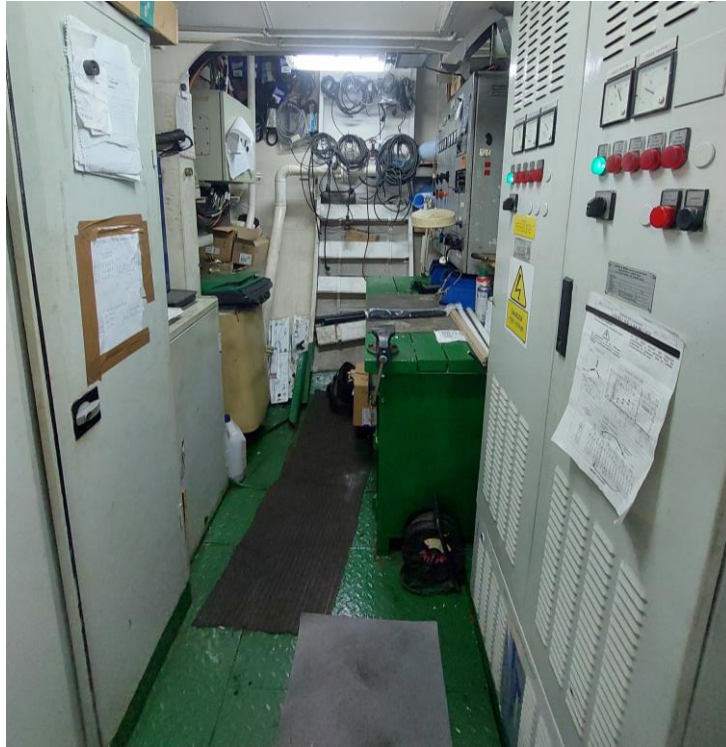
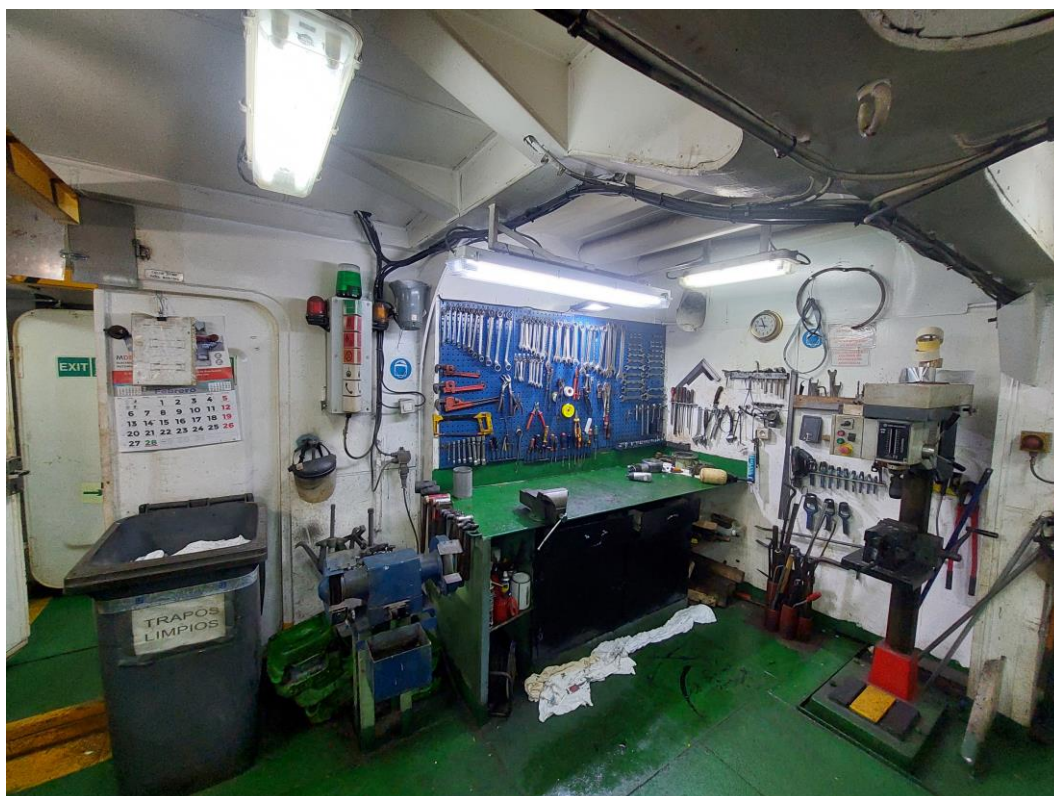


Ilustración 27. Taller eléctrico. Elaboración propia.



Ilustración 26. Pañol de repuestos. Elaboración propia.





*Ilustración 28. Taller del mecánico. Elaboración propia.*



*Ilustración 29. Torno. Elaboración propia.*





Ilustración 31. Área de soldadura. Elaboración propia.

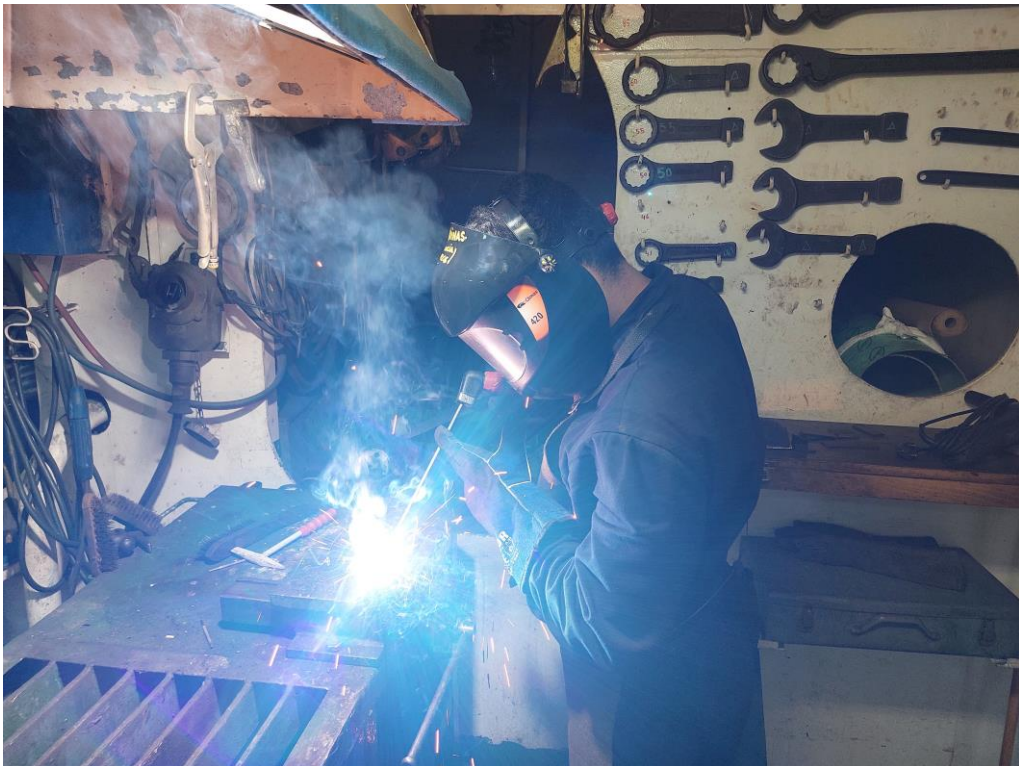


Ilustración 30. Practicando soldadura. Elaboración propia.

#### 4.1.2.6. Zona caldera de recuperación

En un tecele superior, dentro de la sala de máquinas, tenemos la caldera de recuperación, también conocida como economizador. Esta aprovecha los gases de escape para calentar el aceite térmico, lo que le convierte en un equipo eficiente, ya que se consigue un ahorro de combustible al no estar usando la caldera mechero.

A esta caldera, se le realizan lavados por 3 válvulas de entrada que tiene. El motivo de estos lavados es que los gases de escape calientan el aceite térmico (que pasa por dentro del economizador en un circuito cerrado, como en una especie de serpentín). Al pasar los gases, el azufre va creando incrustaciones tanto en la superficie exterior de dicho serpentín como en las paredes del economizador, restándole eficiencia a este equipo. Por ello, se realizan estos lavados y se emplea el producto químico ``Fuel Power Shoot Remover``.



*Ilustración 32. Zona caldera de recuperación. Elaboración propia.*



*Ilustración 33. Lavado del economizador. Elaboración propia.*

#### 4.1.2.7. Sala del motor principal

En la sala del motor principal, como ya hemos mencionado varias veces anteriormente, está dividida en el tecele inferior y el tecele superior.

No entraremos mucho en detalle, ya que la mayoría de los elementos los veremos cuando desglosemos cada sistema esencial. Destacar que, en la sala de máquinas hay muchos elementos y quizás no todos sean nombrados, pero los más fundamentales sí debido a su importancia.

Tecele superior:

- Módulo de combustible.
- Caldera mechero.
- Precalentador del motor principal.
- Bombas de refrigeración de agua de alta y baja temperatura.
- Evaporador.
- Compresores.
- Botellas de aire.

Tecele inferior:

- Hélice transversal de popa.
- CPP (Control Pass Pitch), hidráulica del control del paso variable de la hélice.
- Bombas de combustible de la caldera.
- Separador de sentina.
- Enfriador de aceite del motor principal.
- Bloque motor (parte inferior).
- Bomba de aceite del motor principal.





*Ilustración 35. Vista general sala de motor principal, tecla superior. Elaboración propia.*



*Ilustración 34. Caldera de aceite térmico. Elaboración propia.*



Ilustración 36. Separador de sentina. Elaboración propia.

Separador de sentina	
Marca	Marine Water Technology RWO
Tipo	SKIT/S-DEB 2.5
Nº de serie	7297
Año	2005
Capacidad	2.5 m <sup>3</sup> /h
Presión de prueba	1,5 – 4,5 bar

Tabla 2. Características separador de sentina. Elaboración propia.





Ilustración 37. Hélice transversal de popa. Elaboración propia.

Hélice transversal de popa		
Hélice transversal de popa	Marca	WÄRTSILA PROPULSION
	Tipo	FT175H
Hélice	Diámetro	1.250 mm
	Velocidad	519 rpm
	Nº de palas	4
	Peso	264 kg
Motor conductor	Velocidad	1.755 rpm
	Potencia	500 kW
	Fabricante	Woelfer
	Tipo	MSODK 15L-4b

Tabla 3. Características hélice transversal de popa. Elaboración propia.

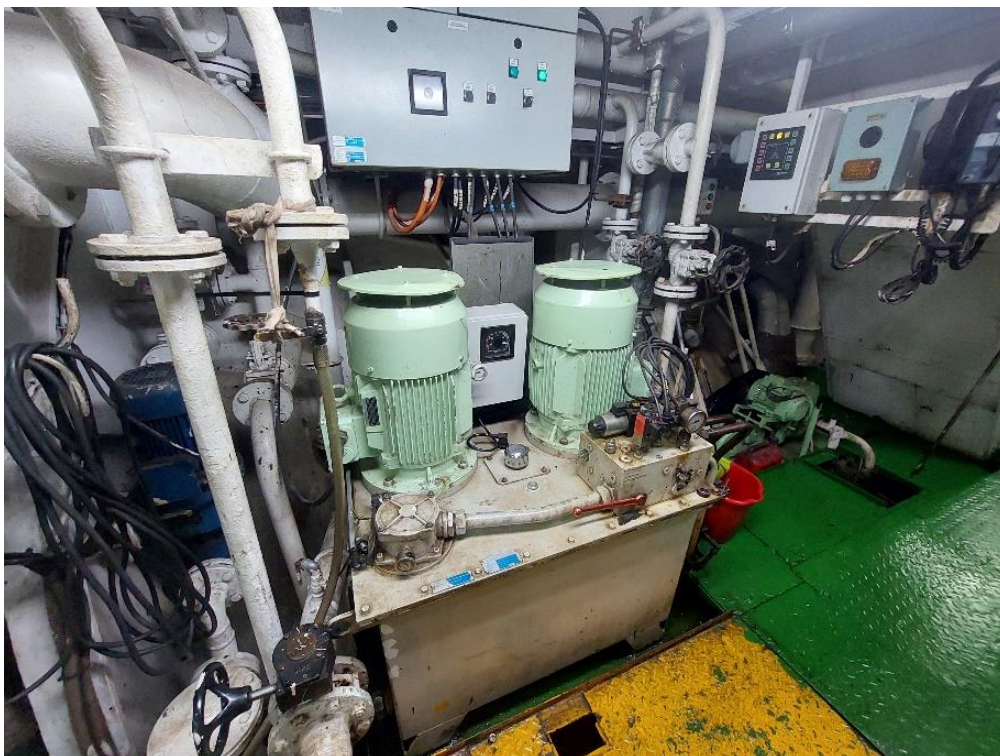


Ilustración 38. CPP. Elaboración propia.

CPP	
<b>Marca</b>	WÄRTSILA PROPULSION
<b>Tipo</b>	CPP2-20250-038-160M-A2A 10 SDS
<b>Nº de serie</b>	50263270-18C05
<b>Año</b>	2005
<b>Voltaje</b>	440 V
<b>Frecuencia</b>	60 Hz
<b>Presión de prueba</b>	218 bar

Tabla 4. Características de la CPP. Elaboración propia.

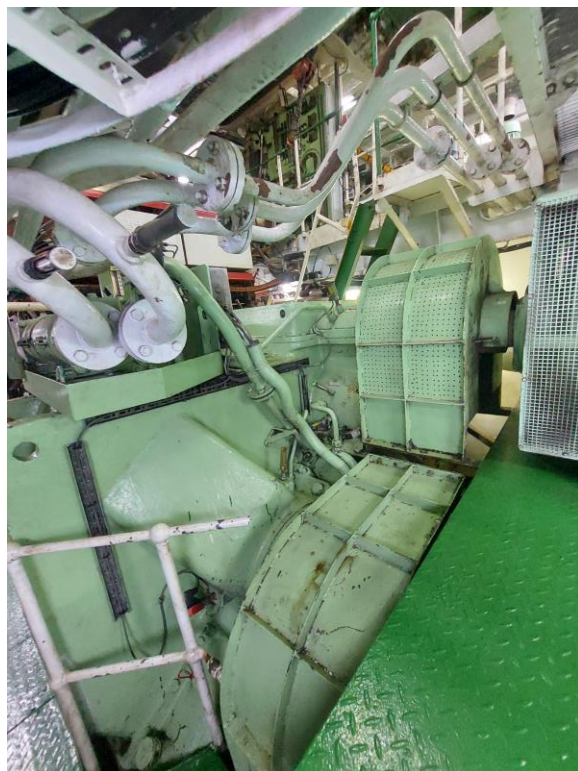


Ilustración 39. Bombas de combustible de la caldera. Elaboración propia.

Bombas de combustible de la caldera	
Fabricante	Allweiler
Tipo	BAS 250 – G8.3-F-E-W8
Nº de bombas	2
Caudal	330 l/h
NPSH	2 m.l.c
Potencia eléctrica del motor	0,28 kW
Potencia eléctrica requerida	0,43 kW
Combustible	Diesel

Tabla 5. Características de las bombas de combustible de la caldera. Elaboración propia.





*Ilustración 41. Reductora y generador de cola del motor principal. Elaboración propia.*



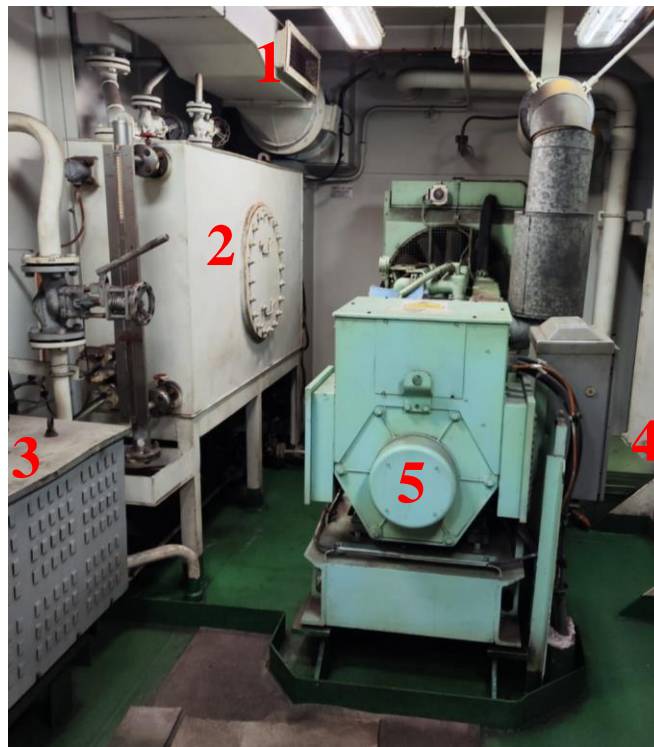
*Ilustración 40. Bloque del motor principal. Elaboración propia.*

#### 4.1.2.8. Generador de emergencia

Quizás este sea uno de los espacios más importantes del buque, ya que dependeremos de él en un caso de emergencia. En el caso de una caída de planta, el generador de emergencia es el encargado de dar respuesta. Este se encarga de sustentar unos consumidores mínimos necesarios hasta que se consiga solucionar el problema. Es importante tener claro, que el generador de emergencia no alimenta a todos los equipos y luminarias del barco, solo aquellos que se encuentren en el cuadro de emergencia y estos serán los mínimos para poder seguir controlando el buque.

En este local, tenemos varios elementos:

1. Ventilación.
2. Tanque de combustible.
3. Transformador.
4. Grupo de baterías.
5. Generador de emergencia.
6. Teléfonos.
7. Cuadro de emergencia con consumidores de 440 V y 230 V.
8. Cuadro de conexión a tierra.



*Ilustración 42. Local del generador de emergencia. Elaboración propia.*



Ilustración 44. Teléfonos IMCOS. Elaboración propia.



Ilustración 43. Cuadro de emergencia. Elaboración propia.





*Ilustración 45. Cuadro de conexión a tierra. Elaboración propia.*



*Ilustración 46. Ventilación local del generador de emergencia. Elaboración propia.*

El generador de emergencia podemos arrancarlo de manera local o manual. Para leer unas instrucciones más detalladas de la puesta en marcha / parada del generador de emergencia, **ver anexo 1**.

- **Arranque local:** Debemos poner el selector que hay en el cuadro de emergencia en manual. Posteriormente, en el cuadro del motor hay otro selector, que debemos ponerlo en local. Con estas dos condiciones, tendremos nuestro generador en marcha pulsando el botón verde de "Start". Para pararlo, llevamos el selector a la posición "Stop". Una vez parado, dejamos el selector en modo "Emergency". En el selector del cuadro de emergencia volvemos a poner el selector en modo "Automatic". De esta manera al estar en "Emergency" y "Automatic", el generador se arrancará y se acoplará de forma inmediata en caso de que fuera necesario.



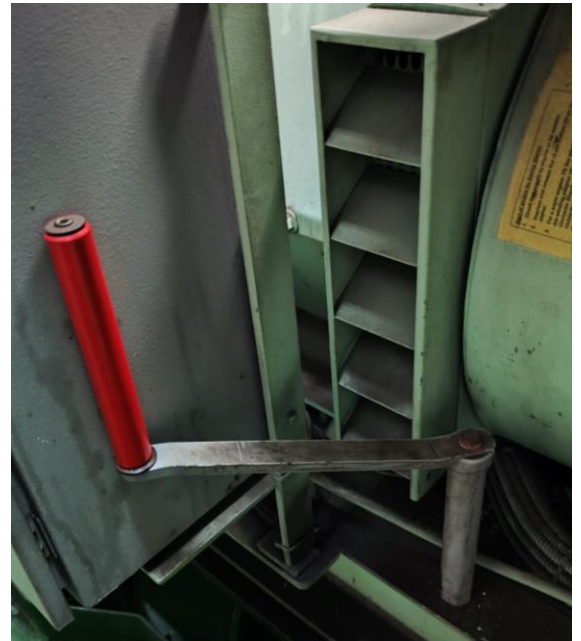
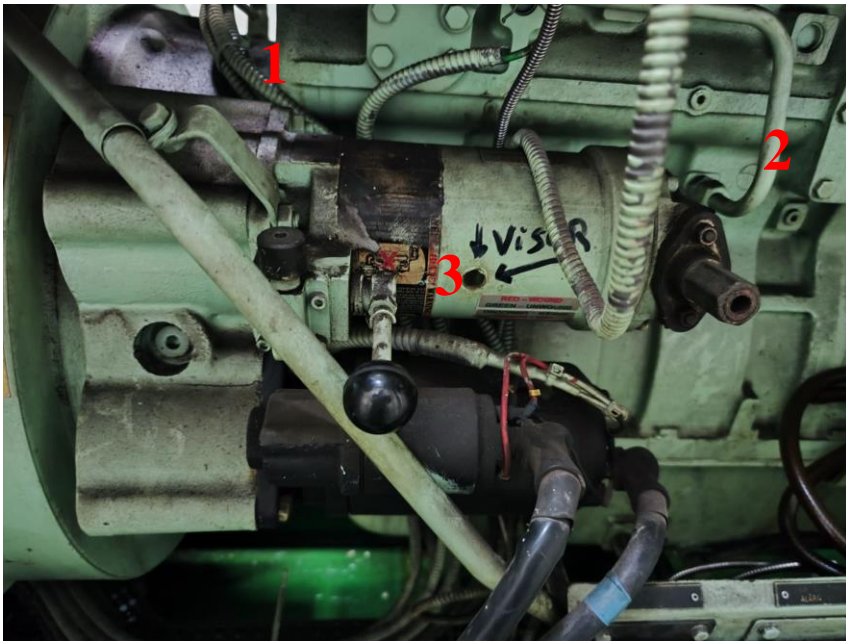
Ilustración 47. Selectores de posición. Elaboración propia.

- **Arranque manual:** La forma manual de arrancar el generador consta de 3 pasos:

1º Pulsamos el botón negro para rearmar. Deberá sonar un ``click``.

2º Colocar y girar con ayuda de la manivela hasta que en la mirilla pase de color blanco a rojo.

3º Quitar la manivela y jalar de la palanca de arranque.



*Ilustración 48. Procedimiento de arranque manual. Elaboración propia.*



Finalmente, resetear todas las alarmas del generador para que no quede ninguna activa.



Ilustración 49. Alarmas generador de emergencia. Elaboración propia.

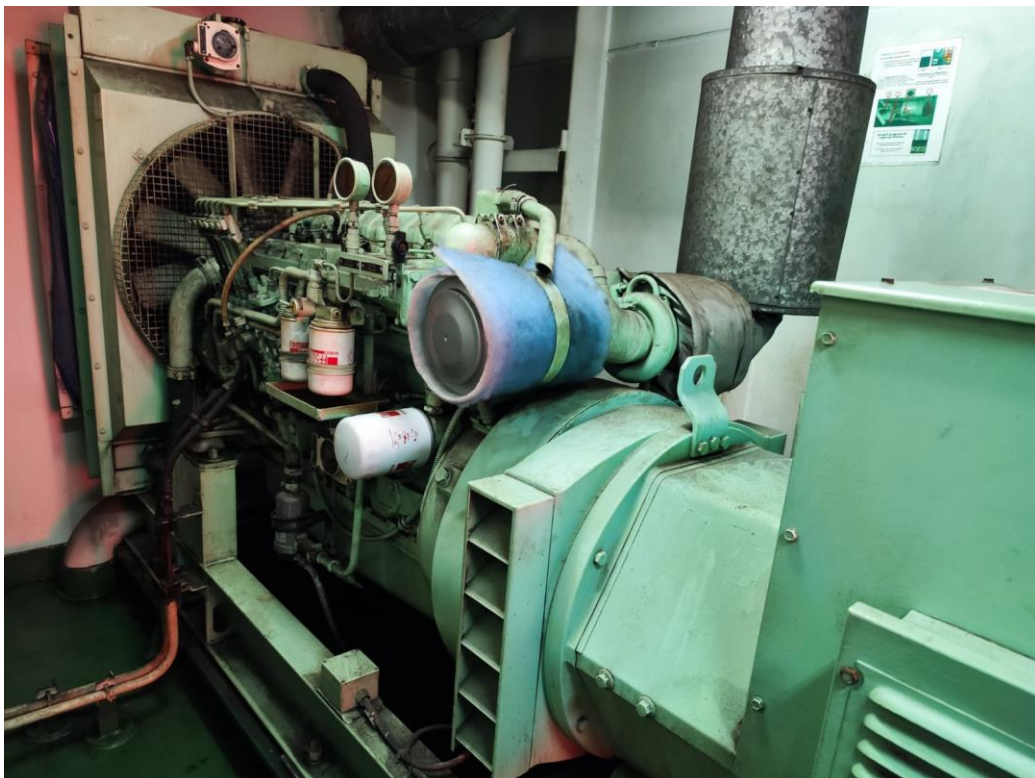


Ilustración 50. Generador de emergencia. Elaboración propia.

<b>Generador de emergencia (MOTOR)</b>	
<b>Marca</b>	Sisudiesel
<b>Potencia</b>	140 kW, 1.800 rpm
<b>Nº de serie</b>	S2452
<b>Juego de válvulas</b>	0,35 mm

Tabla 6. Características motor del generador de emergencia. Elaboración propia.

<b>Generador de emergencia (ALTERNADOR)</b>	
<b>Marca</b>	Stamford AC Generators
<b>Tipo</b>	UC-M274G2
<b>Fecha de instalación</b>	01/2006
<b>Nº de serie</b>	0205498/1
<b>Frecuencia</b>	60 Hz
<b>Factor de potencia</b>	0,80
<b>R.P.M</b>	1.800 rpm
<b>Voltaje</b>	450 V
<b>Intensidad</b>	192,5 A
<b>Temperatura ambiente</b>	50 °C
<b>Voltaje de excitación</b>	46 V
<b>Nº de fases</b>	3

Tabla 7. Características alternador del generador de emergencia. Trabajo de campo.



#### 4.1.2.9. Equipo hidráulico de popa

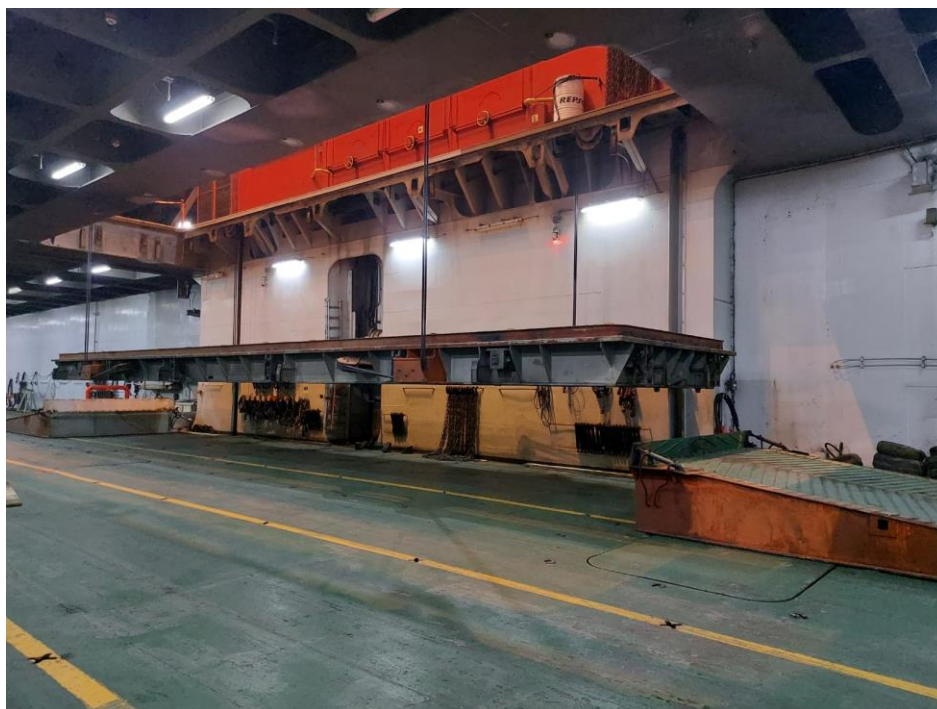
El equipo hidráulico de popa, también reconocido a bordo como MacGregor (debido a que este es el fabricante de dicho equipo), es el encargado de actuar sobre elementos como la rampa de popa, la tapa de la cubierta inferior (bodeguín) y el elevador a la cubierta superior (ascensor).



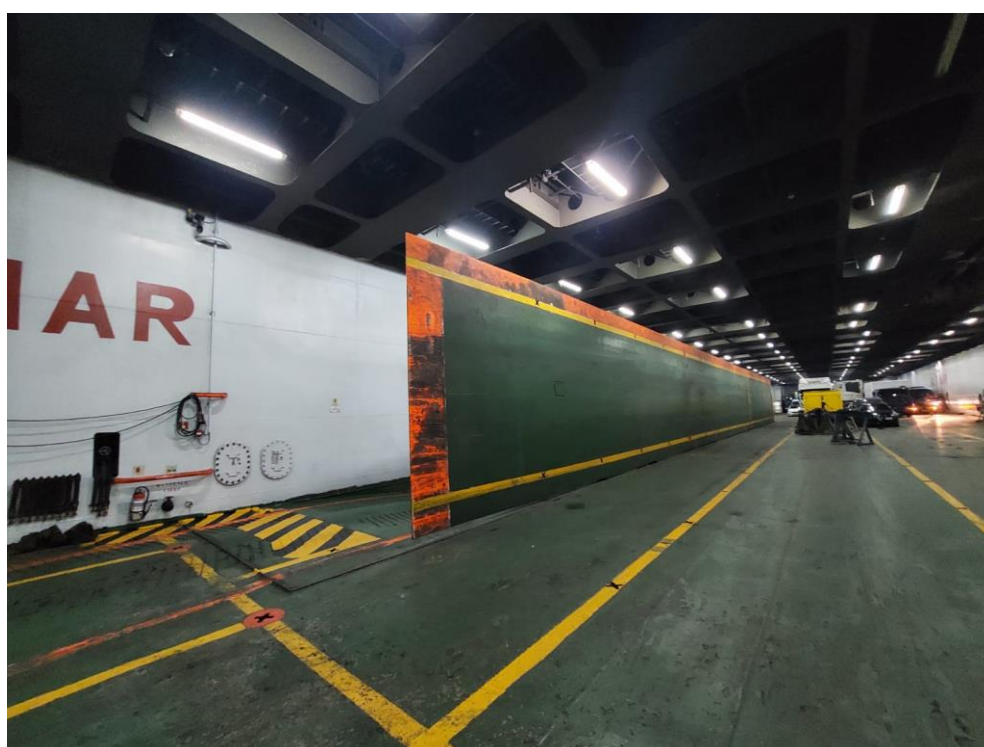
*Ilustración 51. Equipo hidráulico de popa. Elaboración propia.*



*Ilustración 52. Rampa de popa. Elaboración propia.*



*Ilustración 54. Ascensor. Elaboración propia.*



*Ilustración 53. Tapa del bodeguín. Elaboración propia.*

#### 4.1.2.10. Servomotor

El servomotor es el elemento encargado de actuar sobre la pala del timón. Explicado de una manera breve: Desde el puente se exige un rumbo, y este se traduce en una señal eléctrica que es enviada a los motores hidráulicos. Finalmente, estos actúan sobre el servo y este último, sobre la pala del timón.

En el Andalucía Express, tenemos un servomotor de accionamiento hidráulico. En este local también podemos actuar sobre el servo de manera manual desde el grupo hidráulico, por si fuera necesario en un caso de emergencia.



*Ilustración 55. Servomotor, visto desde ambos lados. Elaboración propia.*



*Ilustración 56. Grupo hidráulico del servomotor. Elaboración propia.*

A continuación, podemos ver un esquema de la unidad de control de accionamiento hidráulico (unidad de realimentación del ángulo del timón). Podemos ver como se manda una el piloto automático manda constantemente la señal eléctrica al servo, para que este actúe sobre el timón. Gracias a la retroalimentación, se le da al piloto el rumbo obtenido para que corrija la señal.

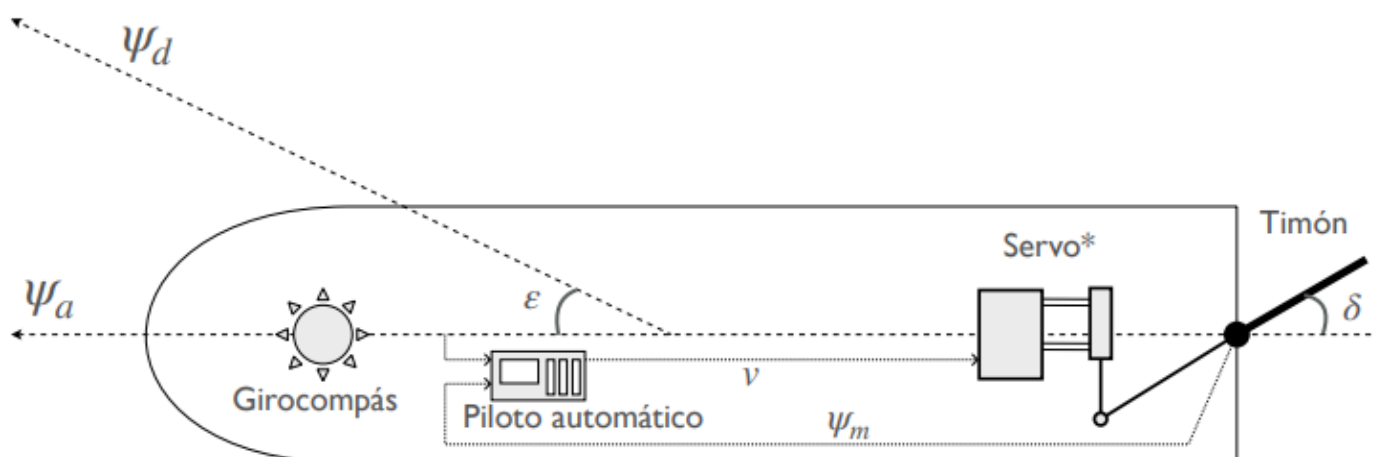


Ilustración 57. Esquema de unidad de control. Fuente 2: Manual del sistema de gobierno.

Servomotor	
Marca	MARINER SHIP'S EQUIPMENT
Tipo	MSE-2ZoL 280/35
Par máx.	343 kNm
Angulo máx. del timón	2x35° / 2x35° (Accionamiento eléctrico / mecánico)
Bomba hidráulica	SAUER NP 3/26
Presión máx. de aceite	260 bar
Motor conductor	CAMAKGM 180 M4
Voltaje	440 V
Frecuencia	60 Hz
Velocidad	1.750 rpm
Pistón	2 x doble acción
Diámetro pistón	160 mm
Diámetro vara pistón	100 mm
Carrera	720 mm
Máx. fuerza de empuje	592 kN
Máx. fuerza de tracción	361 kN
Capacidad de aceite del sistema	547 L.

Tabla 8. Grupo hidráulico del servomotor. Elaboración propia.



#### 4.1.2.11. Locales técnicos

En el buque podemos encontrar dos locales técnicos, el de proa y el de popa.

En el local de proa se encuentran distintos elementos como, los compresores del aire acondicionado, la planta séptica, el hidróforo sanitario, el calentador de agua, la bomba contraincendios de emergencia y la hélice de proa.



Ilustración 58. Hélice transversal de proa. Elaboración propia.

Hélice transversal de proa		
Hélice transversal de proa	Marca	WÄRTSILÄ PROPULSION
	Tipo	FT175H
Hélice	Diámetro	1.750 mm
	Velocidad	378 rpm
	Nº de palas	4
	Peso	730 kg
Motor conductor	Velocidad	1.755 rpm
	Potencia	825 kW
	Fabricante	Woelfer
	Tipo	MSODK355L-4bbb

Tabla 9. Características hélice de transversal de proa. Elaboración propia.



*Ilustración 59. Bomba C/I de emergencia. Elaboración propia.*

En la ilustración 59, además de ver la bomba centrífuga del sistema de contraincendios de emergencia, a la izquierda podemos ver otra bomba. Se trata de la bomba contraincendios de la caldera, ya que esta tiene un sistema interno de rociadores.



*Ilustración 60. Compresores gambuzas. Elaboración propia.*



*Ilustración 62. Compresores A/A. Elaboración propia.*



*Ilustración 61. Planta séptica. Elaboración propia.*





*Ilustración 63. Hidróforo sanitario y calentador de agua. Elaboración propia.*

Por otro lado, el local técnico de popa se encuentra en el passage way, a popa. En este local podemos encontrar el tanque de compensación de aceite de la bocina, el tanque de compensación de agua de refrigeración de alta temperatura del motor principal, los armarios de disparo de CO<sub>2</sub> y el grupo de accionamiento sobre las válvulas de corte rápido.



*Ilustración 64. Local técnico de popa. Elaboración propia.*





*Ilustración 66. Tanque de compensación de agua de alta temperatura del motor principal. Elaboración propia.*



*Ilustración 65. Tanque de compensación aceite bocina. Elaboración propia.*

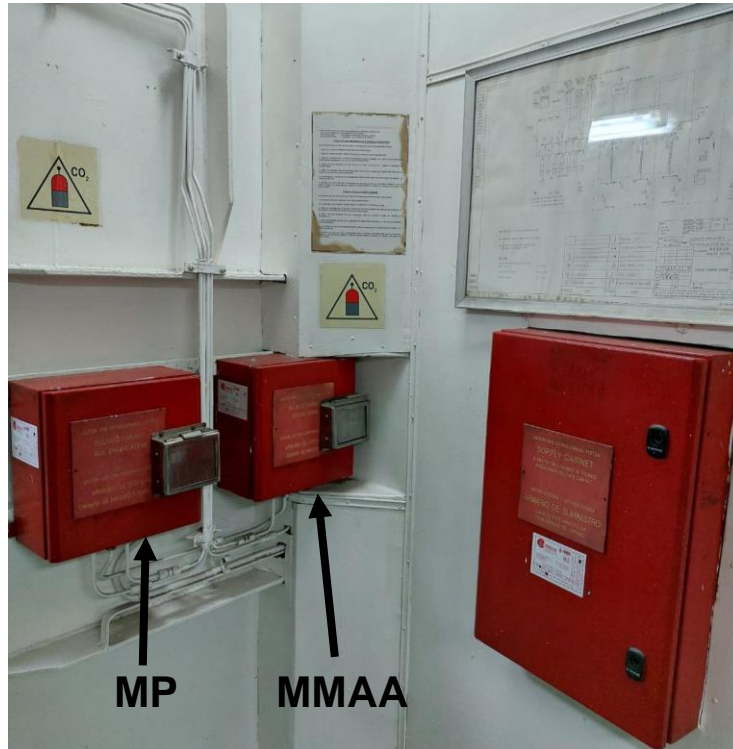


Ilustración 67. Grupo de disparo de CO2. Elaboración propia.

En el **anexo 2**, se puede ver el plano del sistema de CO2 que aparece en la ilustración 67, ya que debido a su tamaño no se aprecia.

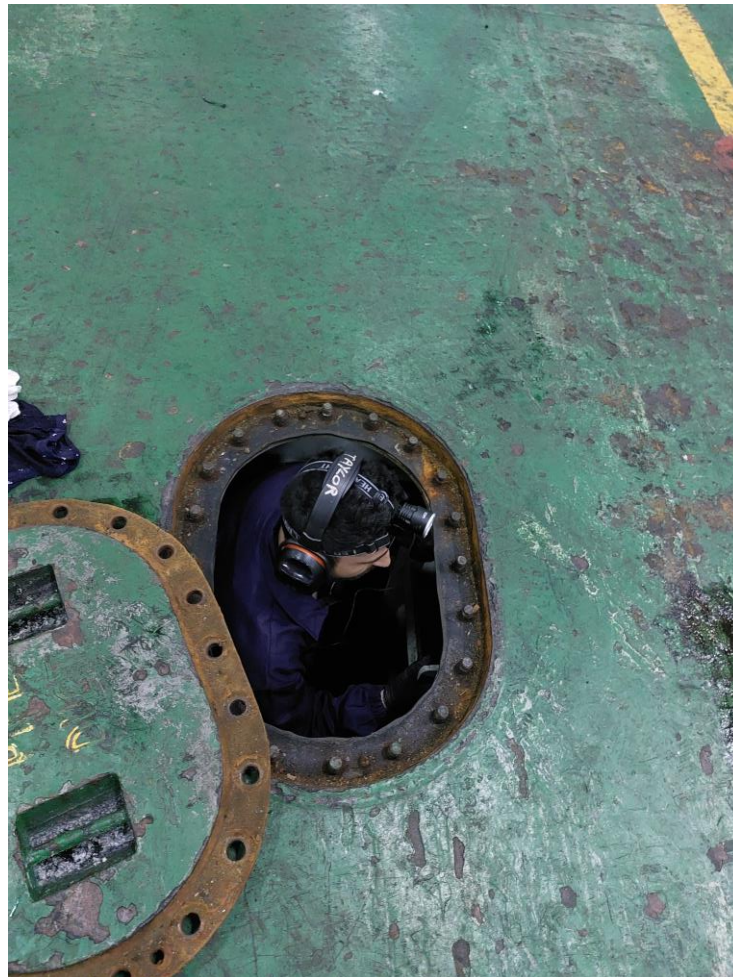


Ilustración 68. Grupo de accionamiento sobre válvulas de disparo rápido. Elaboración propia.

#### 4.1.2.12. Túnel de válvulas

En el túnel de válvulas tenemos gran parte de los actuadores neumáticos del sistema de achique de los pocetes de máquinas, bodega y bodeguín (denominados BW). También podemos encontrar actuadores neumáticos relacionados con el sistema contra incendios (denominadas con las siglas BI). Se considera un espacio cerrado, por lo que debemos entrar con detector de oxígeno y acompañados, además de rellenar el modelo “PO 702 (III) – ENTRADAS A ESPACIOS VACIOS” (ver anexo 3).

Para acceder al túnel de válvulas lo podemos hacer principalmente por el bodeguín (hay varios accesos) o por la sala de máquinas. Es un espacio reducido, ya que además pasan tuberías de los sistemas de achique.



*Ilustración 69. Acceso al túnel de válvulas desde una de las entradas del bodeguín.  
Elaboración propia.*





*Ilustración 70. Interior del túnel de válvulas. Elaboración propia.*



*Ilustración 71. Desmontaje de actuador neumático para mantenimiento. Elaboración propia.*

#### 4.1.2.13. Local de CO<sub>2</sub>

En este local, se encuentran la mayoría de las botellas de CO<sub>2</sub> para hacer frente a cualquier situación de emergencia, habiendo un total de 43 botellas.

- 24 botellas para la sala del motor principal.
- 16 botellas en la sala de maquinaria auxiliar
- 3 botellas en la sala de depuradoras.

No vamos a explicar los pasos para actuar sobre el sistema de CO<sub>2</sub>, porque no es el objetivo de este apartado, pero en los **anexos 4 y 5**, se pueden leer los procedimientos para actuar sobre este sistema.



*Ilustración 72. Local de CO<sub>2</sub>. Elaboración propia.*



*Ilustración 73. Ubicación de las botellas de CO<sub>2</sub> para cada espacio. Elaboración propia.*

#### **4.1.2.14. Local de O<sub>2</sub> y acetileno**

En este local, se encuentran todas las botellas de O<sub>2</sub> y acetileno del buque. Por cuestiones de seguridad, no he podido acceder al interior de este espacio, por lo que lo muestro desde fuera.



*Ilustración 74. Local de O<sub>2</sub> y acetileno. Elaboración propia.*



## **4.2. Metodología**

Este TFG se ha basado en mi experiencia como alumno de máquinas en el buque “Andalucía Express”, en el que he recurrido al uso de manuales y planos del propio buque.



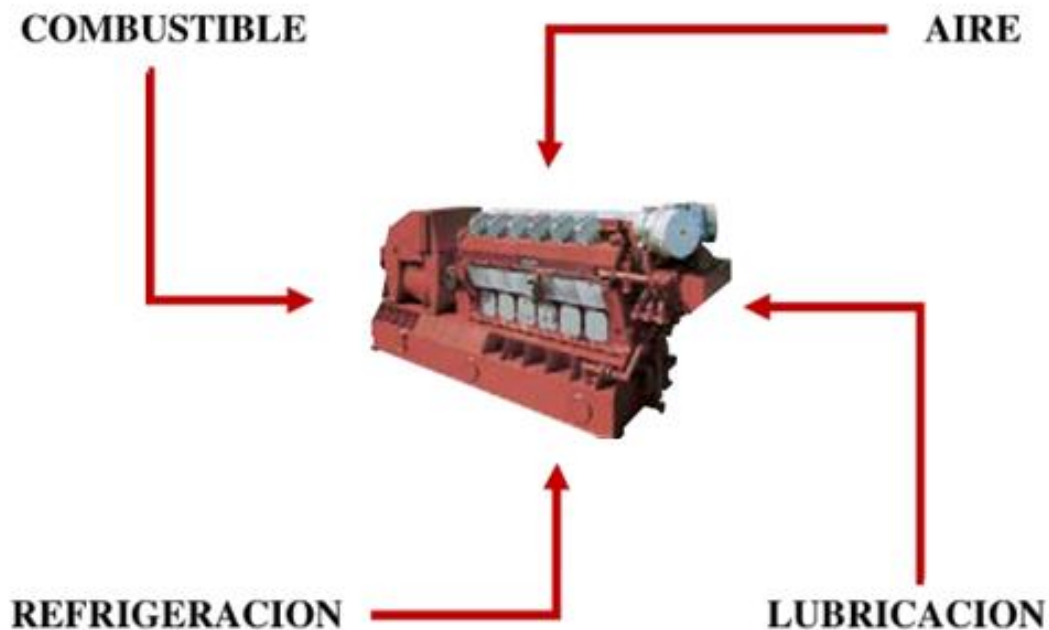
## V. Resultados

## .V. RESULTADOS

Tal y como comenté en el capítulo II. Objetivos, a continuación, se describirán los principales sistemas esenciales del motor principal de nuestro buque. Acompañado de ello, veremos también sus posibles mantenimientos.

### 5.1. Descripción de los sistemas esenciales del motor principal

Los sistemas esenciales es lo que necesita nuestro motor como mínimo para cumplir con sus funciones. Como ya se ha mencionado anteriormente, vamos a realizar el estudio de los sistemas esenciales del motor MAK 12VM32C. El procedimiento consistirá en coger cada uno de los sistemas, y desglosarlos para comprender su funcionamiento.



*Ilustración 75. Sistemas esenciales del motor. Elaboración propia.*

Conozcamos un poco más a nuestra máquina antes de comenzar. El MAK 12VM32C, es un motor de cuatro tiempos, con disposición de doce cilindros en “V” no reversible, de inyección directa y sobrealimentado con dos turbocompresores. Otras de sus características pueden ser las mostradas en la *tabla 10*.

<b>Características motor MAK 12VM32C</b>	
<b>Diámetro del pistón</b>	320 mm
<b>Carrera</b>	420 mm
<b>Grado de compresión</b>	1,3
<b>Cilindrada</b>	405.600 cm <sup>3</sup> (33.800 cm <sup>3</sup> / cilindro)
<b>Potencia media / cilindro</b>	500 kW
<b>Presión media / cilindro</b>	23,7 bar
<b>Revoluciones</b>	460 rpm / 750 rpm
<b>Velocidad media del pistón</b>	10,50 m / s
<b>Dirección de rotación</b>	Sentido horario.
<b>Potencia</b>	6.000 kW
<b>Emisiones NO<sub>x</sub></b>	12 g / kWh
<b>Consumo medio de HFO</b>	0,77 Tn / h

*Tabla 10. Características del motor MAK 12CM32C. Elaboración propia.*

El motor tiene un sistema de parada de emergencia para evitar daños mayores, tanto de la propia máquina como de los trabajadores. Este sistema actuará solo si se dan las siguientes condiciones:

- Sobre velocidad.
- Baja presión de aceite.
- Alta temperatura de aceite.
- Detección de niebla en el cárter.
- Baja presión de agua de refrigeración.
- Alta temperatura del agua de refrigeración.
- Alta temperatura de los gases de escape.

### 5.1.1. Sistema de combustible

A continuación, veremos sobre plano el recorrido que realiza el combustible, pasando por todos los elementos, los cuales veremos en detalle posteriormente. El sistema de combustible, es el único sistema que cuenta con más de un plano:

- Plano del sistema de trasiego del combustible.
- Plano del sistema de purificación del combustible.
- Plano del sistema de consumo del combustible.

#### Plano del sistema de trasiego del combustible.

En la parte superior e inferior del plano, vemos dos recuadros negros que corresponden a las estaciones de bunker. Podemos apreciar que de ellas salen dos líneas, una roja (perteneciente a la línea de fuel), y una verde (perteneciente a la línea de Diesel). Estas líneas van directamente a los tanques de almacén. Desde los tanques de almacén, el combustible es aspirado por las bombas de trasiego, descargando en los tanques de sedimentación.

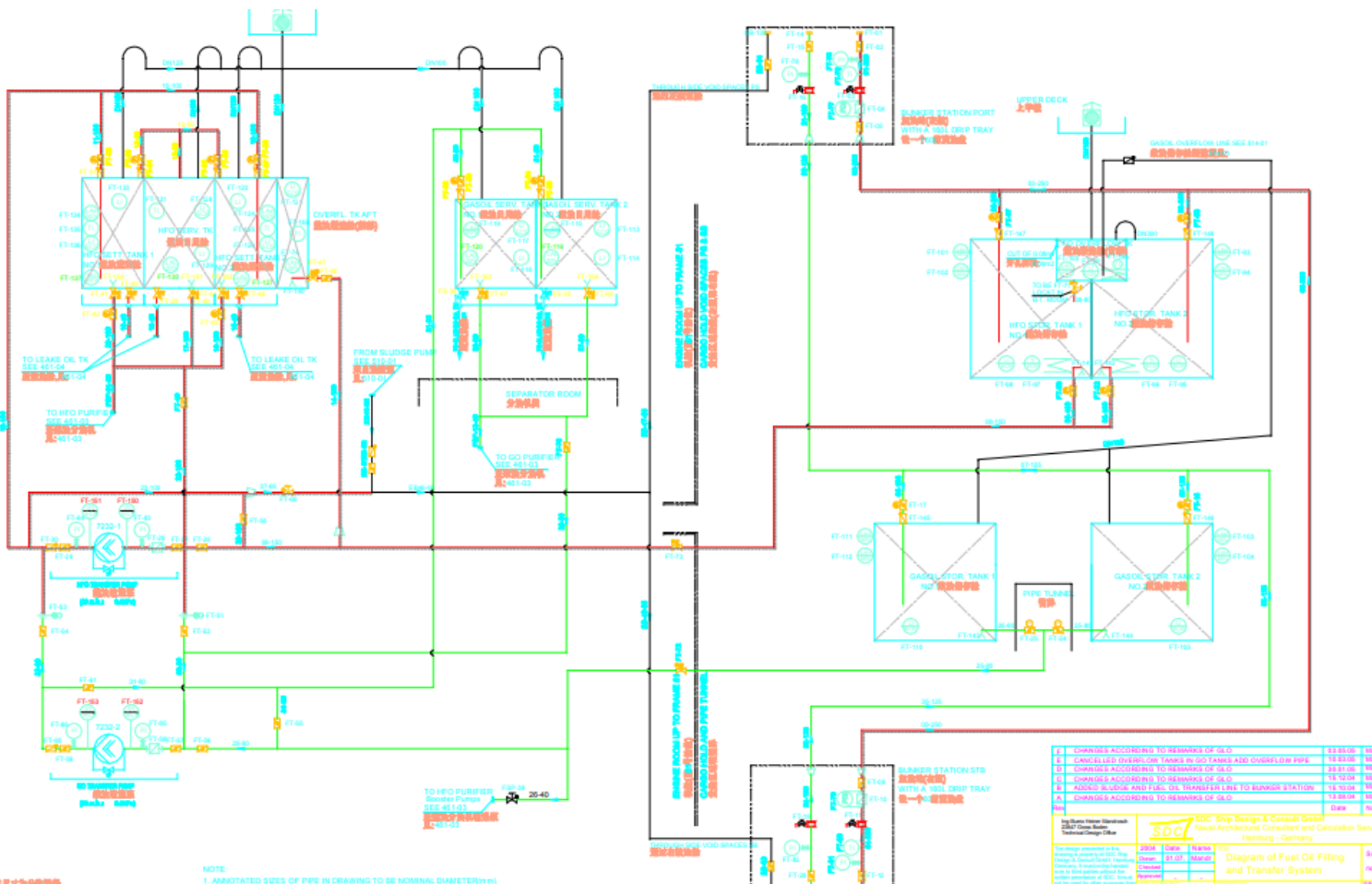


Ilustración 76. Plano del sistema de trasiego del combustible. Fuente: Planos de la sala de máquinas.



### Plano del sistema de depurado del combustible.

Desde los tanques de sedimentación, el combustible pasa a los tanques de servicio diario, sometiéndose intermedariamente a un proceso de depurado. El combustible llega a las depuradoras gracias a las bombas de las mismas.

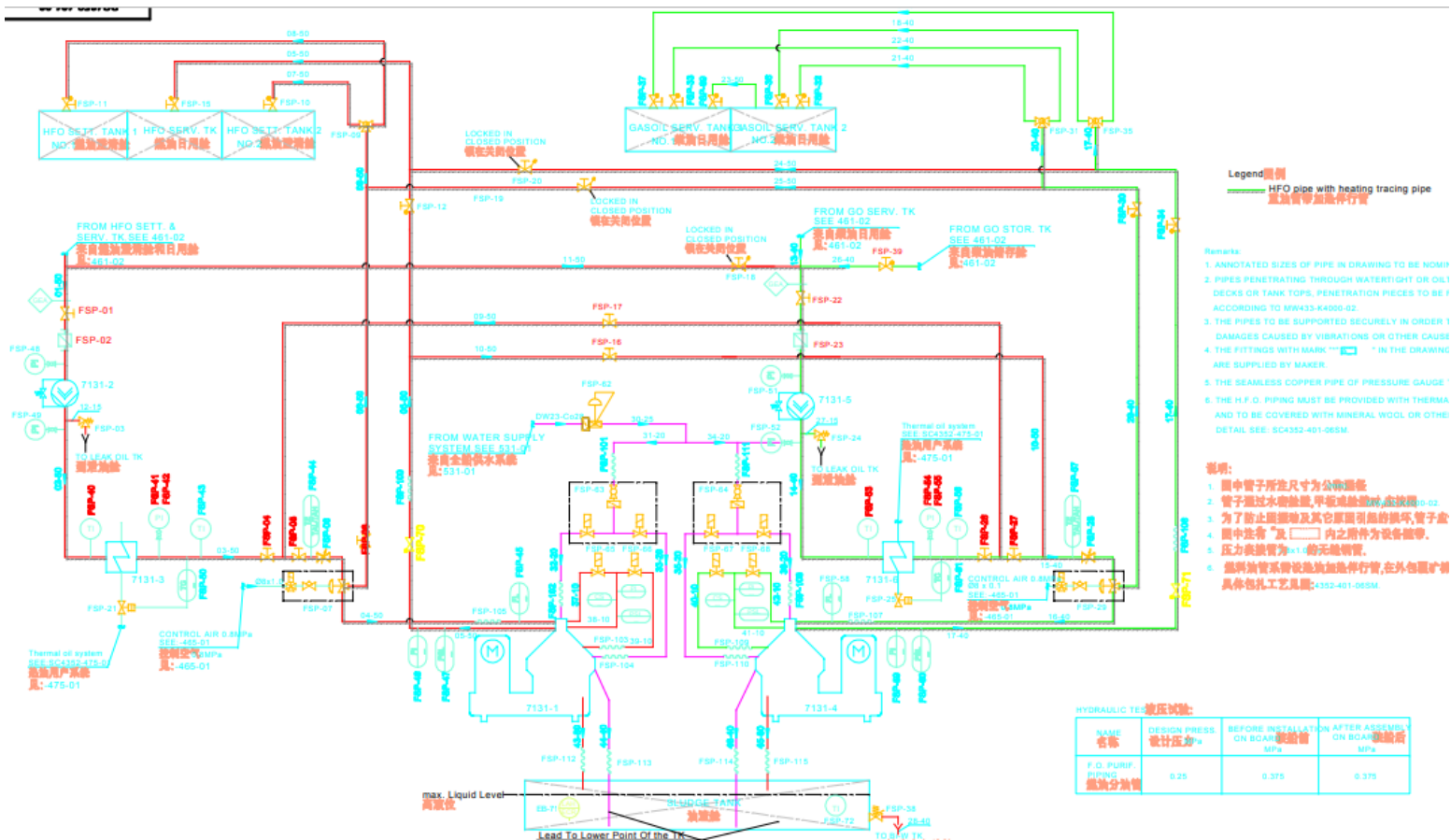


Ilustración 77. Plano del sistema de depurado del combustible. Fuente: Planos de la sala de máquinas.

### Plano del sistema de consumo del combustible.

Desde los tanques de servicio diario, se conduce el combustible al módulo, donde se somete a una serie de procesos para dejarlo en unas condiciones que pueda ser consumido por el motor. Finalmente, antes de entrar al motor se le realiza un último filtrado, gracias al filtro dúplex.

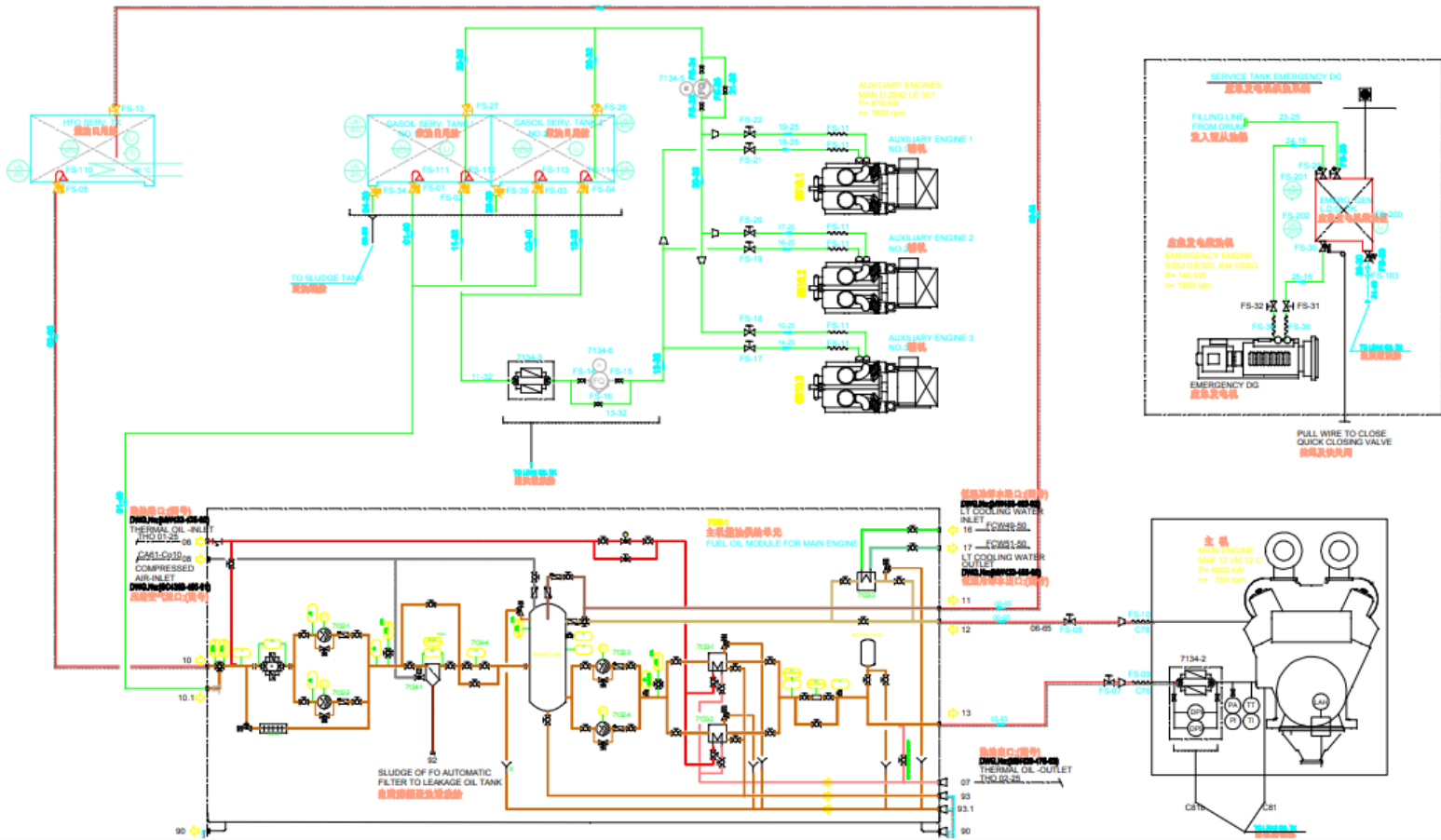


Ilustración 78. Plano del sistema de consumo del combustible. Fuente: Planos de la sala de máquinas.

Para entrar en detalles, he realizado un esquema para ver de una manera más visual los elementos de este sistema, ya que en los planos puede haber un exceso de información y no se interpreta con claridad.

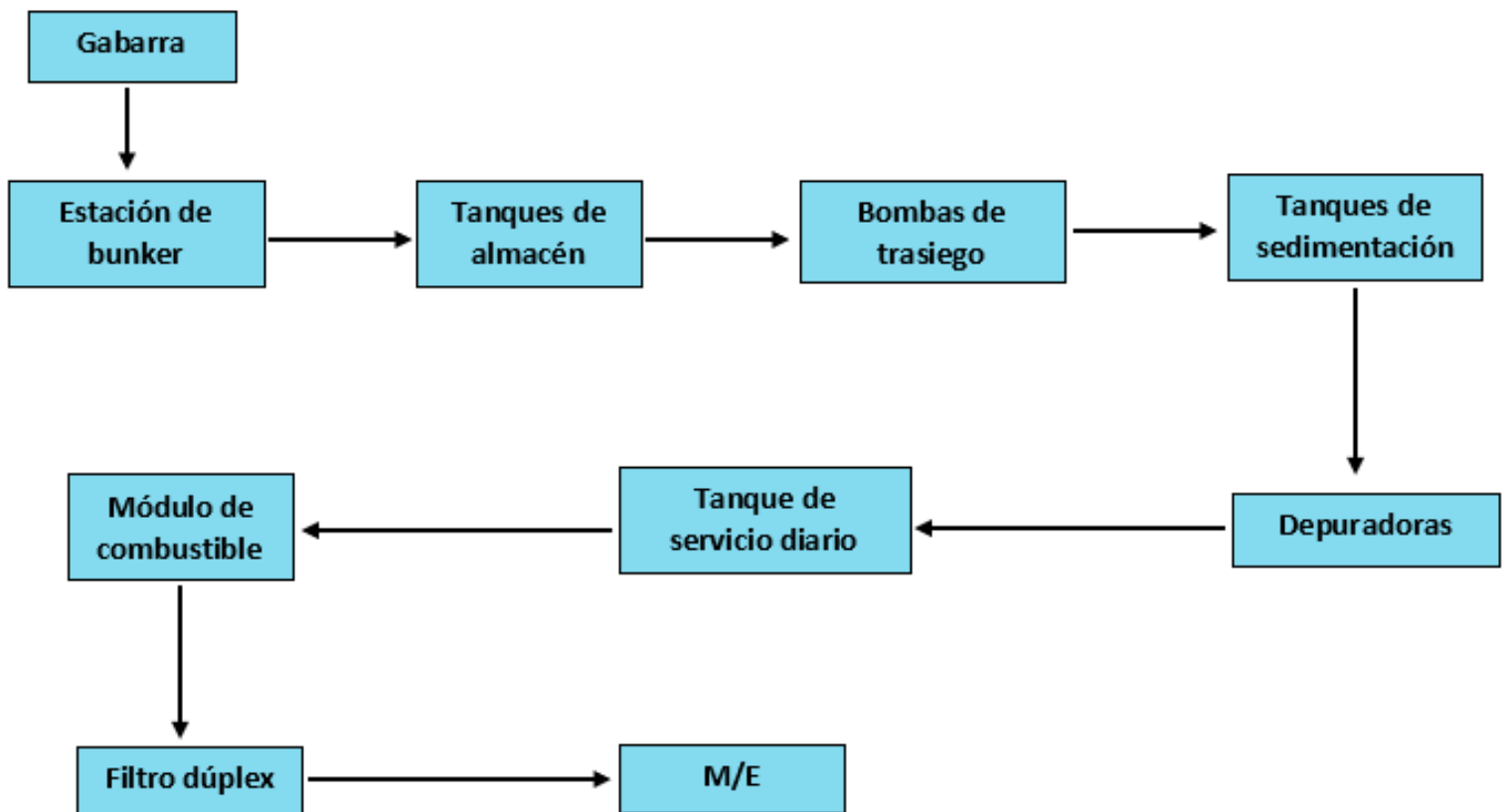


Ilustración 79. Esquema del sistema de combustible. Elaboración propia.

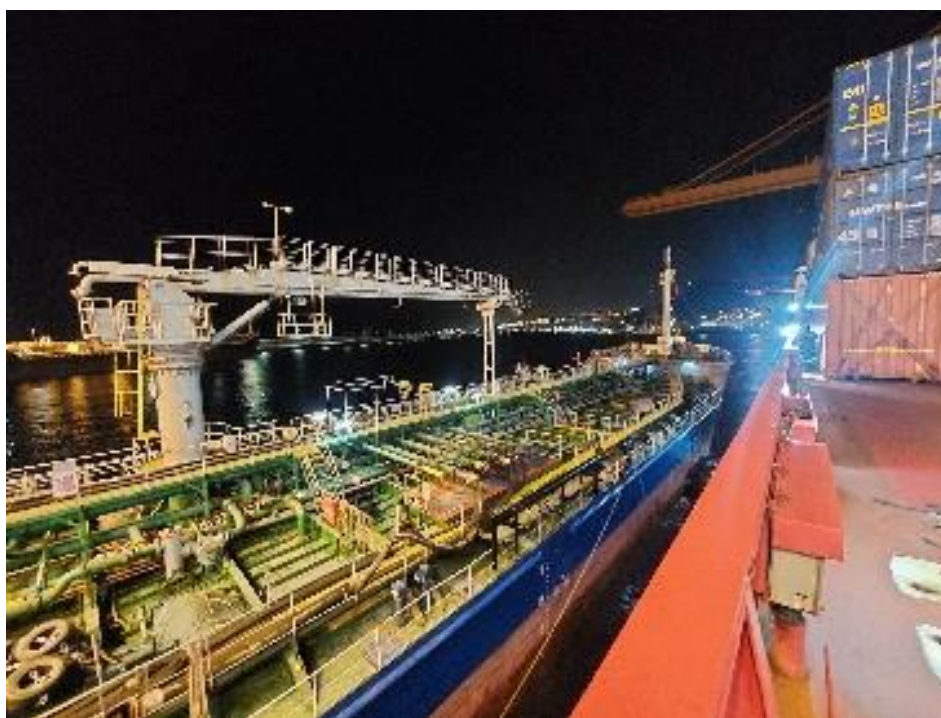
#### 5.1.1.1. Estación de bunker.

Comenzaremos este apartado viendo cómo llega el combustible a bordo de nuestro buque. El jefe de máquinas, responsable de este departamento, es el encargado de realizar lo que se conoce como “bunker request” (la solicitud de bunker). En este documento, se le pide a la empresa suministradora unas cantidades de VLSFO y MGO, que son los únicos combustibles que se utilizan a bordo de nuestro buque.

Posteriormente, debemos esperar una respuesta. En esta, nos indicarán que la petición ha sido aceptada y nos confirman: el puerto de suministro, la fecha y la hora aproximada a la que se va a realizar la operación.

Aclarar que en el buque tenemos dos estaciones de bunker, una a cada banda. De esta manera, por cualquier situación inusual en la que haya que atracar el buque en otra posición, esto no será un impedimento para realizar las operaciones de toma de combustible.

Cuando el buque suministrador hace la maniobra para abarloarse a nuestro buque, tira los cabos (de esto procedimiento se encargan los marineros). Posteriormente, pasaremos a realizar el consumo, pero no sin antes haber cumplimentado una serie de papeles (procedimiento del que se encarga el jefe de máquinas).



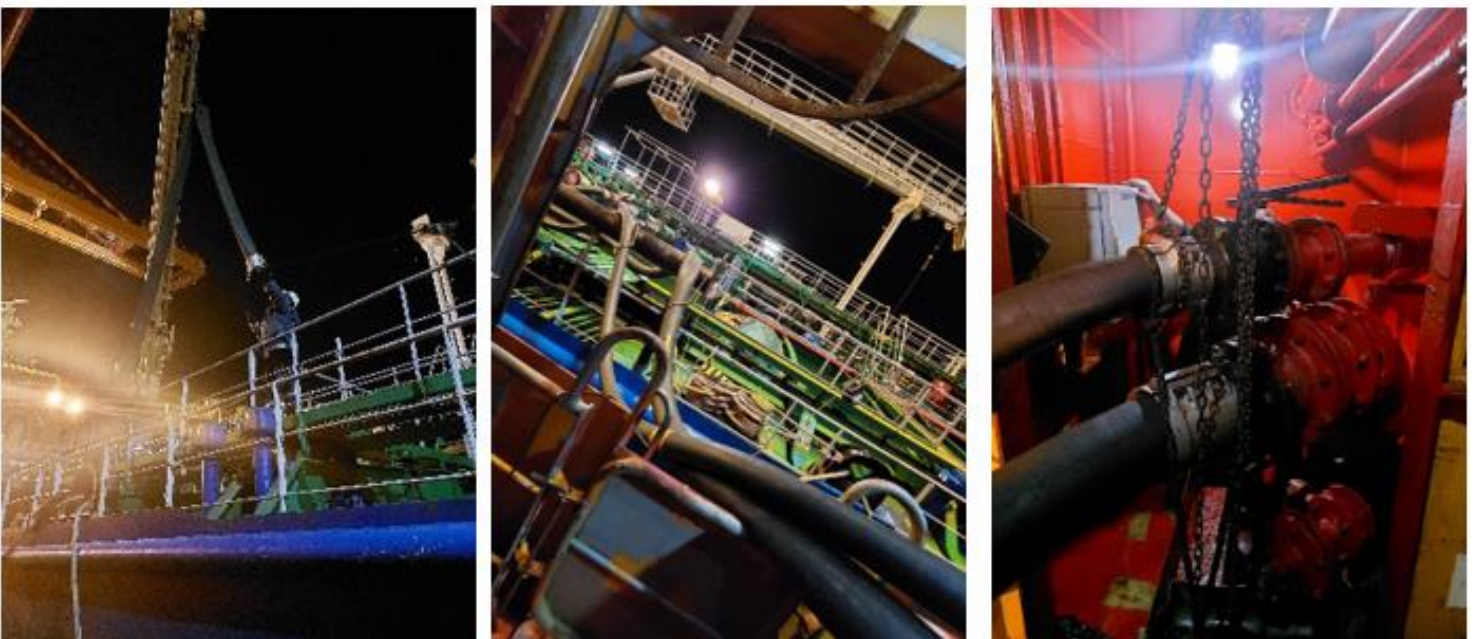
*Ilustración 80. Proceso de abarloamiento. Elaboración propia.*





*Ilustración 81. Amarre de cabos. Elaboración propia.*

Para comenzar, nos pasan las mangueras desde el otro buque y las instalamos en nuestra estación de bunker. Debemos realizar unas comprobaciones de seguridad antes de dar el visto bueno para que empiecen a bombearnos el combustible (las comentamos en la siguiente página). Esto se realiza para conseguir la realización de un consumo seguro. Este puede durar entre una y tres horas, depende del caudal del bombero que exija el jefe de máquinas.



*Ilustración 82. Proceso de conexión de mangueras. Elaboración propia.*



*Ilustración 83. Consumo de VLSFO y MGO. Elaboración propia.*

Una vez finalizado el consumo, realizamos el proceso a la inversa, es decir: desconectamos las mangueras para devolvérselas al otro buque (no sin antes haber soplado la línea), se vuelve a realizar una firma de papeles para verificar que las cantidades han sido las acordadas y se nos entregan 5 muestras de combustible (dos de VLSFO, dos de MGO y exigimos una tercera muestra de VLSFO extra).

- 2 muestras MARPOL (se deben guardar durante un año abordo, y las almacenamos en el pañol de químicos).
- 2 muestras que se envían a laboratorio para hacer un análisis y ver las propiedades del combustible.
- Y la muestra de VLSFO extra, la pedimos para hacer un test de compatibilidad. Esto se realiza para saber si podemos mezclar el nuevo fuel con el que ya tenemos a bordo.



*Ilustración 84. Muestras de combustible. Elaboración propia.*





Ilustración 85. Ubicación de almacenaje de muestras MARPOL. Elaboración propia.

Como mencionamos antes, hay que comprobar que las cantidades que “supuestamente” nos han suministrado, coincidan con lo que ha entrado en nuestros tanques. El documento que nos entrega el otro buque mostrando las cantidades que nos han trasegado, se llama BDN (Bunker Delivery Now).



Ilustración 86. Niveles de los tanques de combustible. Elaboración propia.

PRODUCTS / PRODUCTOS CODIGO ADUANERO / CN CODE	SUBJECT EPIGRAFE	SUPPLIED QUANTITIES CANTIDADES SUMINISTRADAS		DENSITY DENSIDAD (kg / m <sup>3</sup> @ 15°C (lit/gal))	VISCOSITY cSt VISCOSIDAD cSt	Marc/ Traz	SULPHUR % AZUFRE (% m/m)	FLASH POINT °C INFLAMABILIDAD °C
		MT	m <sup>3</sup> @ 15°C					
VLSFO 27101966	1.5	289.950	298.057	972.8	377.0		0.480	69.0
M.G.O. 27101962	1.5	25.000	28.679	871.7	5.560		0.095	75.0

Ilustración 87. Documento BDN. Fuente: Documentación del buque.

Lo que tenemos que primar en todo momento durante la operación de bunkering, es la seguridad. Debemos evitar que durante el consumo se pueda llegar a producir un derrame de combustible en el mar, ya que esto supondría un gran problema. Por ello, antes de haber empezado tendríamos que tomar algunas medidas de prevención como, por ejemplo:

- Asegurarnos que las mangueras están en buen estado.
- Verificar que todas las válvulas están abiertas, para que el combustible pueda entrar en los tanques.
- Debemos poner el tapón en la estación de bunker, por si hubiera un derrame que no caiga al mar.
- Obligatoriamente debemos de tener una manera de parar la bomba que nos está suministrando, por si hubiera una fuga de combustible, podamos detener la maniobra de inmediato. Para ello podemos hacerlo de dos maneras.
  - Para parar nosotros mismos la bomba: No todos los buques tienen este dispositivo, pero es una opción que existe. Antes de comenzar, el otro buque nos da un mando con el que podemos parar en cualquier momento la bomba que nos suministra el combustible. De esta manera, en caso de una situación peligrosa, podemos actuar parando la bomba a distancia.
  - Para parar la bomba desde el otro buque: En caso de no existir la opción anterior debemos tener otra alternativa. Desde el otro buque no ven lo que pasa en nuestra estación de bunker, por lo que si fuera necesario parar tendríamos que avisarles. Para esto, debemos de tener un canal de comunicación, como puede ser un walkie-talkie o un VHF. Solo tenemos que poner el dispositivo en el mismo canal y ya estaríamos comunicados.

- En caso de que surgiera algún vertido, tenemos que tener localizado el local del SOPEP, que es el plan de contingencia que se aplica en caso de vertidos. En este local podemos encontrar material como botas, batas, palas, sacos, trapos super absorbentes, arena, química de limpieza y barreras de contención, entre otras cosas. En conclusión, donde podemos encontrar todo tipo de material para contener el posible vertido producido.

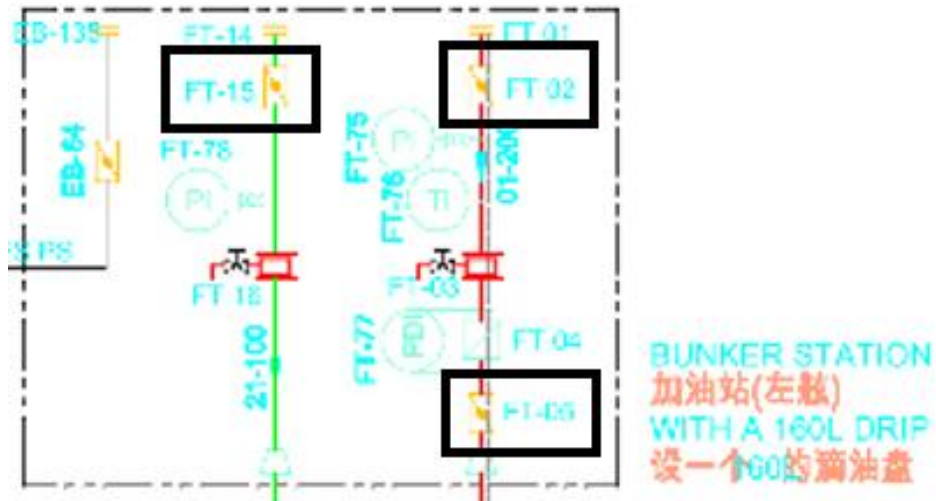


Ilustración 88. Apertura de válvulas desde la estación de bunker. Fuente: Planos de la sala de máquinas.



Ilustración 89. Válvula FT-15. Elaboración propia.

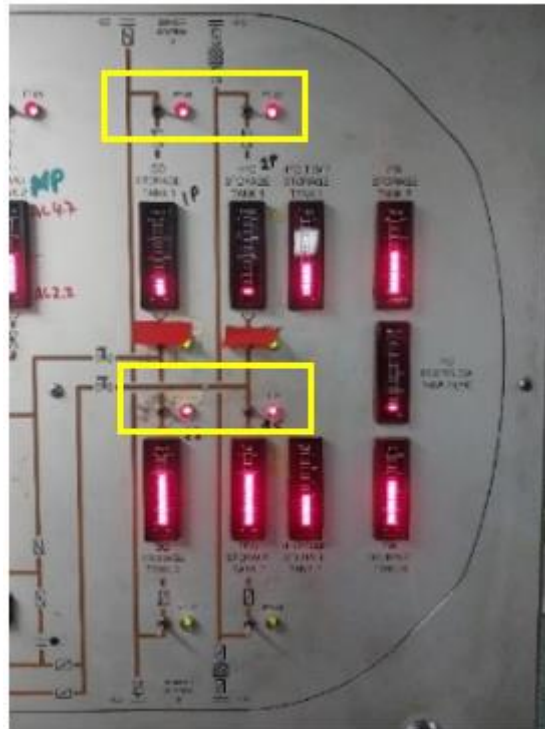


Ilustración 91. Apertura de válvulas de entrada a los tanques. Elaboración propia.

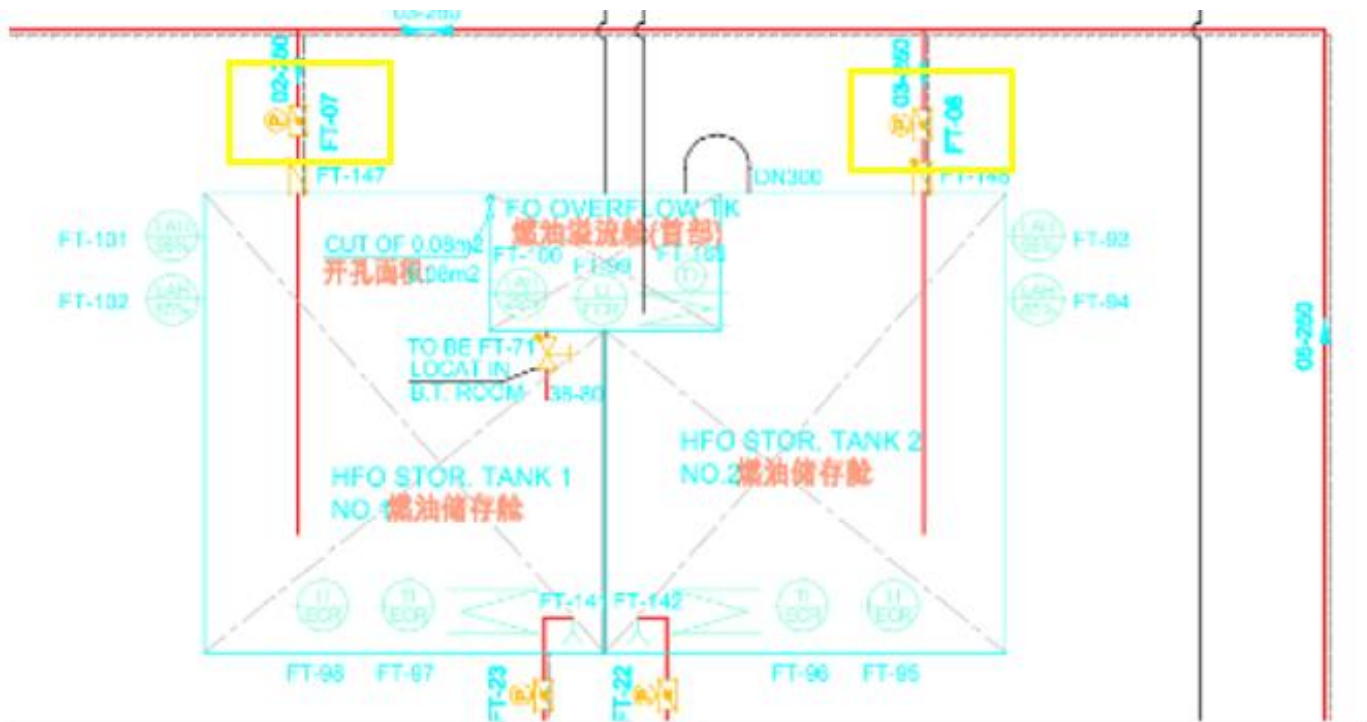


Ilustración 90. Válvulas de entrada a los tanques. Fuente: Planos de la sala de máquinas.





*Ilustración 93. Paradas de la bomba de consumo. Control remoto / VHF.  
Elaboración propia.*



*Ilustración 92. Medida de seguridad, tapón. Elaboración propia.*



*Ilustración 94. Local material SOPEP. Elaboración propia.*

Tener en cuenta que las tomas de combustible son selladas con una brida que tiene un código. Esto se hace para garantizar que nadie mete ni saca nada de los tanques de almacén. Finalmente, se rellenan el libro de hidrocarburos y el libro de azufre. Con esto concluye la toma de combustible.



*Ilustración 95. Sellado de las tomas. Elaboración propia.*







Otra cosa de gran importancia a tener en cuenta, es que la temperatura del fuel en los tanques de almacén. Para tener unos valores de viscosidad aceptables, debemos mantener la temperatura del fuel en torno a 75°C. Esto lo conseguimos gracias al sistema de aceite térmico, que tira una línea desde la sala de máquinas hacia proa (pasando por la estación de bunker), con la finalidad de calentar el combustible.



*Ilustración 99. Línea de aceite térmico con calorifugado. Elaboración propia.*

Para regular la temperatura, solo tenemos que manipular las válvulas del sistema de calefacción que se encuentran en el tecele inferior del local técnico de proa, al lado de la bomba C/I de emergencia.



*Ilustración 100. Piano de válvulas de aceite térmico de tanques de almacén. Elaboración propia.*

### 5.1.1.3. Bombas de trasiego.

Las bombas de trasiego de combustible son las encargadas de aspirar de los tanques de almacén y realizan su descarga en los tanques de sedimentación, ubicados en la sala de máquinas. Estas bombas se encuentran en la sala de máquinas, en el local de bombas y solo tenemos una bomba de trasiego por cada tipo de combustible (una bomba de fuel y una bomba de Diesel). En el caso de la bomba de trasiego de fuel, puede aspirar tanto del tanque de almacén, como del tanque de reboses.

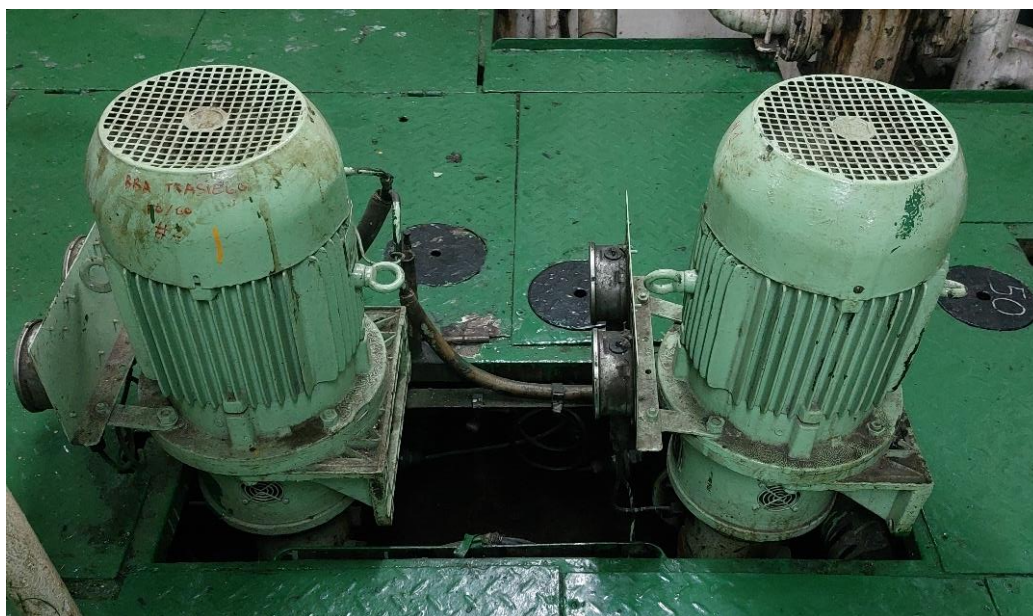


Ilustración 101. Bombas de trasiego. Elaboración propia.

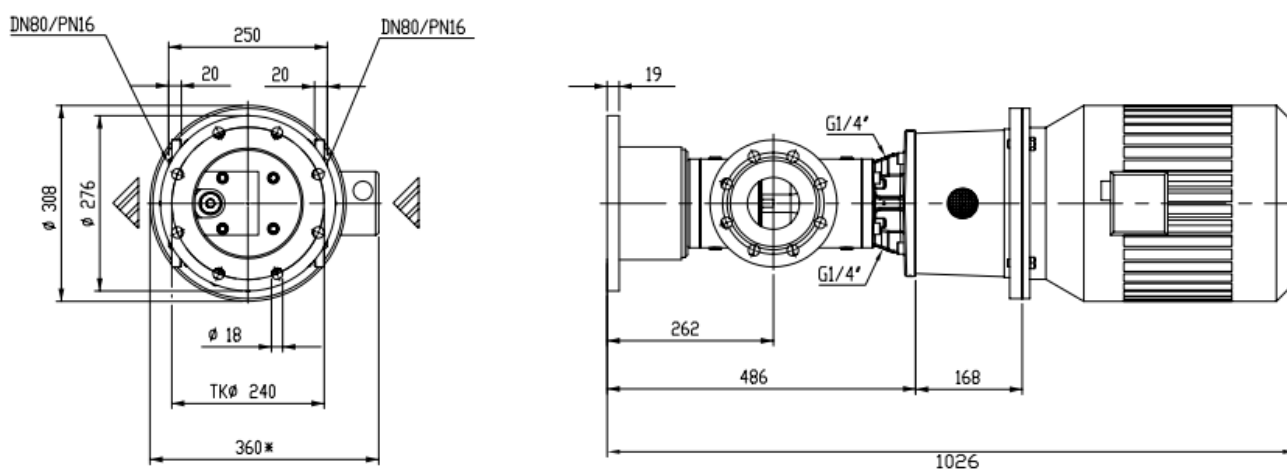


Ilustración 102. Plano técnico de las bombas de trasiego. Fuente: Manual de bombas.

Comentar que, si nos fallase por cualquier motivo la bomba de trasiego de fuel, tenemos una línea auxiliar por la que también podemos trasegar el combustible desde los almacenes hasta los tanques de sedimentación. La bomba de la depuradora es la que realiza la operación de trasiego en esta línea secundaria.

Aclarar que esta operación solo es recomendable realizarla en caso de emergencia, por si no funcionase dicha bomba, no quedarnos sin combustible. Como última alternativa y después de haberlo intentado todo, siempre podemos pasar el módulo de combustible a modo Diesel. Esto es algo poco eficiente y económico, debido a que el precio de Diesel es mayor que el del fuel.

<b>Motor eléctrico</b>	
<b>Marca</b>	ABB Motors
<b>~ Motor</b>	M2AA 132 S-4
<b>Voltaje</b>	440-480 Δ
<b>Intensidad</b>	11,5 A
<b>Frecuencia</b>	60 Hz
<b>Rpm</b>	1.750 rpm
<b>Potencia</b>	6,40 kW
<b>Factor de potencia (Cos φ)</b>	0,83

Tabla 12. Características del motor eléctrico. Elaboración propia.

<b>Bomba</b>	
<b>Marca</b>	SPECK-PUMPEN D-91161 Hilpolstein
<b>Tipo</b>	KV 275 2B 1A 16
<b>Caudal</b>	20 m <sup>3</sup> / h
<b>Rpm</b>	20 m <sup>3</sup> / h
<b>H</b>	40 m

Tabla 13. Características de la bomba. Elaboración propia.



#### 5.1.1.4. Tanques de sedimentación.

Los tanques de sedimentación albergan el combustible procedente de los tanques de almacén, que es trasladado por las bombas de trasiego. Aclarar que solo hay dos tanques de sedimentación, y ambos son de FO. Estos están ubicados en babor popa, detrás de la sala de depuradoras. En el caso del GO, el trasiego se realiza desde los tanques de almacén hacia los tanques de servicio diario directamente.

CONTENIDO	Nº DE TANQUE	UBICACION	VOLUMEN TOTAL (100%), m <sup>3</sup>	CAPACIDAD (98%), m <sup>3</sup>	MASA MAXIMA (t)
Heavy Fuel Oil	261 TK 1	Babor	25,5	23,8	29,96
	262 TK 2	Babor	25,7	24,0	32,25

Tabla 14. Características tanques de sedimentación. Elaboración propia.

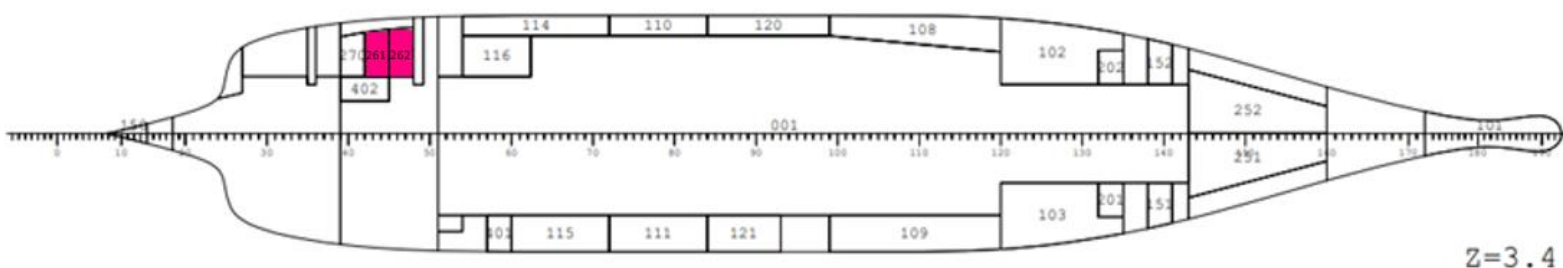


Ilustración 103. Ubicación de los tanques de sedimentación. Elaboración propia.

Estos tanques de sedimentación (al igual que los de almacén), tienen incorporado un sistema de calefacción por aceite térmico con la misma finalidad, mantener el fuel en dicha temperatura para controlar los índices de viscosidad. Además, otra cosa que también tienen en común con los de almacén, es que tienen unos venteos que derivan en la chimenea, con la finalidad de evitar sobrepresiones en el tanque, generadas por los vapores de hidrocarburo.



Ilustración 104. Sistema de calefacción por aceite térmico de los tanques de sedimentación.  
Elaboración propia.

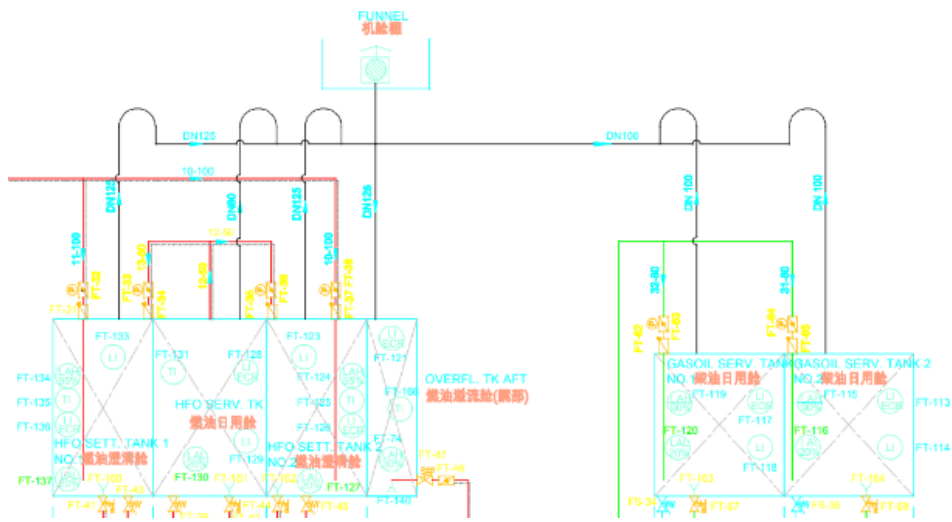


Ilustración 105. Ventilación de los tanques de sedimentación.  
Fuente: Planos de la sala de máquinas.

La función de los tanques de sedimentación es conseguir un proceso de decantación en el combustible. El fuel más pesado se decantará al fondo del tanque, mientras que el menos pesado se decanta a la parte superior, esto se debe a una cuestión de densidades. La manera de deshacernos del fuel que está en el fondo es purgando los tanques. Al purgar, derivamos este fuel que no nos sirve al tanque de lodos y nos quedamos solo con el que nos interesa.



*Ilustración 106. Purga de tanque de sedimentación. Elaboración propia.*

### 5.1.1.5. Depuradoras.

La depuradora, lógicamente, aspira desde el fondo del tanque de sedimentación. Por ello, hay que darle importancia a lo que mencionamos anteriormente, en relación con el purgado de los tanques. Antes que nada, mencionar que solo tenemos dos depuradoras de combustible a bordo: una de fuel y una de Diesel, por ello hay que miraras como un equipo crítico.



*Ilustración 107. Depuradoras de combustible. Diesel / Fuel oil. Elaboración propia.*

El proceso de depurado comienza con la aspiración del combustible desde el tanque de sedimentación, y que para llevarlo hasta la depuradora, esta cuenta con su propia bomba. La bomba de la depuradora de fuel se encuentra en la sala de bombas y la bomba de la depuradora de Diesel está ubicada en la sala de depuradoras.



*Ilustración 108. Bomba y filtro de la depuradora de FO. Elaboración propia.*





*Ilustración 109. Bomba y filtro de la depuradora de GO. Elaboración propia.*

Antes de entrar a la depuradora, el combustible pasa por unos calentadores para garantizar constantemente que está en sus valores de temperatura, y así conservar los valores de viscosidad que queremos.



*Ilustración 110. Calentador de la depuradora de GO. Elaboración propia.*





*Ilustración 111. Sistema de calefacción de la depuradora de FO. Elaboración propia.*

Una vez el combustible en la depuradora, esta lo somete a un proceso de centrifugación en el que:

- Las partículas de mayor densidad se ubican en las paredes del bolo (conocida como la cámara de lodos), que posteriormente serán descargadas al tanque de lodos (cuando la depuradora realice el disparo, provocado por el agua de maniobra).
- Por otro, tenemos el combustible limpio separado de impurezas que, debido a su baja densidad y a la fuerza centrífuga, hace que el fluido se quede en el centro del tambor. Posteriormente, el combustible depurado es llevado a la cámara de evacuación (provocado por el agua de cierre).

Finalmente, la salida de la depuradora descarga en el tanque de servicio diario de FO. En caso de la depuradora de GO, aspira y descarga el combustible desde el tanque de servicio diario, por lo que está constantemente recirculando. Esto se debe a que en el sistema de GO no disponemos de tanques de sedimentación.

A modo de información, decir que se puede by-pasear las líneas para depurar FO con la depuradora de GO y viceversa. Esto es una operación que se puede tener como opción en el caso de que tengamos fuera de servicio una de las depuradoras y la necesitemos usar con urgencia.

En el caso del GO sucede lo mismo que comentamos anteriormente con la depuradora de FO, tiene una línea para traer el combustible desde los almacenes hasta los tanques de sedimentación sin necesidad de utilizar la bomba de trasiego, ya que podemos conseguir la aspiración con la bomba de la depuradora. Esto puede realizarse si la bomba de trasiego está fuera de servicio, o simplemente si la queremos dejar de respeto (por si fallese la de FO, usar esta).

MOTOR ELECTRICO	
Marca	ABBS Motors
~ Motor	
Voltaje	440-480 $\Delta$
Frecuencia	60 Hz
Potencia	8,60 kW
Velocidad	3.460 rpm
Intensidad	14,40 A
Factor de potencia (Cos $\varphi$ )	0,89
Peso	42 kg

Tabla 15. Características del motor eléctrico de las depuradoras. Elaboración propia.

DEPURADORA	
Marca	Westfalia Separator
Modelo	OSD18-0136-067/18
Año	2006
Máximas velocidad del bolo	11.500 rpm
Fluido pesado	1 kg / dm <sup>3</sup>
Sólidos	1,4 kg / dm <sup>3</sup>

Tabla 16. Características de la depuradora. Elaboración propia.

### 5.1.1.6. Tanques de servicio diario.

Los tanques de servicio diario contienen el combustible procedente de los tanques de sedimentación, que ha sido depurado previamente. Existen dos tanques de servicio diario de GO, y solo uno de FO. Debajo de estos tanques hay una bandeja para recoger posibles pérdidas de combustible, que serán vertidas en el tanque de pérdidas.

La caldera y los motores auxiliares son los únicos consumidores de Diesel, por lo que desde los tanques diarios se alimentan estos elementos. Por el contrario, en el caso del tanque de servicio diario de fuel, el motor no consume directamente de este. La salida de este tanque lleva el combustible al módulo de combustible.

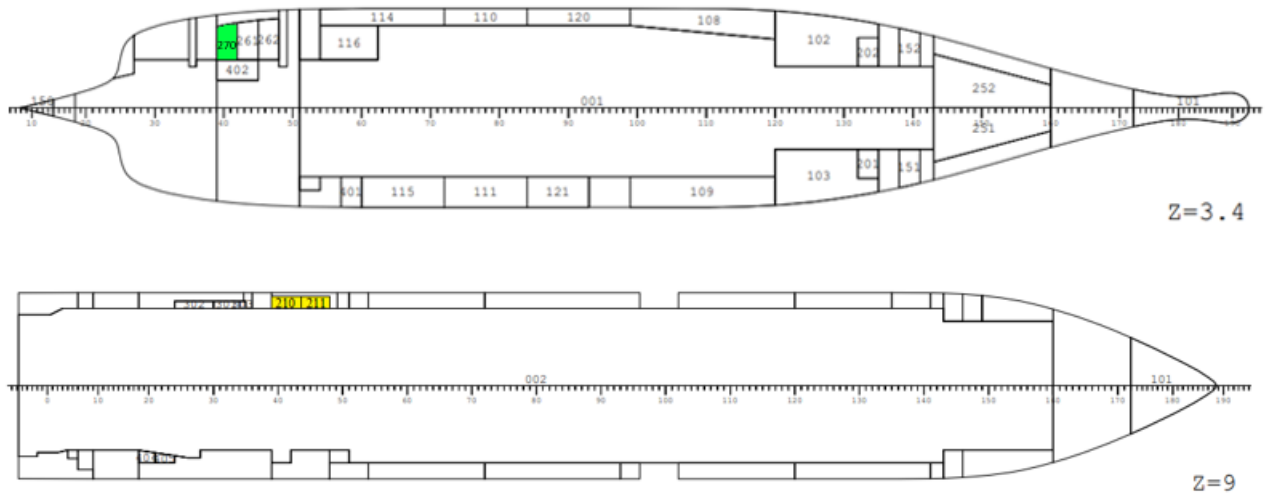


Ilustración 112. Ubicación de los tanques de servicio diario. Fuente: Planos del buque.

CONTENIDO	Nº DE TANQUE	UBICACION	VOLUMEN TOTAL (100%), m <sup>3</sup>	CAPACIDAD (98%), m <sup>3</sup>	MASA MAXIMA (t)
Gasoil	210 TK 2	Babor	6,3	5,3	28,04
	211 TK 1	Babor	7,9	6,7	31,48
Heavy Fuel Oil	270 TK	Babor	21,0	19,6	27,65

Ilustración 113. Características de los tanques de servicio diario. Elaboración propia.

### 5.1.1.7. Módulo de combustible.

El combustible se conduce al módulo desde el tanque de servicio diario, gracias a las bombas de alimentación que son las encargadas de aspirar el producto. El módulo contiene una gran cantidad de detalles y elementos, pero nuestra intención es explicar de una manera básica su funcionamiento, y nombrar solo los elementos más importantes.



Ilustración 114. Módulo de combustible. Elaboración propia.

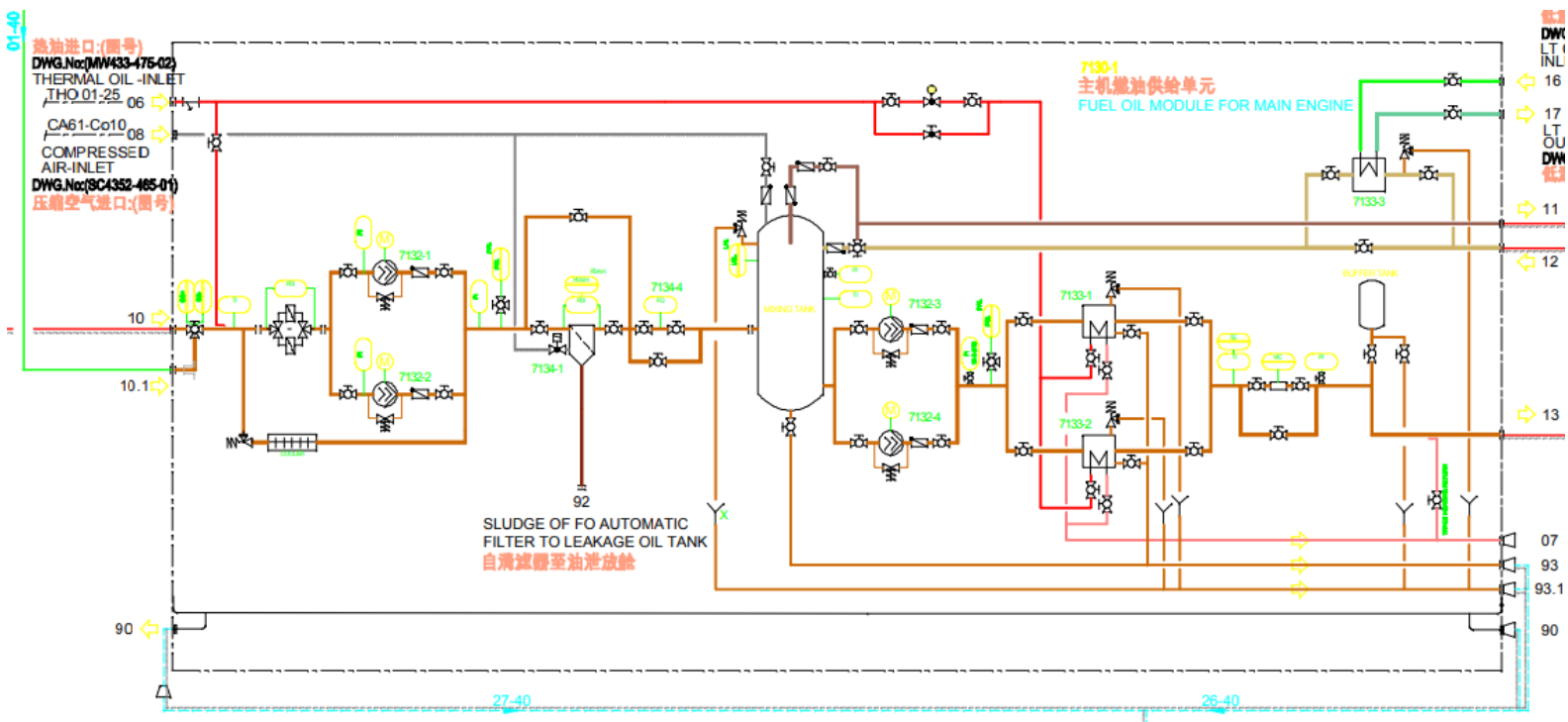


Ilustración 115. Plano en detalle del módulo. Fuente: Planos de la sala de máquinas.

El recorrido del combustible por el interior del módulo pasa (por orden), a través de los siguientes elementos:

- Válvula de tres vías.
- Filtro frío.
- Bombas de alimentación.
- Filtro automático.
- Caudalímetro.
- Tanque de mezcla (recirculación).
- Bombas booster.
- Calentadores.
- Viscosímetro.
- Tanque de pulmón.

#### 5.1.1.7.1. Válvula de tres vías.

Se encuentra a la entrada del módulo, y su función es cambiar el tipo de combustible que se consume. En condiciones normales, está válvula estará en la posición de FO.

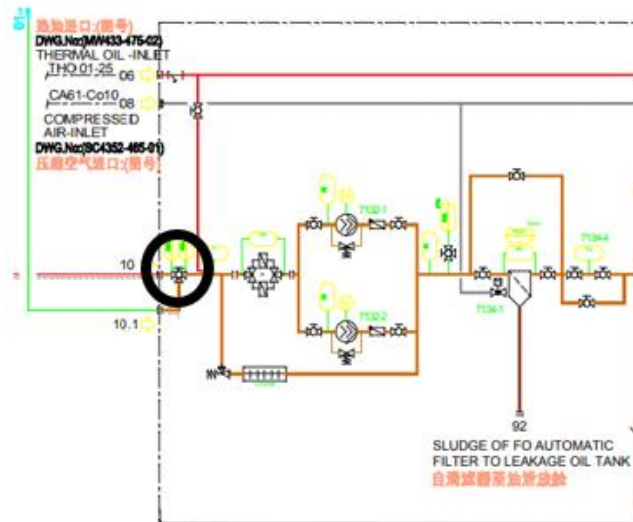
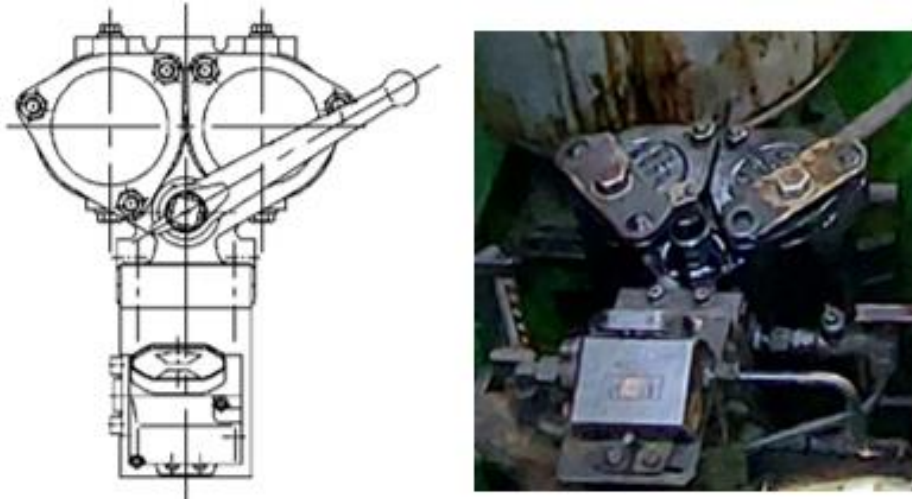


Ilustración 116. Válvula de tres vías. Fuente: Planos de la sala de máquinas.

#### 5.1.1.7.2. Filtro frío.

Este elemento realiza el primer filtrado del combustible dentro del módulo. Se le da este nombre porque el combustible aún no ha pasado por los calentadores (y así diferenciarlo de otro filtro del mismo tipo, pero que se encuentra después de los calentadores).





*Ilustración 117. Filtro frío. Elaboración propia.*

### **5.1.1.7.3. Bombas de alimentación.**

Las bombas de alimentación (también conocidas como feeds pumps), son las encargadas de aspirar el combustible y mantener el módulo con un flujo constante del mismo.



*Ilustración 118. Bombas de alimentación. Elaboración propia.*

BOMBAS DE ALIMENTACION	
Marca	AC-Motoren GmbH D-63110 Rodgau
Tipo	ACA 90L - 4
Velocidad	11.680 rpm
Factor de potencia (Cos $\phi$ )	0,79

Tabla 17. Características de las bombas de alimentación. Elaboración propia.

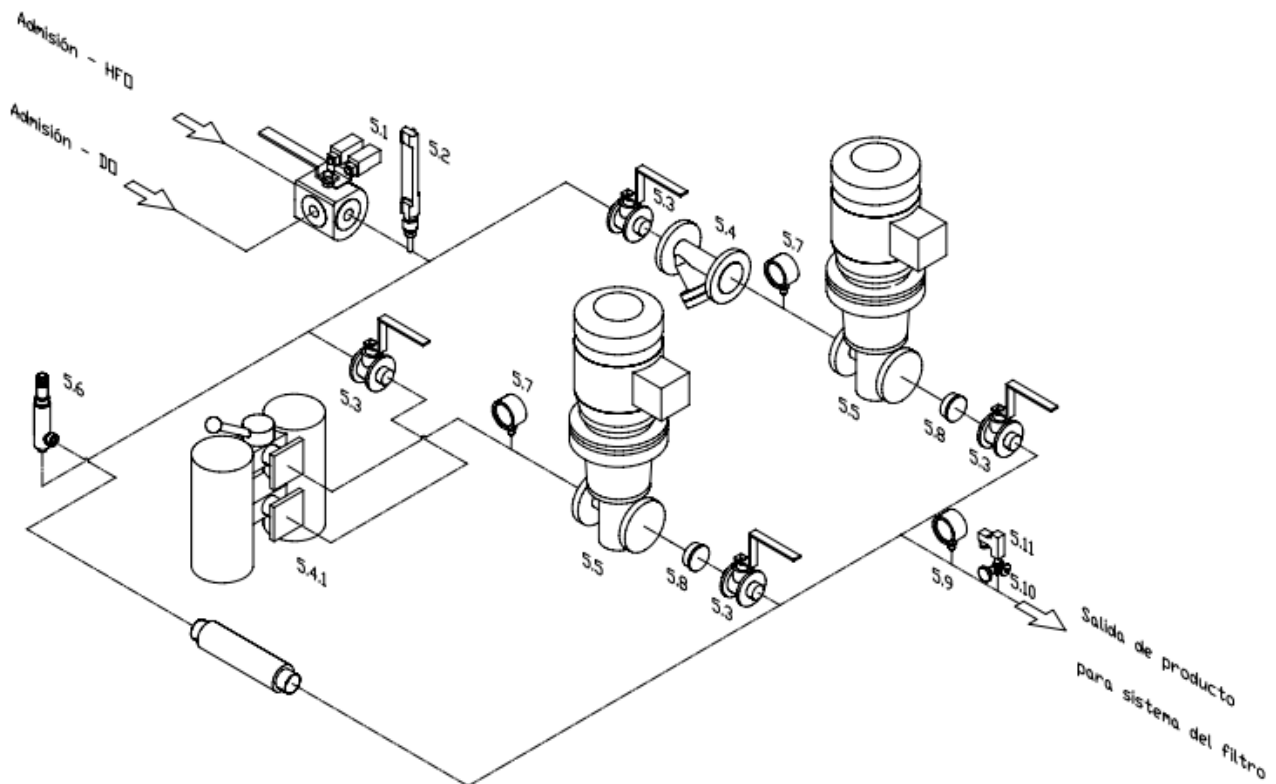


Ilustración 119. Esquema bombas de circulación. Fuente: Manual del módulo de combustible.

#### 5.1.1.7.4. Filtro automático.

La función del filtro automático es filtrar las partículas de los medios, con la finalidad de proteger el resto de elementos de la instalación. En su interior podemos encontrar las velas filtrantes, que realizan su propia limpieza de manera automática dando lugar a un disparo (descargando las impurezas al tanque de lodos). Esto es posible gracias a una unidad de control que lo regula y supervisa. El proceso básicamente consiste en lo siguiente, según cita el manual:

*“El control de presión diferencial mide la diferencia de presión entre la entrada y la salida del filtro. Al aumentar la contaminación también aumenta la presión diferencial en el filtro. La unidad de control procesa las señales eléctricas del dispositivo de control de presión diferencial y activa un ciclo de lavado a contracorriente al alcanzar el valor máximo predeterminado”.*

FILTRO AUTOMATICO	
Marca	Boll & Kirch D-50170
Tipo	6,62 DN 40

Tabla 18. Características del filtro automático. Elaboración propia.

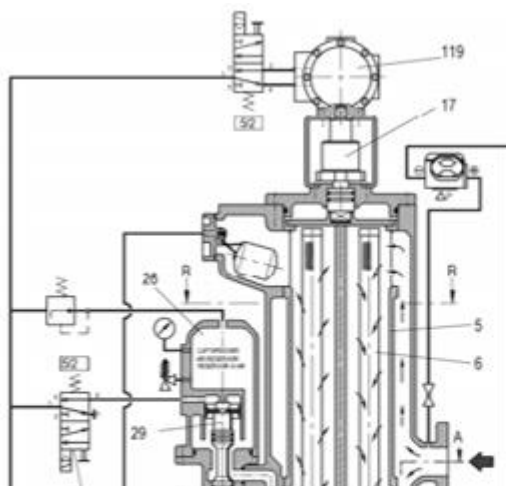
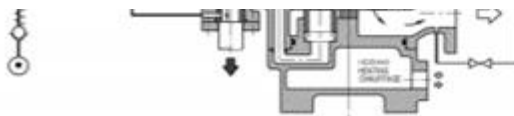


Ilustración 120. Filtro automático. Elaboración propia.



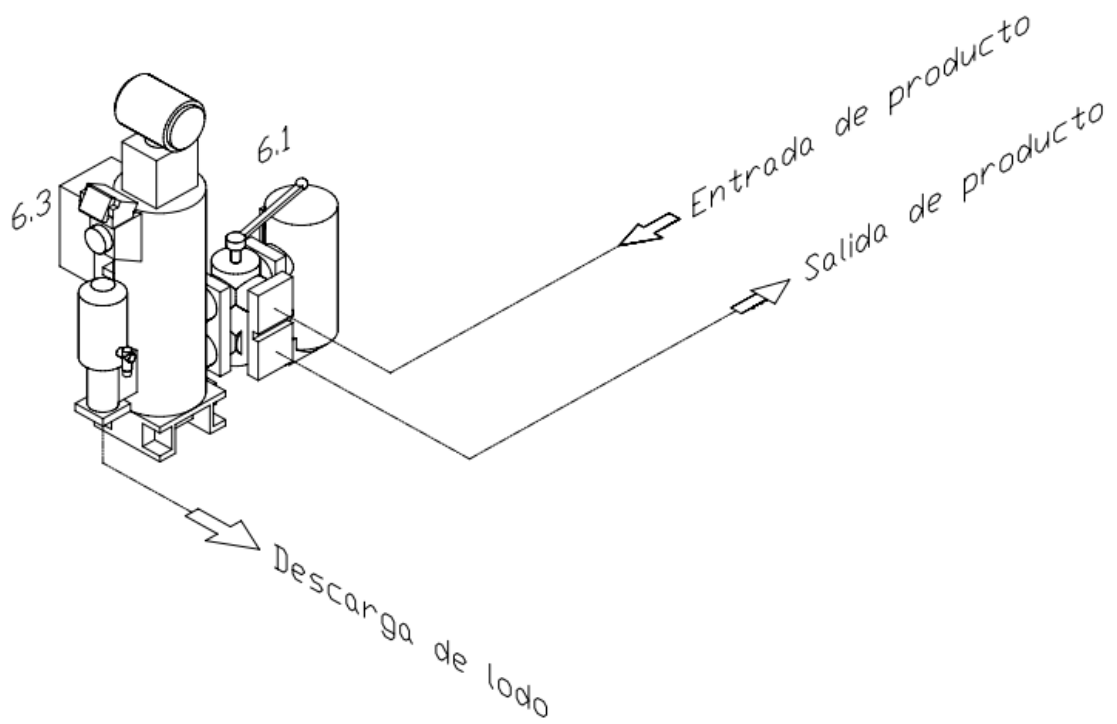


Ilustración 121. Esquema del filtro automático. Fuente: Manual del módulo de combustible.

#### 5.1.1.7.5. Caudalímetro.

El caudalímetro es el elemento encargado de realizar la medición del combustible que pasa por el módulo.

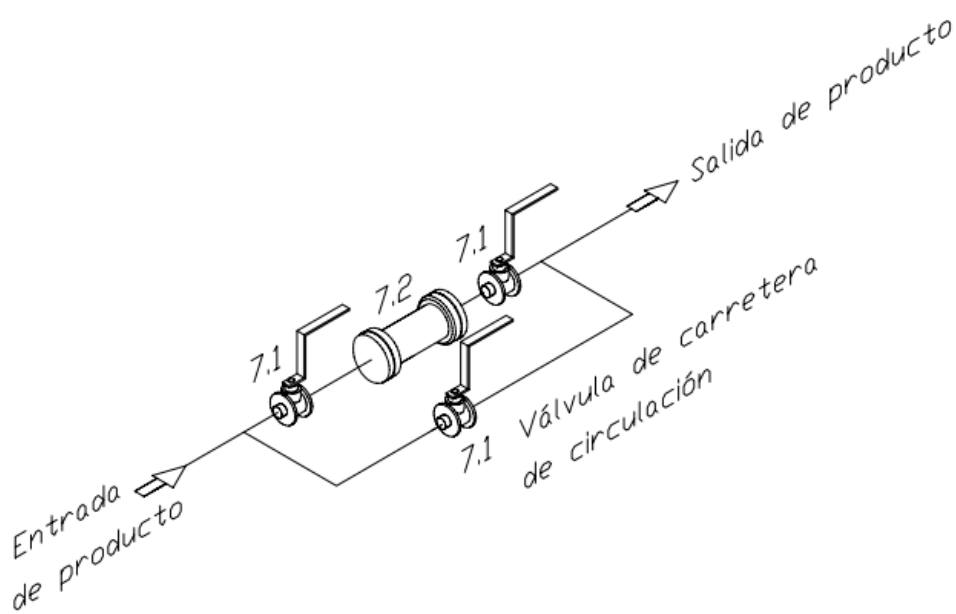


Ilustración 122. Esquema de medición mediante caudalímetro. Fuente: Manual del módulo de combustible.

### 5.1.1.7.6. Tanque de mezcla.

En el tanque de mezcla entra combustible desde dos destinos diferentes. Por un lado, entra desde las bombas de alimentación, y por otro lado, hay un retorno desde el motor principal que trae el combustible que no ha sido inyectado. Comentar que este retorno, también puede ir al tanque de servicio diario si lo deseásemos, pero nos interesa traerlo a este tanque de mezcla para ayudar a calentar al fuel que acaba de entrar.

TANQUE DE MEZCLAS	
Marca	PUMPLOHJA CO.
Presión	10 bar
Temperatura máxima	150 °C

Tabla 19. Características del tanque de mezclas. Elaboración propia.

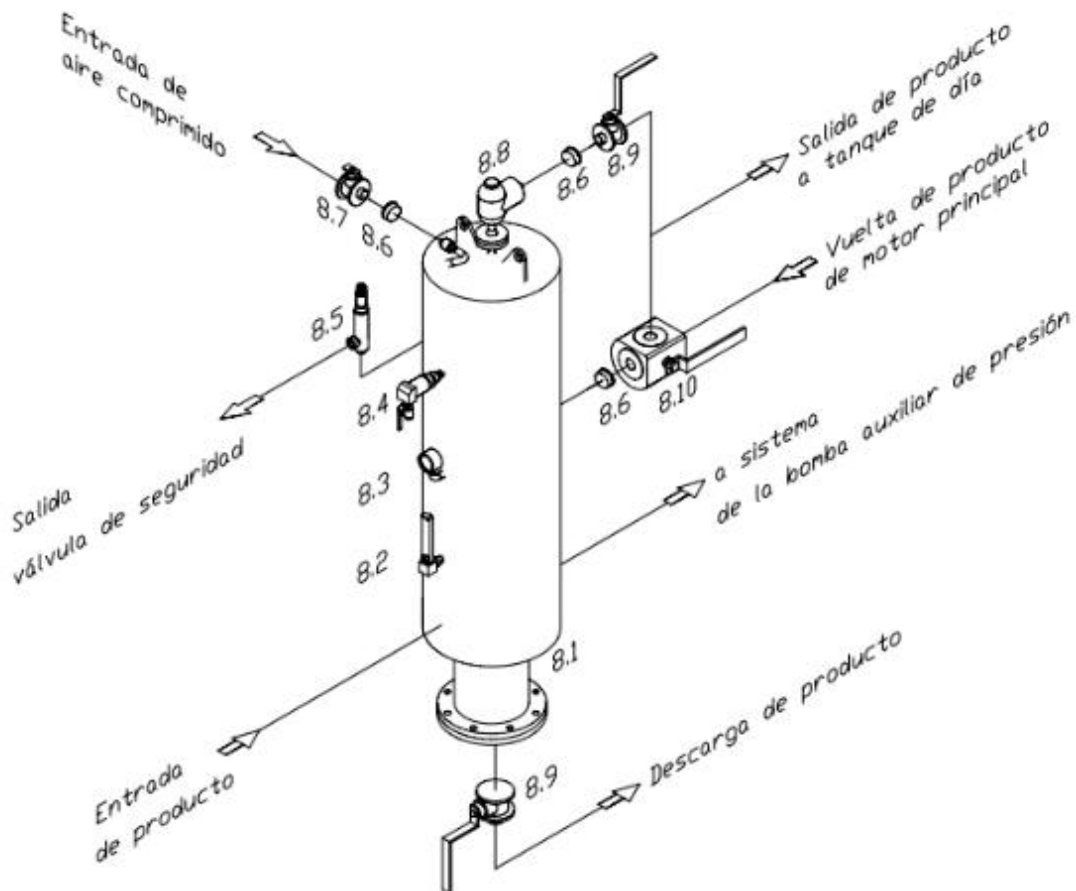


Ilustración 123. Esquema del tanque de mezcla. Fuente: Manual del módulo de combustible.



### 5.1.1.7.7. Bombas booster.

Las bombas booster se encargan de aspirar el combustible del tanque de mezcla a gran presión para poder hacerlo llegar al motor. Desde el tanque de mezcla, lo envía a los calentadores.

BOMBAS BOOSTER	
Marca	AC-Motoren GmbH D-63110 Rodgau
Tipo	FCA 100LA - 4
Velocidad	1.705 rpm
Factor de potencia (Cos $\varphi$ )	0,81

Tabla 20. Características de las bombas booster. Elaboración propia.

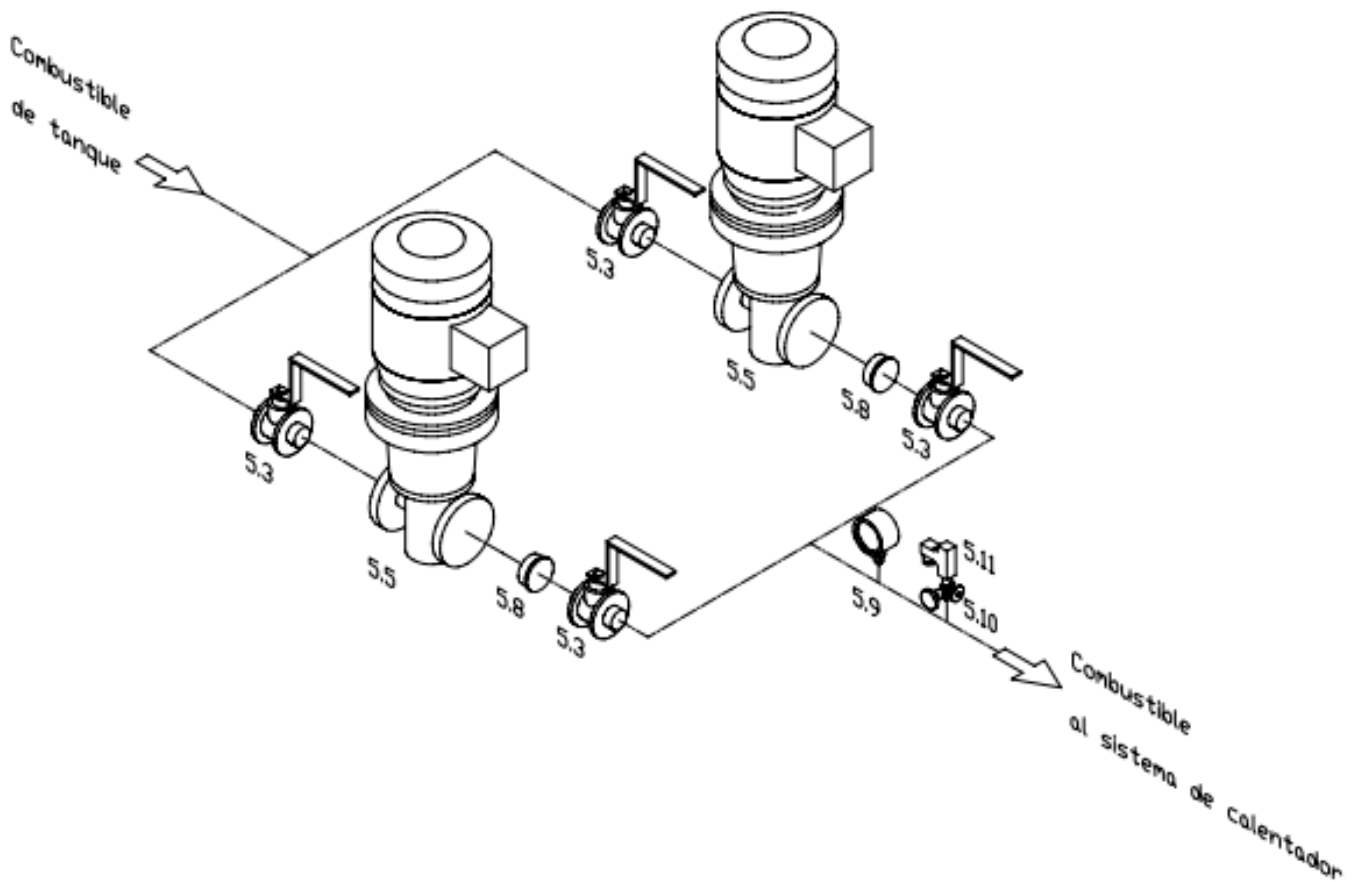


Ilustración 124. Esquema de las bombas booster. Fuente: Manual del módulo de combustible.

### 5.1.1.7.8. Calentadores.

El combustible se hace pasar por unos calentadores (el intercambio de calor se realiza gracias a la ayuda del sistema de aceite térmico). Estos hacen elevar su temperatura hasta aproximadamente unos 135 °C.

CALENTADORES	
Tipo	VESTA MX 20L 1400
Volumen de la carcasa	0,0321 m <sup>3</sup>
Volumen de los tubos	0,0136 m <sup>3</sup>
Presión / temperatura de la carcasa	16 bar / 160 °C
Presión / temperatura de los tubos	16 bar / 240 °C

Tabla 21. Características de los calentadores. Elaboración propia.

Flansch Dichtungen  
FLANGE GASKETS

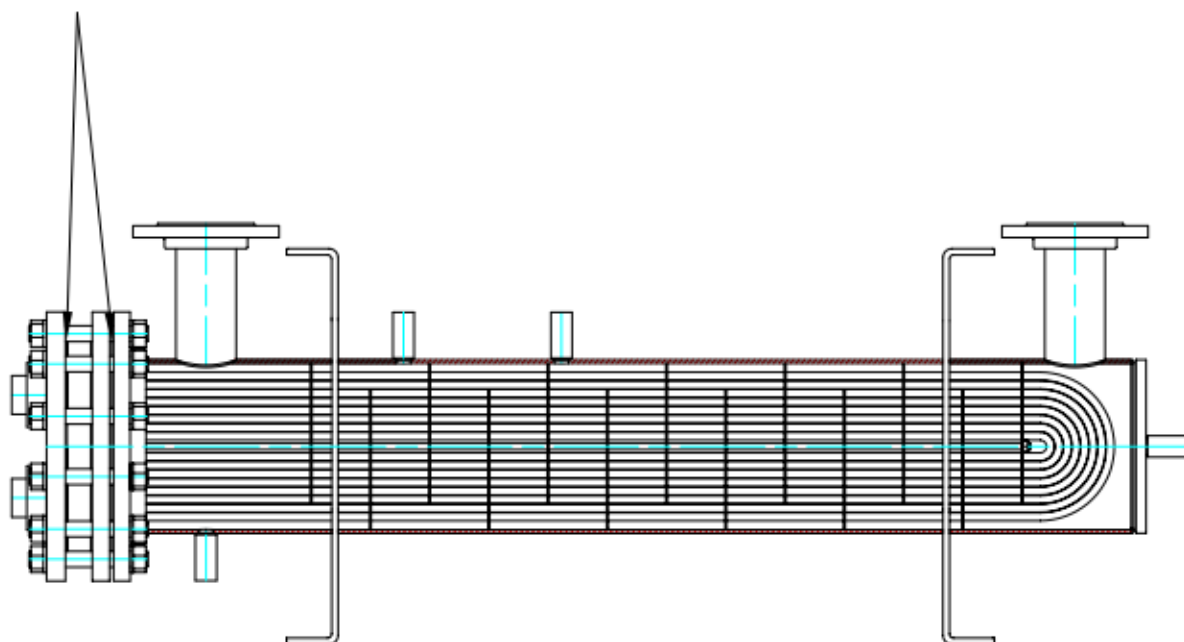


Ilustración 125. Calentador por aceite térmico. Fuente: Manual del módulo de combustible.

### 5.1.1.7.9. Viscosímetro.

Finalmente, el combustible pasa por un viscosímetro, el cual puede actuar de la siguiente manera:

- Si el viscosímetro detecta una baja viscosidad, mandará una señal eléctrica para que el actuador cierre el paso de aceite térmico. De esta manera, bajará la temperatura y subirá la viscosidad.
- Por el contrario, si el viscosímetro detecta unos valores viscosidad altos, mandará otra señal eléctrica para que el actuador abra el paso de aceite térmico. De esta manera, subirá la temperatura y bajará la viscosidad.

En conclusión, el viscosímetro se encarga de ir variando el % de apertura de la electroválvula que actúa sobre el paso de aceite térmico hacia el calentador. Todo esto, con la finalidad de mantener el combustible dentro del set-point de viscosidad requerido al sistema.

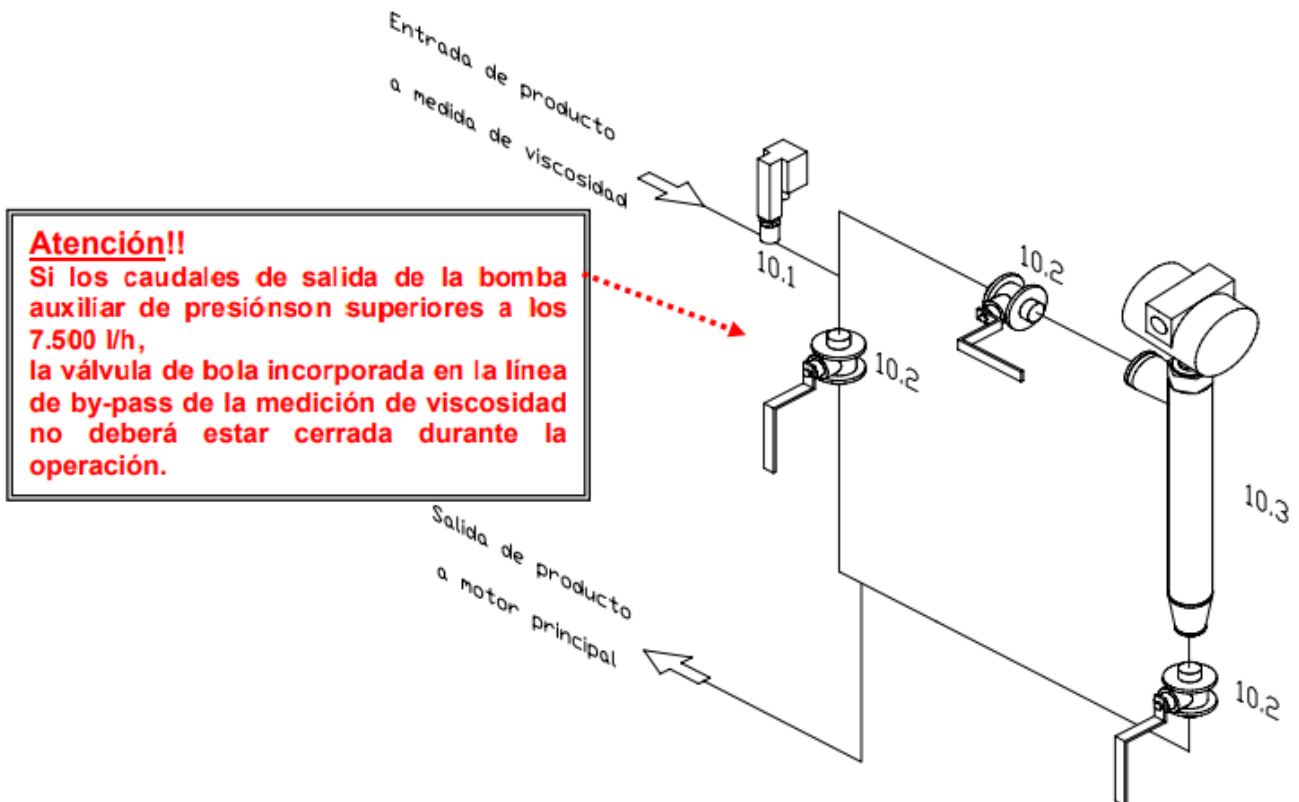


Ilustración 126. Esquema del viscosímetro. Fuente: Manual del módulo de combustible.

#### 5.1.1.8. Filtro dúplex.

El filtro dúplex (también conocido como filtro caliente) es el último filtro por el que pasa el combustible después de salir del módulo y antes de entrar al motor. Este filtro es doble, donde solo hay un solo filtro en uso (dejando el secundario de respeto por si hiciera falta ponerlo en servicio, en lo que se realiza el mantenimiento al actual).

Este filtro cuenta con una pequeña bandeja, para recoger posibles pérdidas de combustible. Estas se derivan directamente al tanque de pérdidas de la máquina. Tener en cuenta que el filtro puede ponerse en 3 posiciones:

- Filtro 1, en servicio y filtro 2, en “stand-by”.
- Filtro 2, en servicio y filtro 1, en “stand-by”.
- Ambos filtros en servicio.

El filtro tiene un “chivato” que se pondrá en rojo, esto nos indicará cuando está sucio, y por tanto, debemos cambiarle la prioridad para proceder a su limpieza.

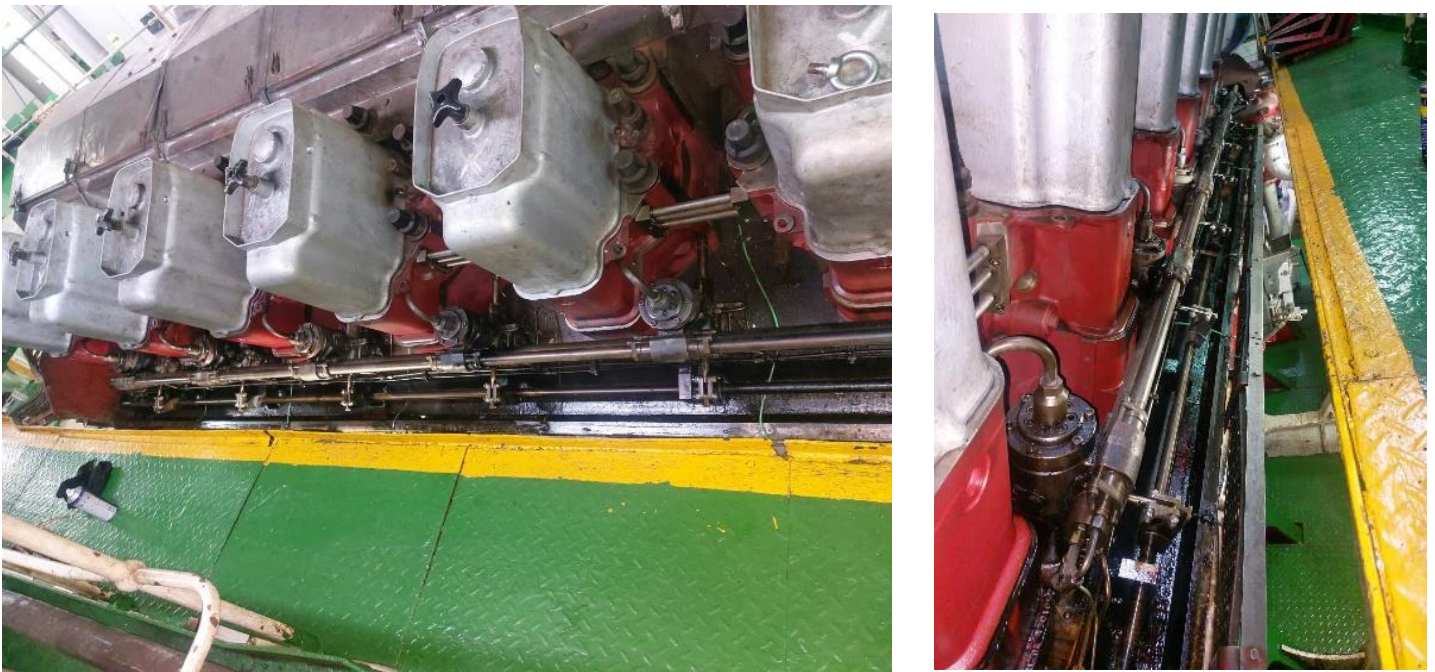


*Ilustración 127. Filtro dúplex. Elaboración propia.*

### 5.1.1.9. Entrada al motor principal

Una vez el combustible en el motor principal, será consumido gracias a un proceso en el que intervienen elementos como, las cremalleras, las bombas de inyección y el inyector, entre los más importantes.

No todo el combustible es inyectado, por lo que hay una recirculación que vuelve al módulo de combustible, precisamente al tanque de mezcla (como ya mencionamos con anterioridad). En este tanque, el combustible sobrante procedente del motor, ayuda a calentar al nuevo fuel que está entrando al tanque por primera vez.



*Ilustración 128. Sistema de inyección y cremalleras. Elaboración propia.*



### 5.1.2. Sistema de lubricación

El sistema de lubricación tiene dos funciones: lubricar los elementos del motor para reducir la fricción y refrigerar las partes con las que entra en contacto. Vamos a dividir este apartado para explicarlo en dos partes. Primero veremos el **sistema de purificación de aceite**, y posteriormente, estudiaremos **el sistema de lubricación del motor principal**.

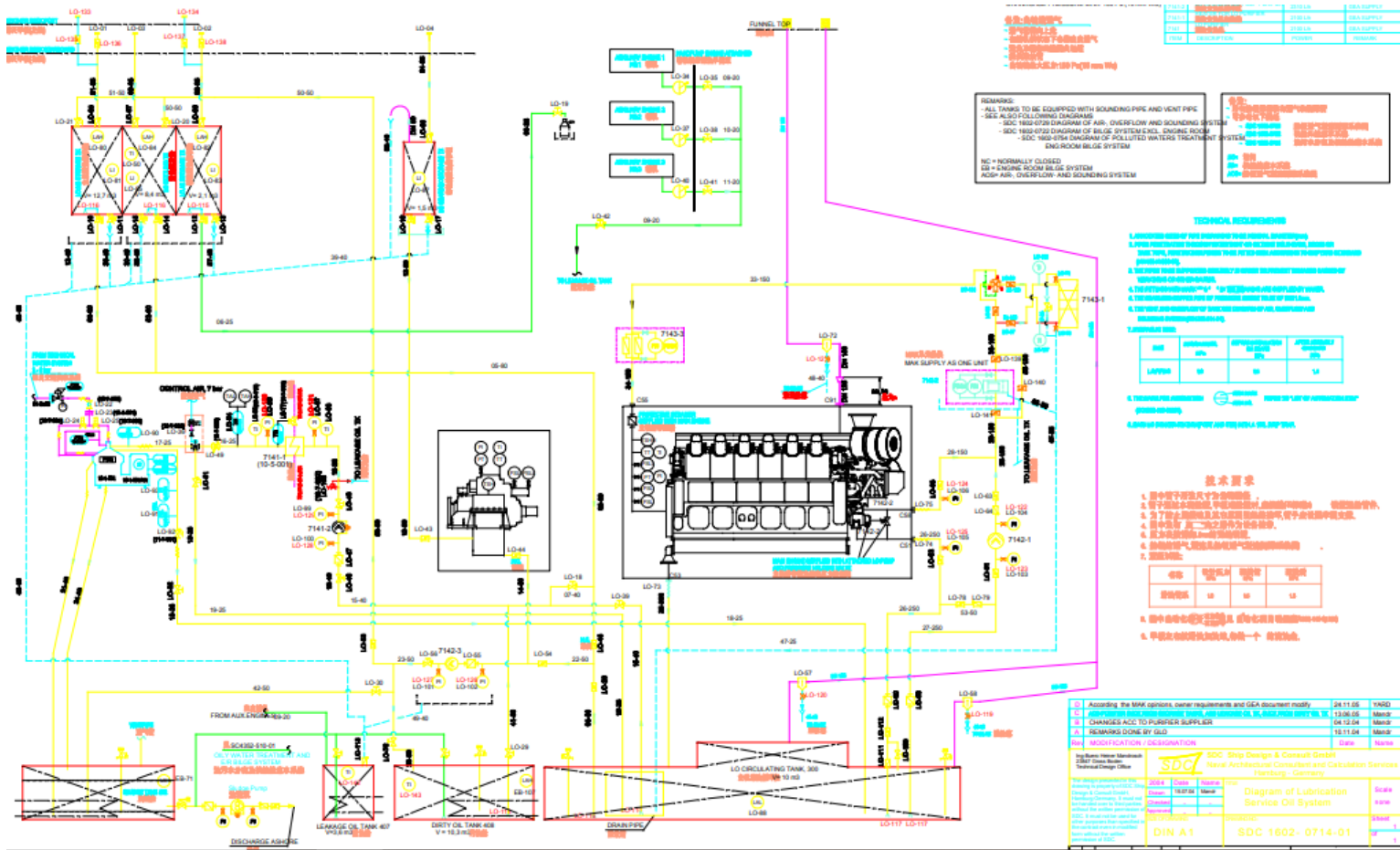


Ilustración 129. Plano del sistema de lubricación. Fuente: Planos de la sala de máquinas.

### 5.1.2.1. Sistema de purificación de aceite.

Al realizar el consumo de aceite, este se dirige a los respectivos tanques de almacén. Desde ahí, pasa al tanque de circulación de aceite del motor principal, y es de aquí de donde la bomba de la depuradora aspira para realizar el proceso de depuración del aceite, devolviéndolo nuevamente al mismo tanque del cual se aspiró. Este procedimiento se repite constantemente para intentar obtener un producto lo más limpio posible.

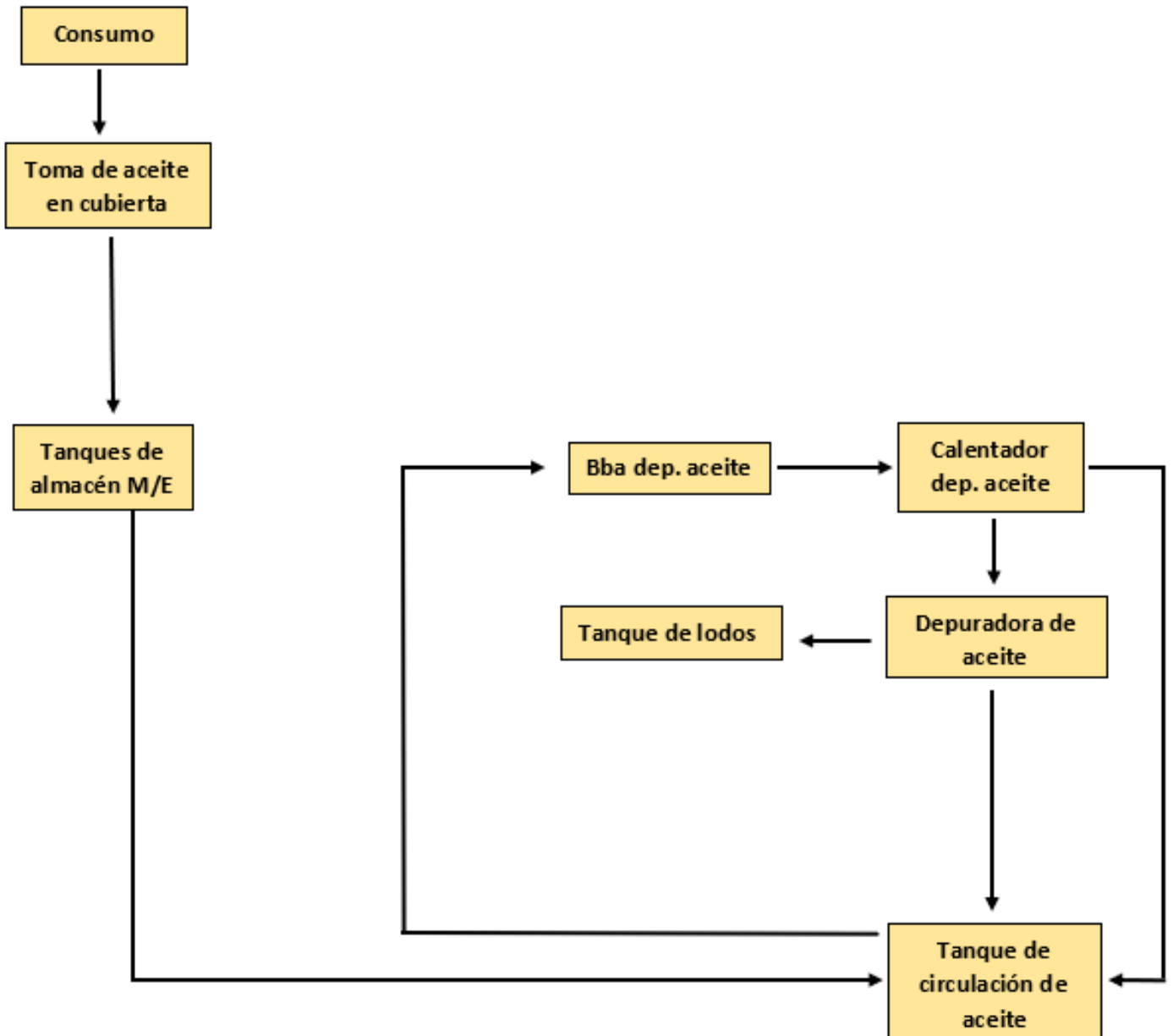


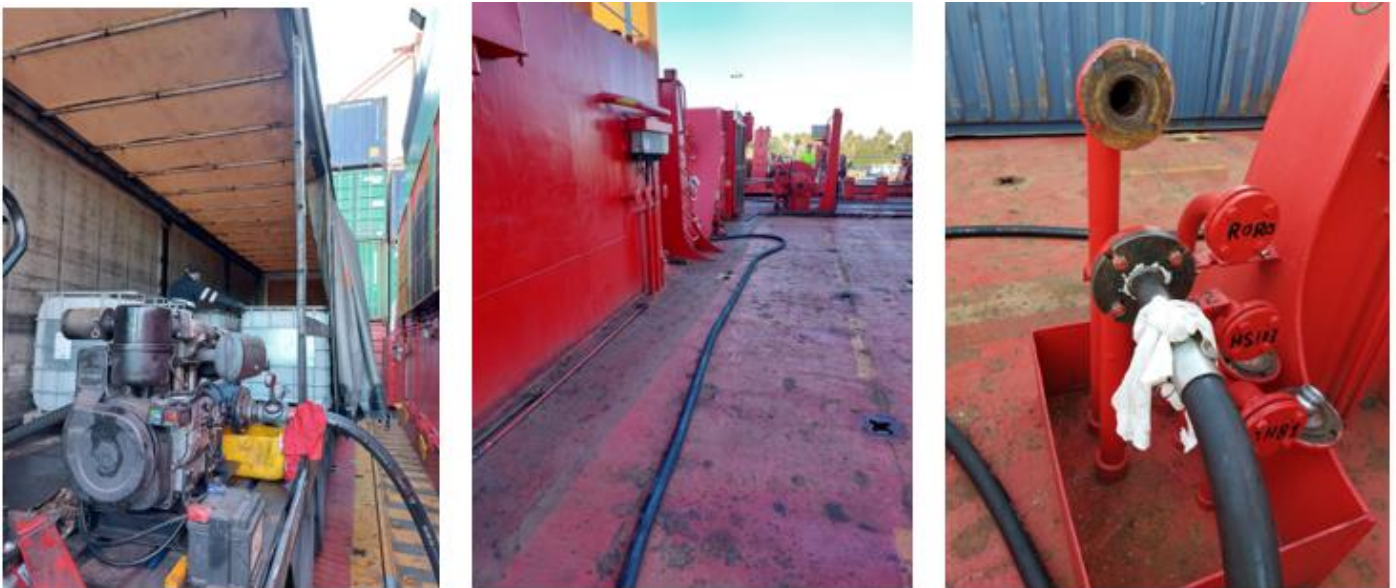
Ilustración 130. Esquema del sistema de purificación. Elaboración propia.

### 5.1.2.1.1. Consumo

El consumo de aceite se realiza desde la cubierta principal, en popa. Aquí se encuentran las tomas para realizar el consumo tanto de aceite del motor como de otros productos, como aceite térmico o aceite de equipos hidráulicos.

El procedimiento consta de lo siguiente:

- Se sube un camión al barco y se transporta a la cubierta superior con el ascensor.
- La empresa suministradora, trae su propia bomba, donde la aspiración la mete en las cubas de aceite que hayamos solicitado, y la descarga la acoplamos a nuestra toma. Cada cuba contiene 1 m<sup>3</sup> de aceite.
- Finalmente, se retira la manguera, y se sondan los tanques para ver que las cantidades están bien. Para sondar de estos tanques se debe entrar en el local de CO<sub>2</sub>. Si todas las cuentas son correctas, el jefe de máquinas firma los albaranes, y con esto, daríamos por finalizado el consumo.



*Ilustración 131. Operación de toma de aceite. Elaboración propia.*

### 5.1.2.1.2. Tanques de almacén

Para el aceite de motores, tenemos tres tanques de almacén. Desde estos tanques podemos ir suministrando aceite al tanque de circulación de aceite del motor principal (del de auxiliares no, ya que son de distinto tipo).

- Tanque de almacén del motor principal.
- Tanque de sedimentación del motor principal.
- Tanque de almacén de los motores auxiliares.

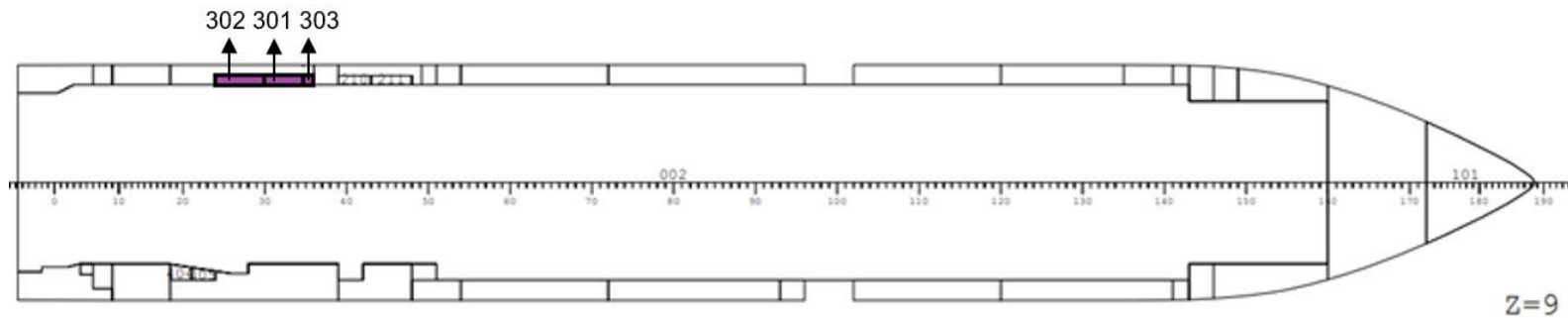


Ilustración 132. Ubicación de los tanques de aceite. Fuente: Planos del buque.

TANQUE	CONTENIDO	TIPO	Nº. DE TANQUE	UBICACION	VOLUMEN TOTAL (100%), m <sup>3</sup>	CAPACIDAD (98%), m <sup>3</sup>	MASA MAXIMA (t)
Sedimentación M/E	Aceite	Argina S3 40	301	Babor	8,4	7,4	21,17
Almacén M/E			302		12,7	11,2	17,35
Almacén A/E		Rimula R4 X 15W40	303		2,1	1,9	23,08

Tabla 22. Características de los tanques de aceite. Elaboración propia.

### 5.1.2.1.3. Tanque de circulación de aceite

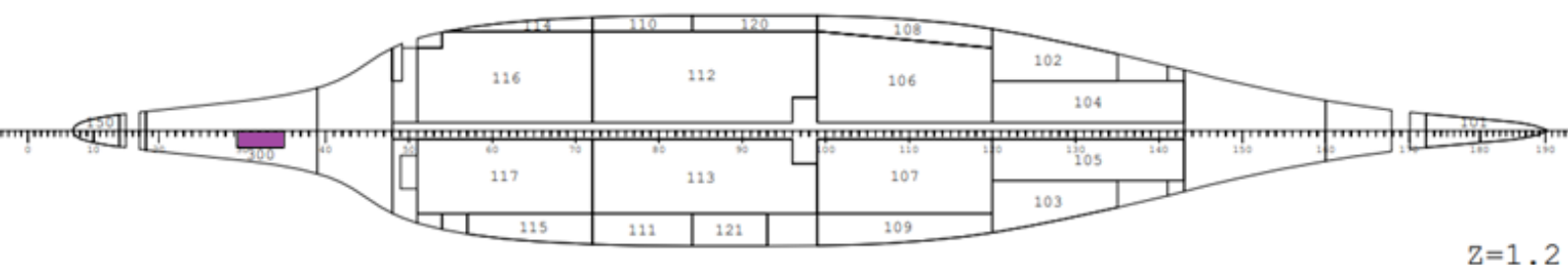
El tanque de circulación es el encargado almacenar el aceite para garantizar el correcto proceso de la lubricación del motor principal. De este tanque sale aceite hacia el motor principal y hacia la depuradora. La sonda de este tanque está debajo del enfriador de aire de carga.

Normalmente, en mi etapa de alumno rellenaba este tanque desde los almacenes. Lo primero es que, antes de meter ninguna cantidad de aceite, debemos sondear el tanque con el motor arrancado. Realizando esta operación, la sonda métrica me marcaba una altura de  $h=0,56$  cm, que son unos  $5,24$  m<sup>3</sup> (dato que se saca de las tablas hidrostáticas). Posteriormente, abríamos las válvulas para que trasegar por gravedad (sin necesidad de bombas), desde el tanque de almacén o sedimentación hasta el tanque de circulación, y las cerrábamos cuando llegaba a una altura de  $h=0,60$  cm, que son  $5,69$  m<sup>3</sup>.

Calculando la diferencia, obtenemos que hemos metido en el tanque aproximadamente entre 450-500 litros. Teniendo en cuenta que esta operación la realizaba una vez por semana, obtenemos que el motor consume aproximadamente unos 2.000 litros de aceite mensualmente.

Nº. DE TANQUE	UBICACION	VOLUMEN TOTAL (100%), m <sup>3</sup>	CAPACIDAD (98%), m <sup>3</sup>	MASA MAXIMA (t)
300	Centro (debajo del motor)	9,9	8,7	21,20

Tabla 23. Características del tanque de circulación. Elaboración propia.



Z=1.2

Ilustración 133. Ubicación del tanque de circulación. Fuente: Planos del buque.



#### 5.1.2.1.4. Depuradora

La depuradora aspira el aceite desde el tanque de circulación del motor principal con su propia bomba independiente. Esta lleva el producto hasta la depuradora, haciéndola pasar antes por el calentador, donde la temperatura de alcanza los 90°C.

Posteriormente, se somete al proceso de depurado (que no lo voy a explicar de nuevo, ya que en el sistema de combustible lo explique con alta cantidad de detalles y el procedimiento es el mismo). Finalmente, se descarga el aceite nuevamente en el tanque de circulación. Este proceso esta continuamente realizándose para garantizar la mejor calidad de aceite posible a nuestro motor.

DEPURADORA DE ACEITE		
DEPURADORA	Marca	Westfalia Separator
	Modelo	OSD12-91-067/10
	Máxima velocidad admisible del bolo	10.000 rpm
	Sólidos	1,4 kg / dm <sup>3</sup>
MOTOR	Marca	ABB Motors
	~ Motor	M2AA 132 SB-2
	Peso	42 kg
	Voltaje	440-480 Δ
	Frecuencia	60 Hz
	Velocidad	3.460 rpm
	Potencia	8,60 kW
	Intensidad	14,40 A
Factor de potencia (Cos φ)	0,89	

Tabla 24. Características de la depuradora. Elaboración propia.



Ilustración 134. Bomba y filtro de la depuradora de aceite. Elaboración propia.



Ilustración 136. Display de la depuradora de aceite. Elaboración propia.



Ilustración 135. Depuradora y calentador de aceite. Elaboración propia.

### 5.1.2.2. Sistema de lubricación del motor principal

En este apartado veremos el recorrido del aceite desde el tanque de circulación hasta que llega al motor principal.

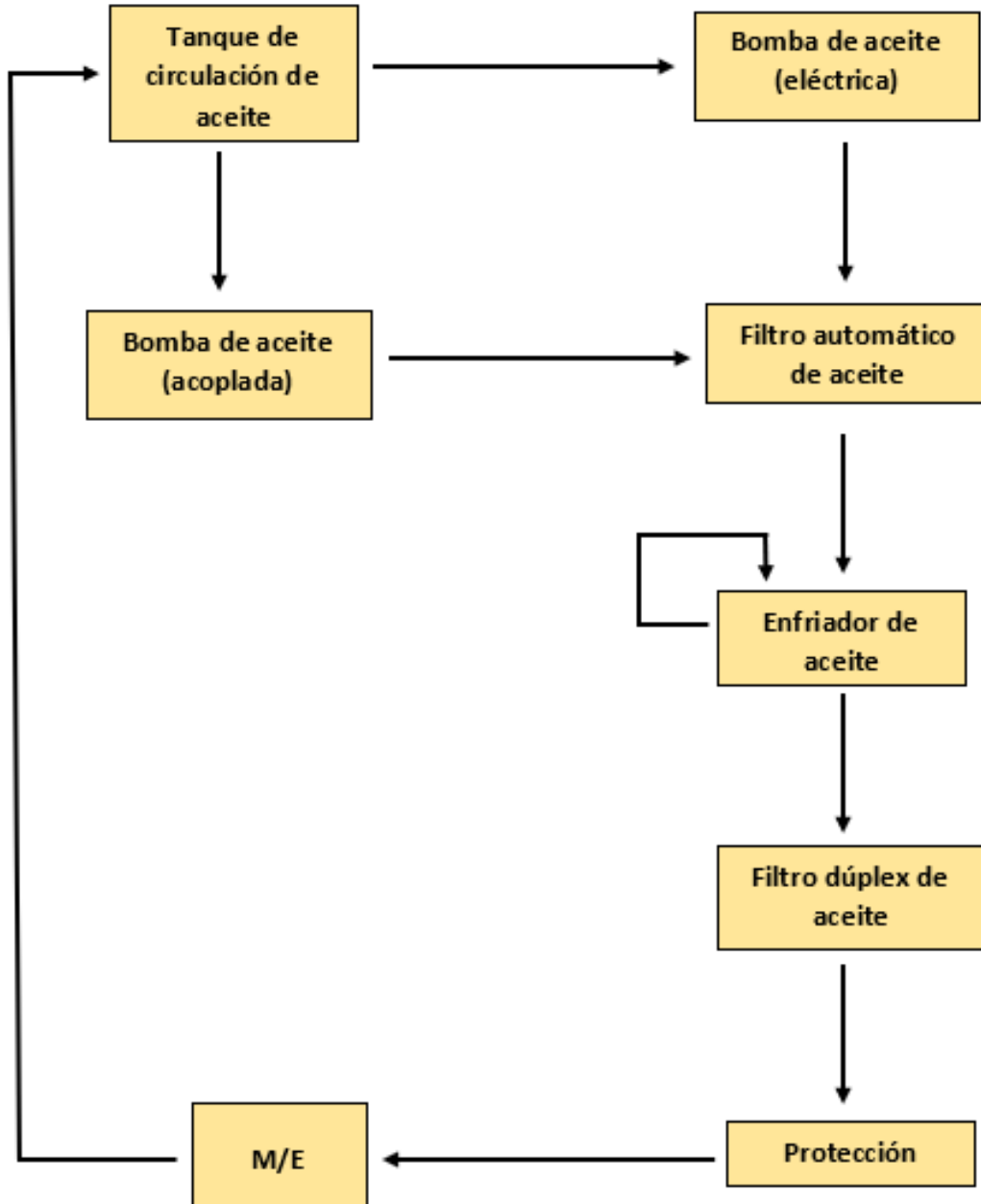


Ilustración 137. Esquema del sistema de lubricación del motor principal. Elaboración propia.

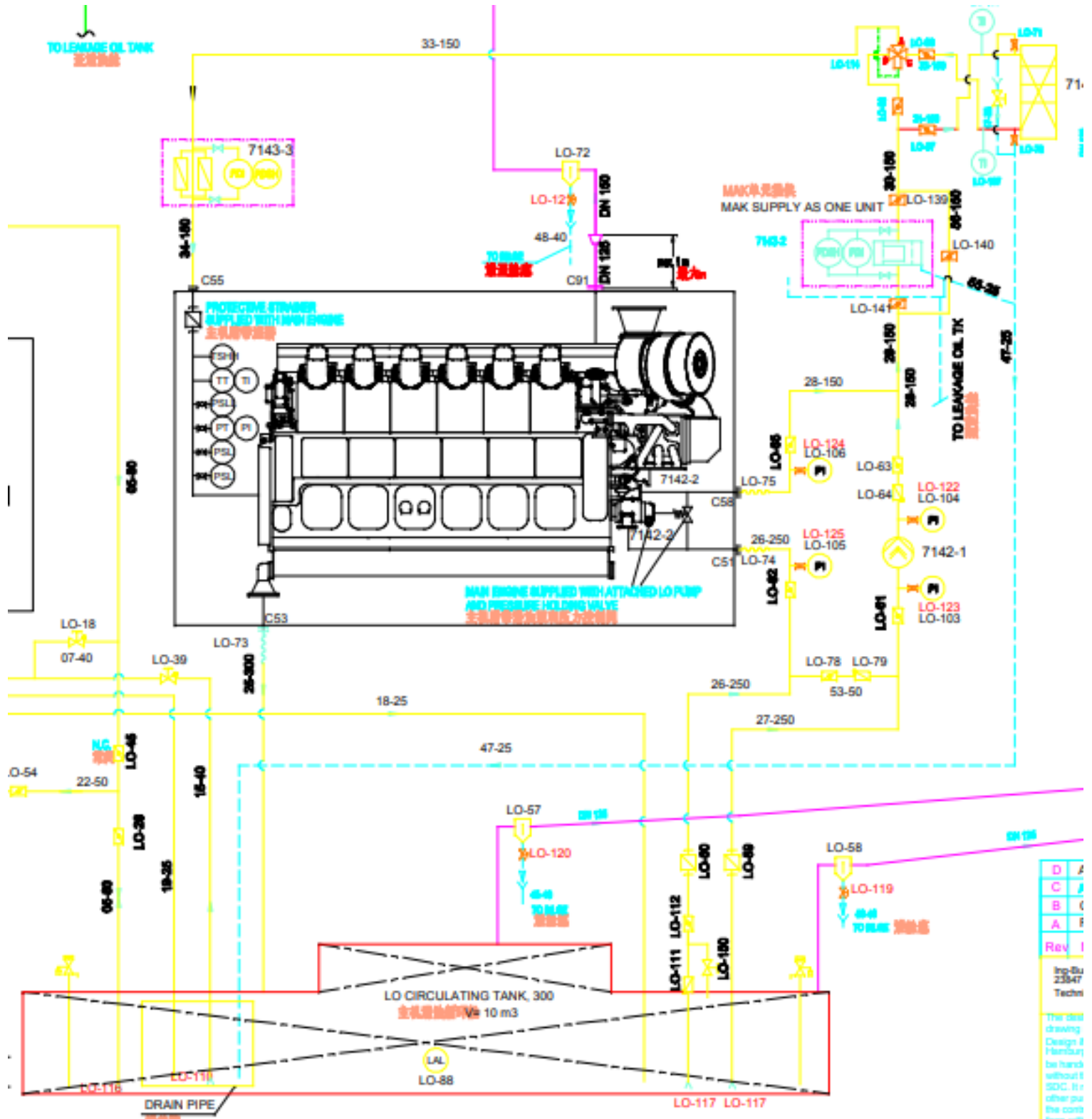


Ilustración 138. Plano en detalle del sistema de lubricación del motor principal. Fuente: Planos de la sala de máquinas.

### 5.1.2.2.1. Bombas

Desde el tanque de circulación, el aceite es aspirado por la bomba eléctrica y, posteriormente, cuando el motor ya está en pleno funcionamiento, automáticamente se desconecta la bomba eléctrica y se queda en servicio la bomba de engranajes acoplada al motor.

BOMBA ELECTRICA		
MOTOR	Marca	ABB Motors
	~ Motor	M3AA 225 SMD 4
	Voltaje	440 Δ
	Frecuencia	60 Hz
	Potencia	78 kW
	Velocidad	1.765 rpm
	Intensidad	128 A
	Factor de potencia (Cos φ)	0,86
BOMBA	Marca	SPECK-PUMPEN D-91161
	Tipo	CGJV170143A10B2
	Caudal	120 m <sup>3</sup> / h
	H	100 m
	Velocidad	1.750 rpm

Tabla 25. Características de la bomba eléctrica. Elaboración propia.

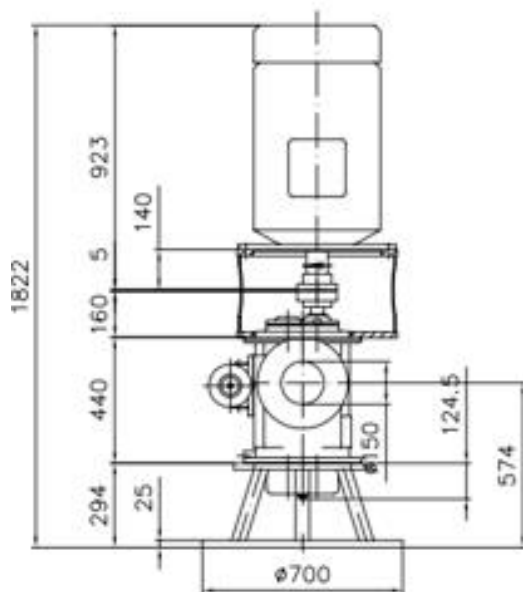
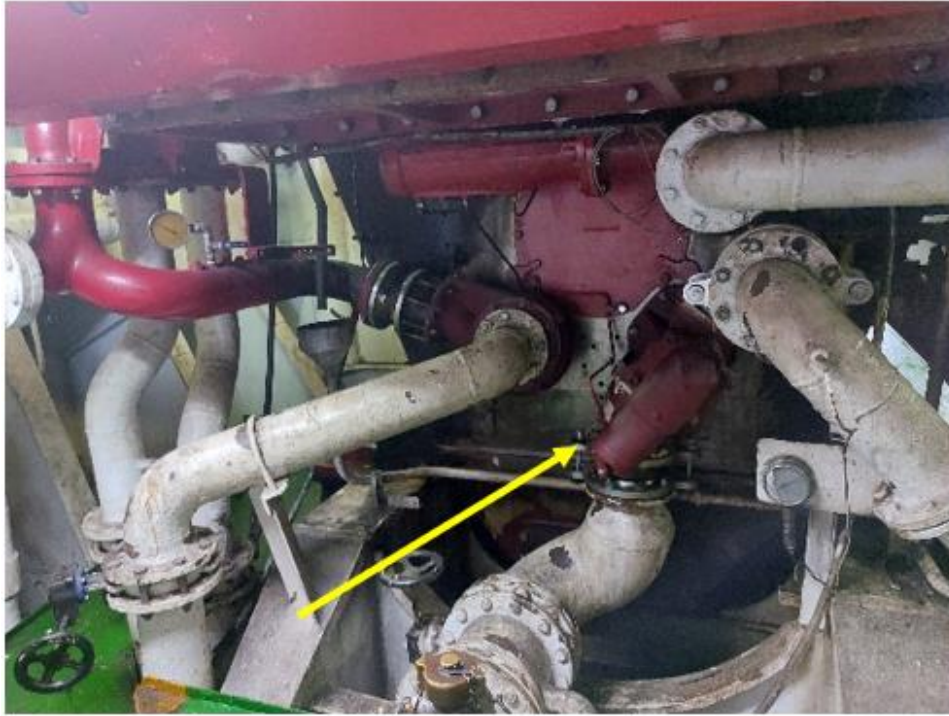


Ilustración 139. Bomba eléctrica de aceite. Elaboración propia.





*Ilustración 140. Bomba acoplada de aceite. Elaboración propia.*

#### **5.1.2.2.2. Filtro automático**

Este filtro elimina las partículas metálicas que pudieran encontrarse en el aceite, ya que este ha estado recirculando por el sistema y entrando al tanque de circulación constantemente. Es un filtro de velas que gracias a, la fuerza centrípeta que ejerce y a unos imanes, logra retener dichas partículas.



*Ilustración 141. Filtro automático de aceite. Elaboración propia.*

### 5.1.2.2.3. Enfriador

Es el encargado de refrigerar el aceite, ya que este está caliente debido a que ha salido desde motor hacia el tanque de circulación. Nos interesa que vuelva a entrar con una temperatura más baja, porque como mencionamos anteriormente, el aceite no solo lubrica, sino que también refrigera algunos elementos del motor. Por ello, se enfría desde una temperatura de 69°C de entrada, hasta aproximadamente unos 45°C. En caso de que el aceite no haya sido refrigerado correctamente, hay una termostática que lo hace recircular nuevamente al enfriador.

ENFRIADOR	
Marca	GEA ECOFLEX
Peso neto	876 kg
Presión mínima / máxima de trabajo	0-12 bar
Temperatura mínima / máxima de trabajo	0-80 °C
Volumen	100,10 L
Tipo de intercambio	Enfriado de placas

Tabla 26. Enfriador de aceite. Elaboración propia.



Ilustración 142. Enfriador de aceite. Elaboración propia.



*Ilustración 143. Termostática de aceite. Elaboración propia.*

#### **5.1.2.2.4. Filtro doble**

Este filtro se encarga de realizar otro nuevo filtrado del aceite, deteniendo impurezas o alguna posible partícula metálica que no haya sido capaz de ser retenida en el filtro automático.



*Ilustración 144. Filtro doble de aceite. Elaboración propia.*

El aceite entra al motor, donde se hace pasar por un último filtro protector que viene en el sistema del motor. En el plano se indica a este filtro como “Protective strainer supplied with main engine”

Finalmente, el aceite realiza el recorrido por el interior del motor cumpliendo sus funciones de lubricación y refrigeración, volviendo nuevamente al tanque de circulación. Este proceso se repite constantemente mientras el motor esté en marcha.



### 5.1.3. Sistema de refrigeración

En el buque podemos encontrar tres sistemas de refrigeración, que se complementan entre ellos para mantener las condiciones óptimas de temperatura en cada sistema. Estos tres sistemas son los de: SW, LT y HT.

- El agua de mar mantiene refrigerado el agua de baja, donde absorbe su temperatura. Dicha agua caliente es devuelta al mar, dejando de esta manera el agua de LT refrigerada.
- Una vez fría el agua de LT, esta refrigera el sistema de alta temperatura, absorbiendo el calor del agua de refrigeración de las camisas del motor en el enfriador, con el fin de bajarle la temperatura y que pueda continuar con su ciclo de nuevo.
- Finalmente, tenemos que el agua de LT vuelve a estar caliente (ya que ha refrigerado al agua de HT), por lo que esta se vuelve a enfriar con agua de mar nuevamente.

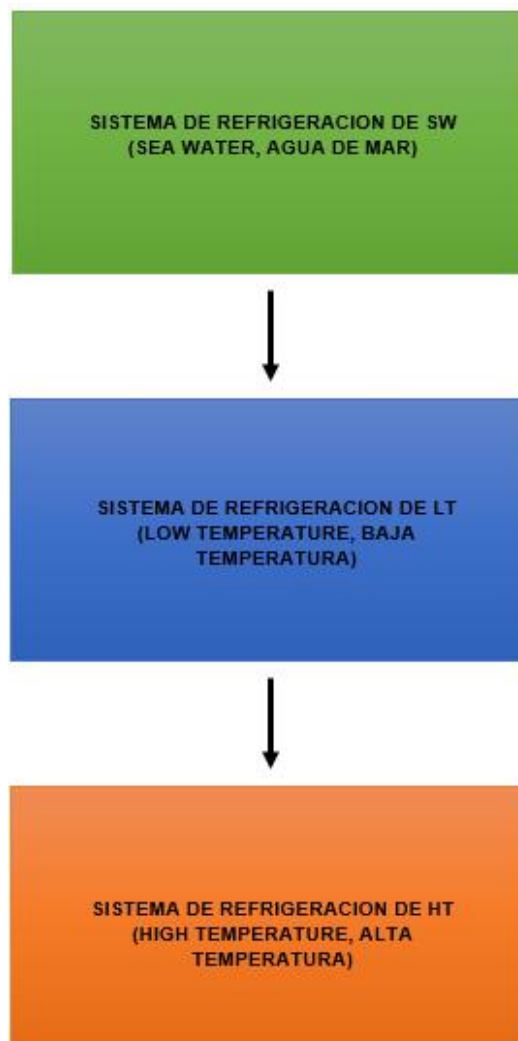


Ilustración 145. Esquema de las refrigeraciones del buque. Elaboración propia.



Debido a que nuestro estudio solo se enfoca a los sistemas esenciales del motor, solo deberíamos de hablar del sistema de alta temperatura. Pero también vamos a realizar el estudio del sistema de baja temperatura, ya que también influye indirectamente en el funcionamiento del motor principal. En el plano que veremos a continuación, se representa la línea de alta temperatura de color amarillo, mientras que la línea de baja temperatura estará representada de color verde.

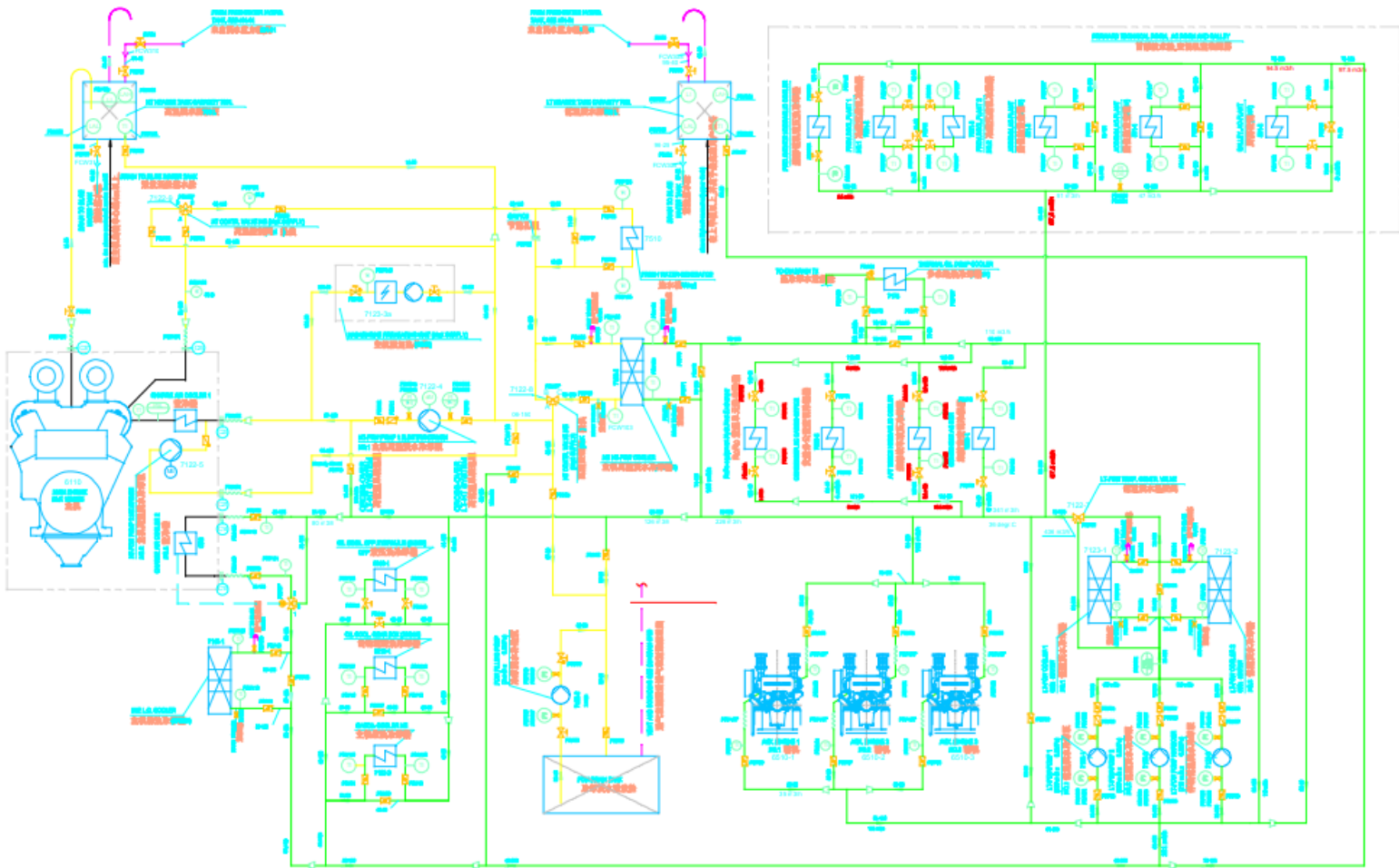


Ilustración 146. Plano del sistema de alta y baja temperatura. Fuente: Planos de la sala de máquinas.



### 5.1.3.1.1. Tanque de expansion de HT

El tanque de expansión del sistema de refrigeración de alta temperatura, se encuentra en el passage way. Este tiene una capacidad de 700 litros y podemos ver la cantidad de agua que contiene mediante el nivel que tiene instalado el tanque. Si vemos que el nivel es bajo, podemos rellenarlo abriendo la llave de paso de agua (la cual entra por la parte de superior del tanque, donde se ve el embudo).

Semanalmente, se hacen extracciones de agua para proceder a la realización de los análisis químicos, donde vemos algunas propiedades como los nitritos, cloruros o el nivel de pH. En caso de tener un bajo nivel de nitritos, añadiremos la química también por el embudo (misma vía por la que entra el agua). La química que se emplea en esta situación es el Rocor NB.

Se supone que el sistema de refrigeración es un sistema cerrado, y por tanto, siempre tendrá que haber la misma cantidad de agua. La función de este tanque, es compensar el sistema para que nunca falte agua en el circuito en caso de pérdidas o fugas.

Algunas de las pérdidas que he podido encontrar en este sistema durante mi estancia a bordo, han sido en el enfriador de alta temperatura o en los intercambiadores de temperatura del evaporador (debido a que las juntas de las placas se van desgastando con el tiempo y el agua se filtra hacia el otro lado).



*Ilustración 148. Tanque de expansión de HT. Elaboración propia.*

### 5.1.3.1.2. Bombas

Tenemos tres maneras de impulsar el agua por este sistema, y dependerán de las condiciones del motor principal.

- Motor principal parado.
- Motor principal recién arrancado (bajas revoluciones).
- Motor principal arrancado (a régimen).

Cuando estamos en puerto, la condición del motor principal es estar parado. Por lo tanto, se usa una unidad de precalentamiento, cuya función es hacer circular el agua por el interior del motor para mantenerlo en temperatura y que no esté tan frío a la hora de arrancar. Este equipo tiene un juego de resistencias para mantener el agua caliente. Además, también tiene varios selectores en el cuadro, donde podemos seleccionar el número de resistencias que queremos trabajando (una o dos), y por otra parte, si se desea tener el equipo en modo manual o automático.



*Ilustración 149. Unidad de precalentamiento. Elaboración propia.*

Cuando se arranca el motor, el calentador que está normalmente en modo automático, se para al detectar que ya no hay bajas revoluciones y entra la bomba de refrigeración accionada por un motor eléctrico. Esta es la que se encarga de refrigerar al motor hasta que esté a plena carga..

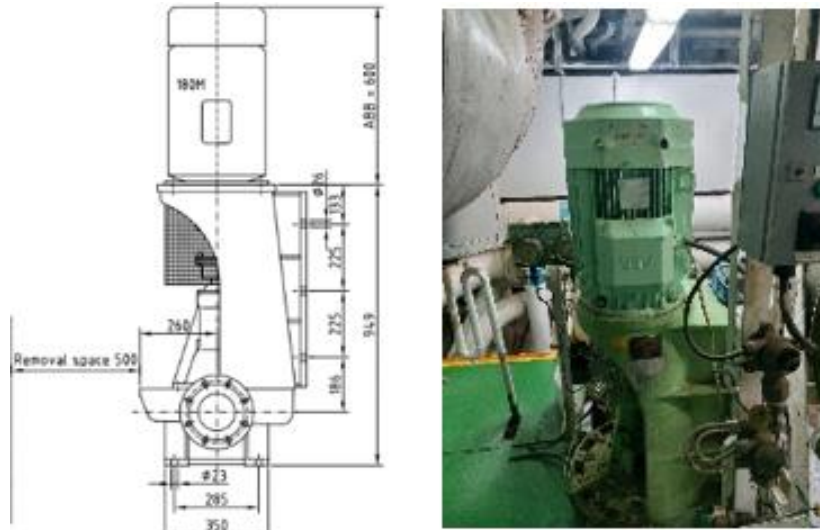


Ilustración 150. Bomba con motor eléctrico. Elaboración propia.

BOMBA ELECTRICA		
<b>Motor</b>	<b>Marca</b>	ABB Motors
	<b>~ Motor</b>	M33AA 180 LB-4 H0
	<b>Voltaje</b>	440 Δ
	<b>Frecuencia</b>	60 Hz
	<b>Potencia</b>	30 kW
	<b>Velocidad</b>	1.770 rpm
	<b>Intensidad</b>	51 A
	<b>Factor de potencia (Cos φ)</b>	0,83
<b>Bomba</b>	<b>Marca</b>	SPECK - PUMPEN D - 91161 Hilpoltstein
	<b>Tipo</b>	125-100/400-8040
	<b>Caudal</b>	100 m <sup>3</sup> / h
	<b>H</b>	40,8 m
	<b>H máx.</b>	51,0 m
	<b>Velocidad</b>	1.770 rpm
	<b>Potencia</b>	21,5 kW

Tabla 27. Características de la bomba eléctrica. Elaboración propia.



Una vez el motor a régimen, unos presostatos mandan la señal para parar la bomba eléctrica, dejando la función de recircular el agua, a la bomba de engranajes acoplada.



*Ilustración 151. Bomba de engranajes acoplada al motor. Elaboración propia.*

#### **5.1.3.1.3. Enfriador de aire de carga**

En el enfriador de aire de carga se refrigera el aire de admisión en un proceso de dos etapas. La primera etapa es refrigerada por agua de alta, para bajarle la temperatura al aire, y en la segunda etapa se refrigera con agua de baja, ya que al estar más fría se consigue bajar aún más dicha temperatura.

En el interior del enfriador, podemos encontrar un conjunto de tubos de latón-aluminio o cobre-níquel, por donde circula el agua de refrigeración. En ambos casos, la transferencia de calor se consigue gracias a las aletas de cobre que están unidas a los tubos.

En esta primera etapa, como hemos mencionado hace un momento, el aire es refrigerado por el agua de alta, que entra al enfriador con una temperatura de 73 °C y sale a 86 °C, aproximadamente. Esta agua proviene de las bombas de impulsión del sistema, pasan por el enfriador y a su salida va dirigida al motor para realizar la refrigeración de las camisas.

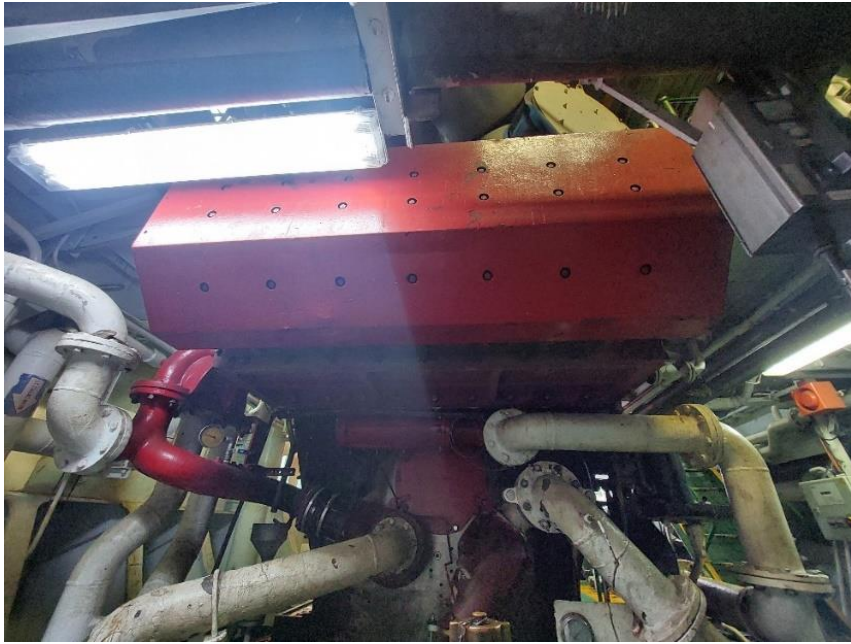


Ilustración 152. Enfriador de aire de carga. Elaboración propia.

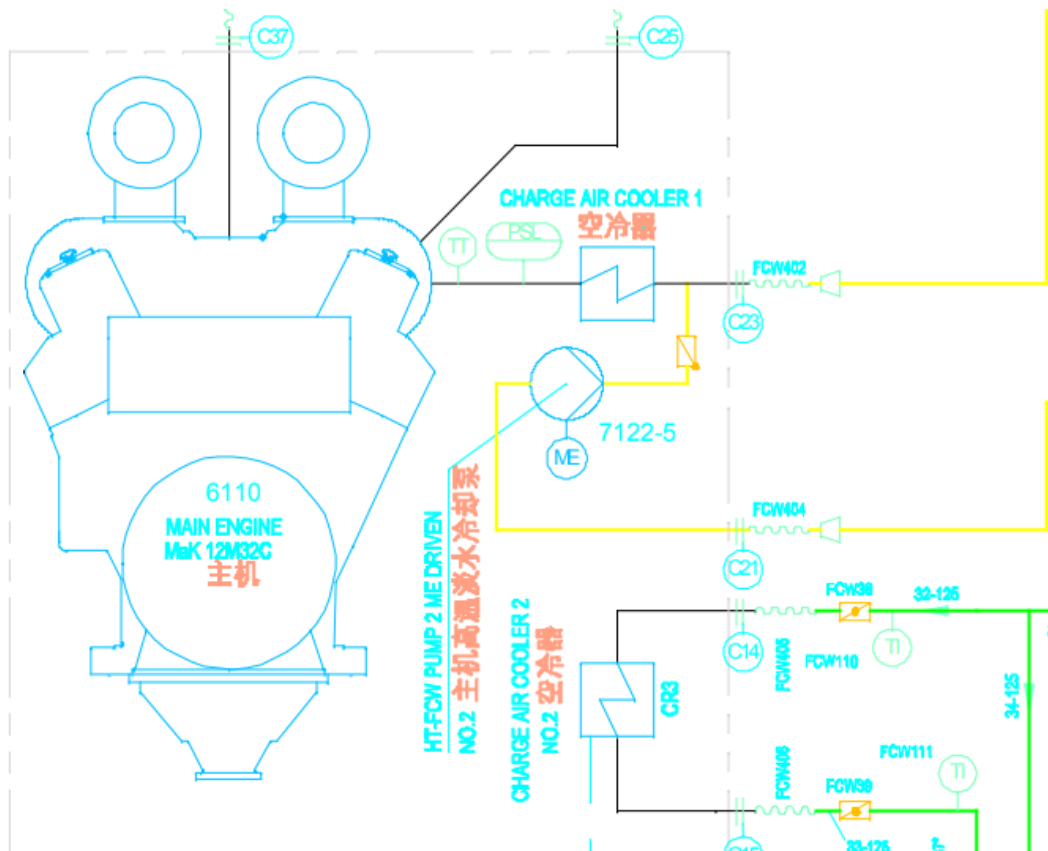


Ilustración 153. Plano en detalle de las dos etapas del enfriador. Fuente: Planos de la sala de máquinas.

#### 5.1.3.1.4. Refrigeración en el interior del motor

El proceso de refrigeración en el interior del motor es muy simple, ya que el agua a su entrada, solo pasa por la **parte superior** de las camisas de todos los pistones, y continua circulando hacia la salida.

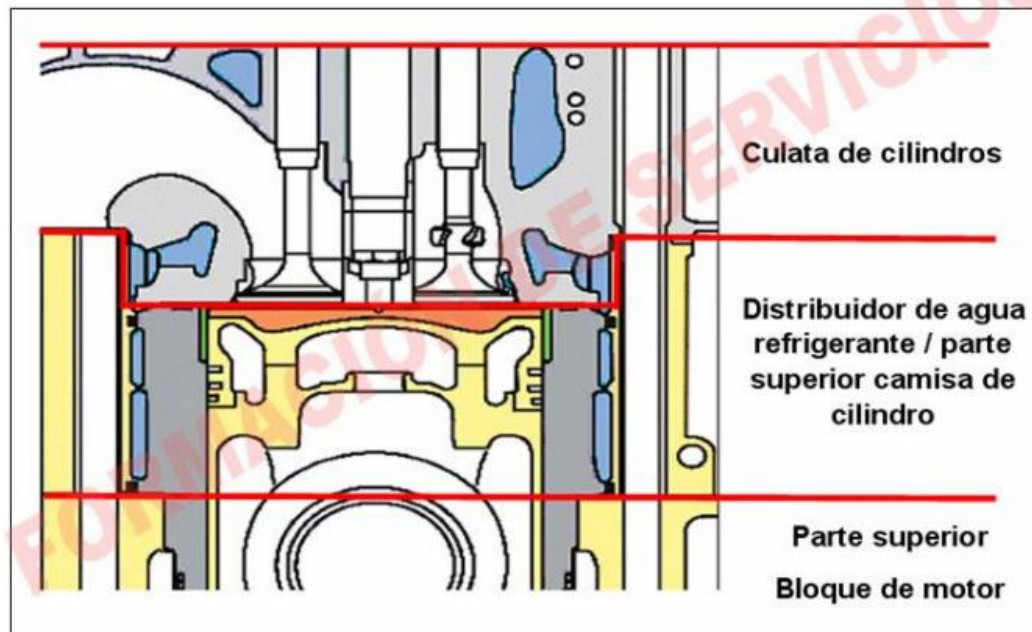


Ilustración 154. Circulación del agua por el interior de la chaqueta. Fuente: Manual del motor principal.

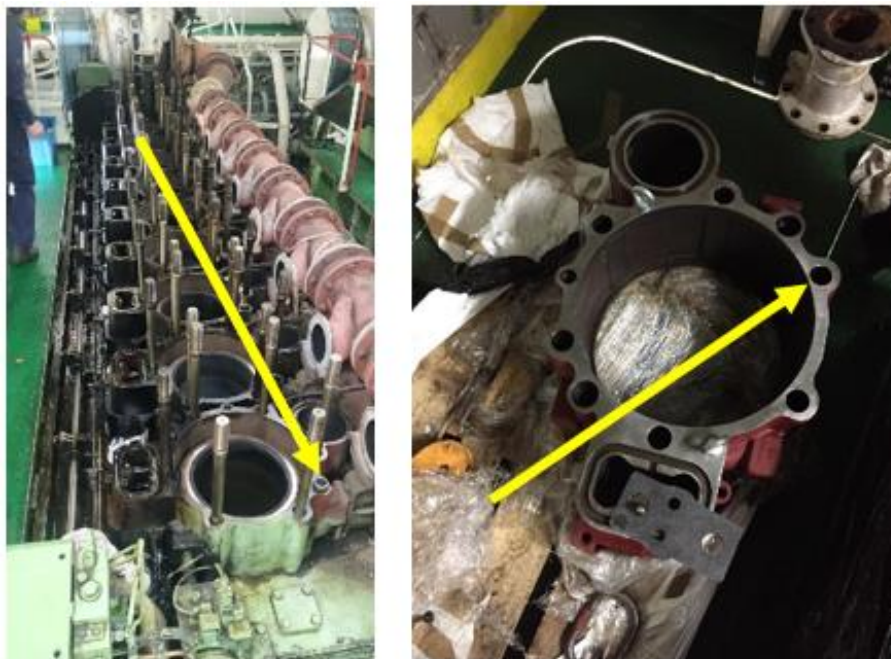


Ilustración 155. Entrada del agua al interior de la chaqueta. Elaboración propia.



*Ilustración 156. Parte superior de la camisa. Elaboración propia.*

#### **5.1.3.1.5. Termostática salida del motor**

Una vez se ha cumplido la función principal de este sistema, que es cumplir con la refrigeración de las camisas, el agua sale del motor hasta una termostática, donde podemos encontrarnos ante dos situaciones:

- Si el agua está con suficiente temperatura, irá hacia el evaporador para que con el agua caliente resultante de la refrigeración de las camisas, se pueda ayudar al intercambio de temperaturas que necesita este elemento, con la finalidad de transformar el agua salada en agua dulce. En caso de que no nos interese que en ese momento pase agua caliente por el evaporador (porque esté parado o en mantenimiento), hay un by-pass en su entrada. De esta manera, podemos evitar que pase el agua por el interior de este elemento y vaya directamente al enfriador de alta temperatura.
- Por otro lado, si a la salida del motor el agua no está lo suficientemente caliente, la termostática enviará el agua por otra línea, que va directamente hacia las bombas de impulsión del sistema, y así continuar con el ciclo de refrigeración. Esto se hace porque si el agua no está caliente, nos ahorramos mandarla al evaporador (ya que no nos va a ayudar con el intercambio de temperaturas) y al enfriador (ya que si no está caliente, no es necesario enfriarla).





*Ilustración 157. Termostática a la salida del motor. Elaboración propia.*

#### **5.1.3.1.6. Evaporador**

El evaporador es el elemento encargado de generar agua dulce a bordo, con una capacidad de producción de 16 m<sup>3</sup> / día. Este elemento somete el agua salada a un proceso físico en el que la transforma en agua dulce, y esta es enviada a los tanques de almacén, pasando antes por un contador.

Este equipo recibe el agua proveniente del motor. El agua de refrigeración de camisas entra a una temperatura aproximadamente de 85°C y sale a 76°C. Tiene lógica que salga a menos temperatura, ya que este equipo absorbe el calor para evaporar el agua salada. Gracias a esto, se hace el proceso más eficiente, ya que el agua entrará casi a 10°C menos a la entrada del enfriador, que es a donde se dirige nada más salir de este equipo.

En el manual este elemento viene con las siglas de “FWG”, que provienen del inglés “Fresh Water Generator”.





Ilustración 158. Evaporador. Elaboración propia.

EVAPORADOR	
Marca	ALFA LAVAL
Modelo	JWP – 26 – C80
Capacidad de producción	16 m <sup>3</sup> / día
Temperatura entrada / salida agua de camisas	85°C / 76°C
Caudal de agua de camisas / caída de presión	30 m <sup>3</sup> / h / 0,2 bar
Temperatura entrada / salida agua de mar	32°C / 44°C
Caudal de agua de mar / caída de presión	30 m <sup>3</sup> / h / 0,2 bar
Consumo de calor por el agua de camisas	409 Mcal / h ó 476kWh

Tabla 28. Características del evaporador. Elaboración propia.

### 5.1.3.1.7. Enfriador de HT

El principio básico de este enfriador es, recibir el agua del sistema de alta temperatura y enfriarla con el agua que proviene del sistema de baja temperatura.

El enfriador de alta temperatura recibe el agua que sale del evaporador, donde previamente ha sido enfriada unos 10°C. Esto es debido al intercambio de temperatura que procede en este elemento, para favorecer a la evaporación del agua salada y así convertirla en agua dulce.

En el enfriador, el agua de alta entra a una temperatura de 80 °C y sale a 40 °C. En este proceso, baja su temperatura unos 40 °C. Esto es gracias al agua de baja temperatura, que entra a 30°C y sale a 47°C, absorbiendo el calor, variando siempre entre 15°C - 20 °C. Estas temperaturas son aproximaciones, que se han ido sacando de los partes diarios de máquinas.

Este intercambio de calor favorece al sistema de alta, ya que es el que se mantiene refrigerado constantemente. En cambio, el sistema de baja se encargará de absorber la mayor cantidad de temperatura posible para mantener bien refrigerado el sistema de HT.

Posteriormente, veremos como el sistema de baja también debe ser refrigerado para poder seguir absorbiendo calor del sistema de alta, ya que, de lo contrario, si el agua de baja no tuviera su propio sistema de enfriamiento, no sería capaz de seguir refrigerando el sistema de alta temperatura.



*Ilustración 159. Enfriador de HT. Elaboración propia.*

ENFRIADOR DE ALTA TEMPERATURA	
Marca	TRANTER PHE AB
Modelo	GXD - 042N
Serie	100 - 744 - 3
Tipo	Enfriador de placas
Temperatura min. / máx. de trabajo	-1 / 6 bar
Presión min. / máx. de trabajo	0 / 110 °C
Volumen	37,24 L
Material	Acero al carbono
Presión de prueba	9 bar
Peso neto	401 kg
Peso bruto	477 kg

Tabla 29. Características del enfriador de HT. Elaboración propia.

#### 5.1.3.1.8. Termostática salida del enfriador de HT

A la salida del enfriador de alta temperatura tenemos una termostática que regula el caudal de agua en función de su temperatura, dando lugar a dos posibilidades:

- Si el agua sale a una temperatura adecuada, es enviada nuevamente al sistema para que las bombas puedan continuar impulsándola por el circuito y así, continuar con el ciclo de refrigeración de alta temperatura.
- Por el contrario, si el agua no ha sido refrigerada correctamente, se recirculará nuevamente al enfriador para disminuir aún más su temperatura.



Ilustración 160. Termostática a la salida del enfriador. Elaboración propia.

### 5.1.3.1.9. FCW FP hacia FCW DT

En caso de que tengamos que extraer el agua de todo el sistema, hacer alguna pequeña extracción o vaciar el tanque de expansión por cualquier motivo (como mantenimiento, por ejemplo), la línea podrá descargar el agua a un tanque denominado como “FCW DT”, siglas en inglés provenientes de “Fresh Cooling Water Drain Tank”, con una capacidad de 13,5 m<sup>3</sup> de volumen total.

Podemos hacer uso de este tanque para que cuando terminemos de trabajar en la línea, en vez de coger agua de los tanques de almacén, podamos incorporar nuevamente la que teníamos anteriormente. Esto lo haremos con la ayuda de la FCW FP, siglas de “Fresh Cooling Water Filling Pump”, bomba encargada de devolver el agua al sistema.

Hay dos motivos para no querer tirar esta agua:

- Ahorro en el consumo de los tanques de almacén (ya que el agua que tenemos es generada a bordo, y en caso de un fallo en el evaporador, debemos tener un margen en el nivel de nuestros tanques).
- Aprovechamiento de la química que contiene esta agua (si cogiéramos agua nueva, deberíamos emplear una gran cantidad de química, y eso supondría un mayor gasto económico para la empresa).

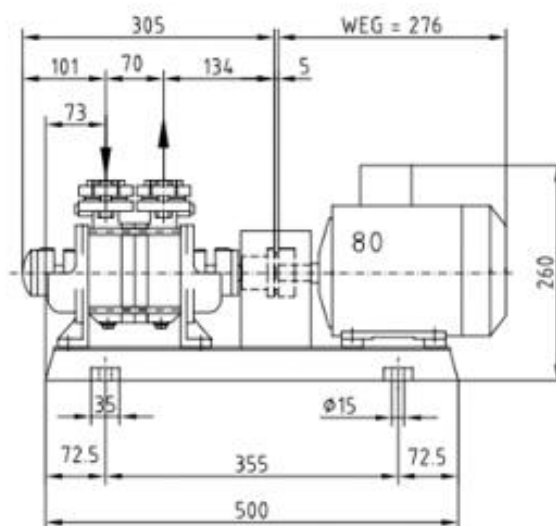


Ilustración 161. Bomba de llenado del sistema. Elaboración propia.

### 5.1.3.2. Sistema de refrigeración de baja temperatura

A diferencia del sistema de refrigeración de alta temperatura (que se encarga solo de la refrigeración del motor principal), el sistema de refrigeración de LT también se encarga de reducir la temperatura a muchas otras maquinarias. A continuación, nombraremos todos los equipos que están siendo refrigerados por este sistema, pero no los describiremos detalladamente, ya que no es el objetivo principal de este estudio.

- Motores auxiliares.
- Gambuzas de provisiones.
- Enfriadores:
  - De aceite del motor principal.
  - De aceite térmico.
  - De alta temperatura.
  - De aire de carga (segunda etapa).
- Condensadores del aire acondicionado:
  - De la acomodación de proa.
  - De la cocina.
  - Del control de la sala de máquinas.
  - De la oficina de carga.
- Equipamientos hidráulicos:
  - Del ancla de proa.
  - De las maquinillas de popa y proa.
  - Del equipamiento RO-RO (MacGregor).
  - CPP.
- Refrigeración de equipos:
  - Reductora.
  - Enfriador de Diesel.



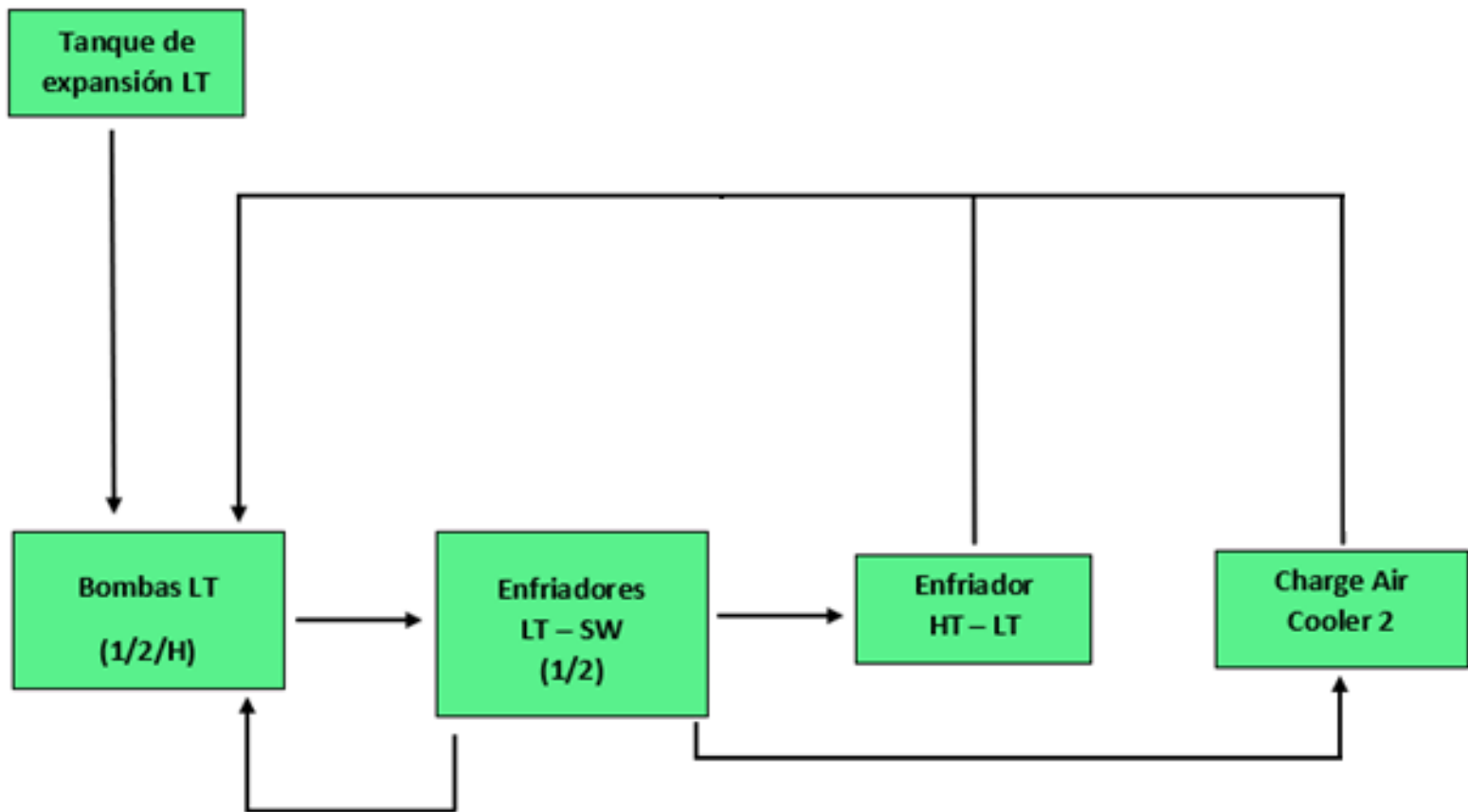


Ilustración 162. Esquema del sistema de baja temperatura, relacionado solo con el motor principal. Elaboración propia.

#### 5.1.3.2.1. Tanque de expansion

Al igual que en el sistema de HT, este tanque de expansión compensa el sistema para que siempre tenga asegurado un mínimo caudal de agua en la línea. Además, también tiene un volumen de 700 litros. El tanque tiene un venteo y un drenaje, con la finalidad de evitar sobrepresiones en dicho sistema. También, hace introducir agua desde el tanque hasta el sistema en caso de que detecte una baja presión, causada por alguna pérdida o fuga en la línea.



*Ilustración 163. Tanque de expansión de LT. Elaboración propia.*

### 5.1.3.2.2. Bombas

Las bombas de LT se encargan de distribuir el agua por todo el sistema. Tenemos tres bombas. Por un lado tenemos las dos principales, y se ponen en uso durante la navegación, alternandolas para que mientras una trabaja, se deja la segunda de respeto. Y por otro lado, tenemos la bomba de puerto, que se ubica en el centro, en medio de las dos principales y que tiene unas características inferiores. Como su propio nombre indica, la ponemos solo mientras el buque esté atracado. Como curiosidad, destacar que este sistema impulsa a lo largo de todo el barco un caudal de  $436 \text{ m}^3 / \text{h}$ , para mantener a todos los equipos refrigerados.



Ilustración 164. Bombas del sistema de baja temperatura. Elaboración propia.

BOMBAS PRINCIPALES DE BAJA TEMPERATURA		
Motor	Marca	ABB Motors
	~ Motor	M3AA200MLC-4
	Voltaje	440 Δ
	Frecuencia	60 Hz
	Potencia	51 kW
	Velocidad	1.770 rpm
	Intensidad	86 A
	Factor de potencia (Cos φ)	0,85
Bomba	Marca	SPECK-PUMPEN D-91161 Hilpolstein
	Tipo	250-200/315-5
	Caudal	$436 \text{ m}^3 / \text{h}$
	H	30,6 m
	H máx.	38 m
	Velocidad	1.770 rpm
	Potencia	50 kW

Tabla 30. Características de las bombas principales. Elaboración propia.

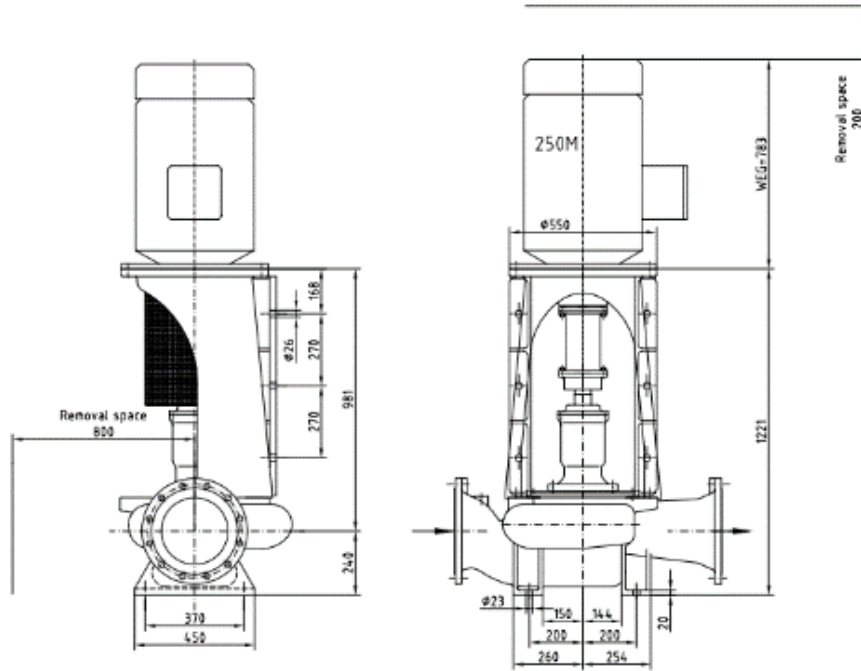


Ilustración 165. Boceto de las bombas principales. Fuente: Manual de bombas.

BOMBA DE PUERTO DE BAJA TEMPERATURA		
Motor	Marca	ABB Motors
	~ Motor	M3AA160LB-4H0
	Voltaje	440 Δ
	Frecuencia	60 Hz
	Potencia	21 kW
	Velocidad	1.740 rpm
	Intensidad	37 A
	Factor de potencia (Cos φ)	0,85
Bomba	Marca	SPECK-PUMPEN D-91161 Hilpolstein
	Tipo	125-100/250/AZ
	Caudal	210 m <sup>3</sup> / h
	H	25,5 m
	H máx.	30 m
	Velocidad	1.740 rpm
	Potencia	19,5 kW

Tabla 31. Características de la bomba de puerto. Elaboración propia.

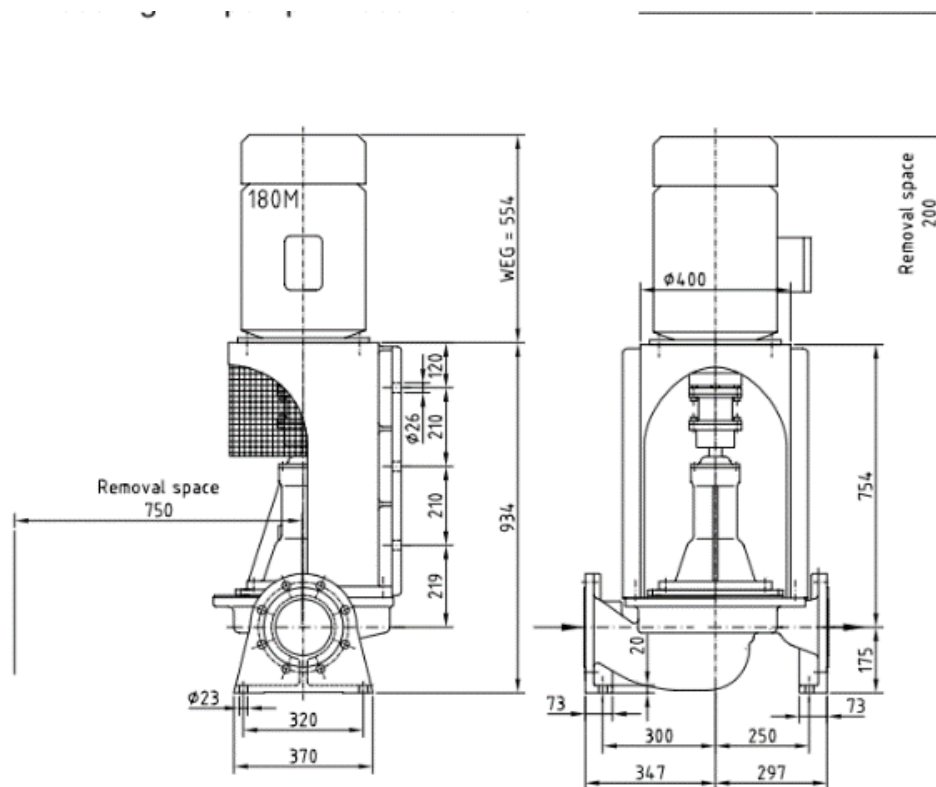


Ilustración 166. Boceto de la bomba de puerto. Fuente: Manual de bombas.

### 5.1.3.2.3. Enfriadores

Al conjunto de los dos enfriadores, cuya función es encargarse de que se realiza el intercambio de temperatura del agua de LT, le llega el flujo procedente de las bombas que estén en servicio en ese momento. En este elemento, el agua de baja entra al enfriador a una temperatura de 34 °C y sale a 22°C.

El responsable de realizar esta disminución de temperatura es el agua salada, que se encarga de absorber el calor antes de volver al mar. Esta agua de mar entra al enfriador a una temperatura de 20°C y sale a 26°C. Vemos que, con que el agua sala absorba 6°C, hará disminuir unos 12°C al agua del sistema de baja temperatura. Indicar como dato, que la temperatura de entrada del agua de mar variará dependiendo de varios factores, como la zona geográfica, la época del año o simplemente, la hora a la que se mida la temperatura, ya que lógicamente, por la noche estará más fría que por el día.

Otra cosa a nombrar a modo de curiosidad es que, la cantidad de calor que absorbe irá disminuyendo con el tiempo. Esto se debe a que al ir ensuciándose las placas, cada vez hay menos transferencia de calor. Por ello, es importante realizar los mantenimientos periódicamente y así, no perder la eficiencia en este equipo.





Ilustración 167. Enfriadores del sistema de baja temperatura. Elaboración propia.

ENFRIADORES DE BAJA TEMPERATURA	
Marca	TRANTER PHE AB
Modelo	GXD – 064 P
Presión min. / máx. de trabajo	-1 / 6 bar
Temperatura min. / máx. de trabajo	0 / 110 °C
Volumen	184,36 L
Material	Acero al carbono
Presión de prueba	9 bar
Peso neto	1.609 kg
Peso bruto	1.963 kg

Tabla 32. Características de lo enfriadores de LT. Elaboración propia.

Por último, al salir de los enfriadores hay una termostática que:

- En caso de que el agua no esté en valores de temperatura óptimos para refrigerar a los equipos, se recirculará al enfriador para que sea refrigerada nuevamente.
- Por el contrario, si la temperatura del agua está dentro de sus parámetros, circulará directamente por el sistema.

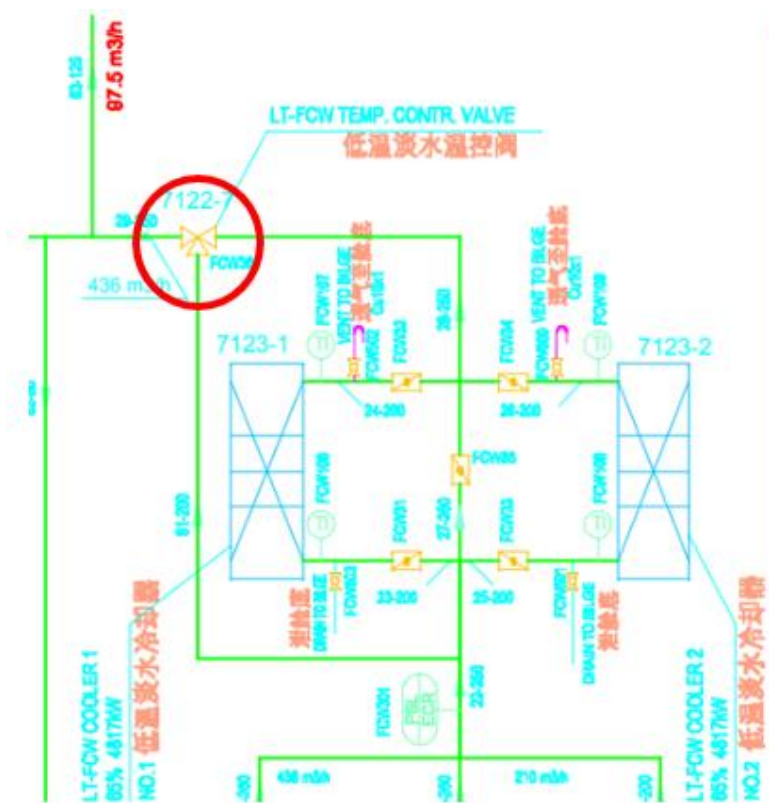


Ilustración 168. Termostática a la salida del enfriador. Fuente: Planos de la sala de máquinas.

Desde los enfriadores, el agua se distribuye a todos los elementos que hemos nombrado al principio de este apartado, pero vamos a describir solo el recorrido que tiene que ver con el sistema de alta temperatura.

Una vez el agua sale de los enfriadores de baja, esta realiza dos funciones en relación directa con el sistema de alta temperatura:

- Por un lado, el agua se dirige al enfriador de alta temperatura, donde entra a 30°C y sale a 47°C. Debido a que se ha calentado, vuelve al enfriador de LT para bajar su temperatura.
- Por otro lado, también tenemos que el agua de baja se dirige a la segunda etapa del enfriador de aire de carga. En la primera etapa, el aire ha sido refrigerado por el agua de HT. Este aire en la segunda etapa vuelve a ser refrigerado, pero esta vez con agua de LT. El agua entra al enfriador de aire a unos 36°C y sale a 48°C. Al igual que en el apartado anterior, ha absorbido calor y por tanto, vuelve al enfriador de baja para refrigerarse con agua de mar.

#### 5.1.4. Sistema de aire

En el plano del sistema de aire podemos distinguir dos colores:

- La línea de color rojo, que nos indica la parte del sistema donde el aire circula con alta presión.
- Mientras que la línea de color amarillo, que es la mayoría del circuito, indica la parte del sistema por donde el aire circula a baja presión.

El sistema de alta presión es el que está relacionado con el aire de arranque, que empieza en los compresores y termina a la entrada del motor, teniendo una presión de línea de 3 MPa (30 bar).

Por otro lado, para dar servicio a otros equipos (que son la gran mayoría, como podemos ver en el plano), el aire de 30 bar pasa por diferentes reductoras de presión a lo largo del circuito, con la finalidad de dejar el aire en presiones inferiores como 10,8,7 o 2 bar, según convenga para cada equipo. Podemos tarar la reductora para que tenga una presión diferente si nos conviene, para ello solo tenemos que ir al gabinete en el que se encuentre dicha reductora de presión y cambiar el ajuste.

Este sistema de aire, lo vamos a dividir en dos apartados para proceder a su estudio. Primero explicaremos el sistema de aire de arranque y posteriormente, el sistema de aire de servicio, que es algo más simple.

El sistema de baja presión alimenta entre otros muchos elementos a:

- Las depuradoras de combustible y aceite.
- El separador de sentinas.
- Gabinete de válvulas de disparo rápido.
- Tomas de aire de las cubiertas superior, principal e inferior.
- Bombas (de lastre, de agua salada, de sentina, de C/I o de servicios generales).
- Generador de emergencia.
- Local de disparo de CO<sub>2</sub>.
- Local técnico de proa.
- Hidróforo de agua sanitaria.
- Módulo de combustible.



### 5.1.4.1. Sistema de aire de arranque

Los compresores son los encargados de generar el aire y enviarlo a las botellas, que es donde se almacena. Tanto para el proceso de soplar como de arrancar, estas botellas suministrarán el aire al motor principal. Según el manual, la presión de aire de arranque debe ser como mínimo de 12 bar, y como máximo tendremos una presión de línea de 30 bar. Por el contrario, los auxiliares solo arrancarán si tenemos 30 bar de presión.

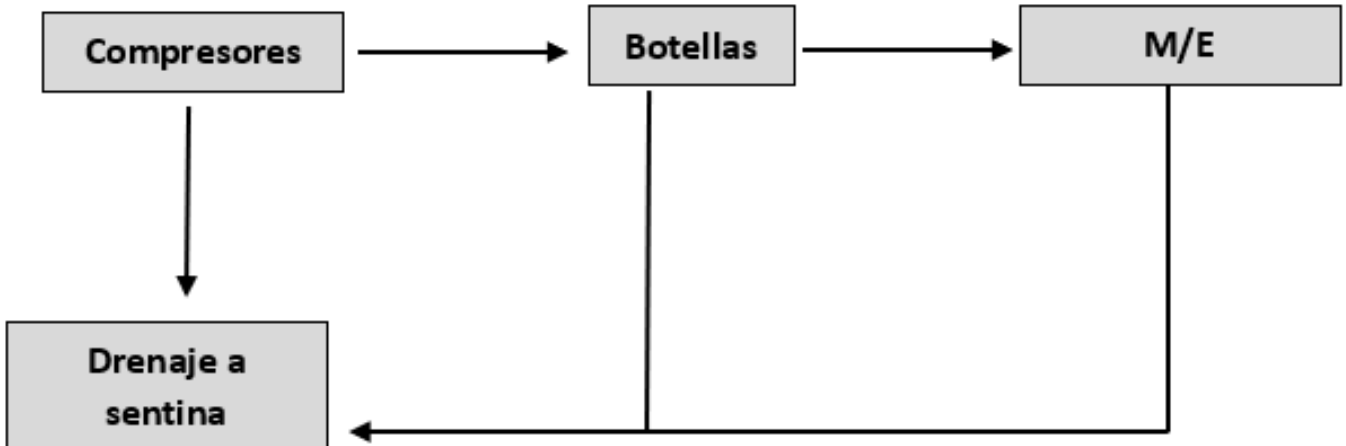


Ilustración 170. Esquema del sistema de aire de arranque. Elaboración propia.

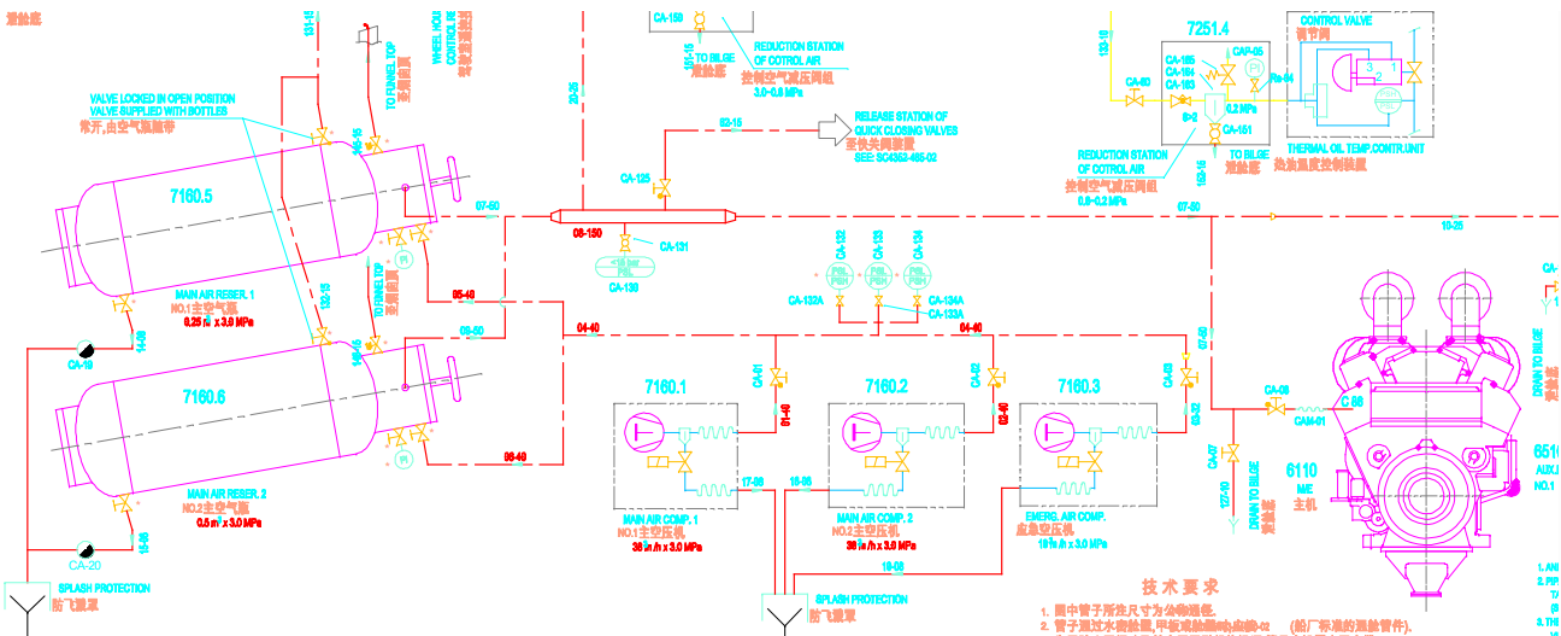


Ilustración 171. Plano en detalle del sistema de aire de arranque. Fuente: Planos de la sala de máquinas.



#### 5.1.4.1.1. Compresores

Como hemos mencionado en la introducción de este apartado, los compresores son los encargados de comprimir el aire para que podamos almacenarlo en las botellas. En nuestra sala de máquinas podemos contar con cuatro compresores:

- Tres compresores de dos etapas, de los cuales dos son principales y el tercero es de emergencia.
- Y uno de baja presión, el cual no interviene en ningún proceso con el motor principal, pero no está de más nombrarlo para saber que podemos contar con él si nos enfocamos en el sistema de baja presión de aire (el aire que este genere va a una botella independiente que nada tiene que ver con las dos botellas que tenemos para el motor principal).

Aclarar que, entre los dos compresores principales se reparten las horas de trabajo, es decir, nunca están trabajando al mismo tiempo, si no de manera alterna.

Creo que es necesario tener como mínimo, unos conocimientos básicos de cómo trabajan nuestros compresores para comprimir el aire. Para empezar, debemos saber que hay compresores de uno y dos pistones, en nuestro caso, el compresor es de dos. Dentro de esta categoría, podemos encontrar que los dos pistones pueden ser del mismo diámetro (que lo denominaremos como un compresor bicilíndrico), o que ambos pistones tengan distintos diámetros (que lo denominaremos como un compresor de dos etapas, que es el caso de nuestros compresores). El pistón con mayor diámetro se denominará “etapa de baja”, y el de menor diámetro “etapa de alta”. El proceso que realiza el compresor de dos etapas es el siguiente:

1. En la etapa de baja presión se comprime el aire.
2. Este aire comprimido, es enviado a la etapa de alta presión. Durante el proceso se hace pasar por un enfriador, ya que cuando comprimimos el aire en la etapa de baja, este se calienta y se dilata. Por lo tanto, nuestro objetivo es conseguir bajarle la temperatura al aire con el enfriador, dando lugar a que quepa más cantidad de aire en el cilindro de la segunda etapa. La explicación de esto es que cuando enfriamos el aire, las partículas se contraen y, por tanto, ocupan un menor volumen, dando lugar a más espacio para que entre más cantidad de aire. El enfriador consiste en un tubo circular aleteado. Si no existiera este enfriador, comprimiríamos menos cantidad de aire debido a que estaría caliente, y como resultado, obtendríamos un menor rendimiento volumétrico.
3. Una vez explicado el proceso del enfriamiento del aire, este vuelve a ser comprimido aún más, en la etapa de alta presión, donde llega a unos 30 bar. Posteriormente, es enviado a las botellas.

Además, en la parte superior de los compresores podemos encontrar un filtro de aire y una válvula de seguridad, que en caso de sobrepresión deja escapar el aire. Desde los compresores, también se realizan descargas a la sentina, para evitar el agua proveniente de la humedad del aire.



Ilustración 173. Compresores. Elaboración propia.



Ilustración 172. Cuadro para cambio de prioridades de los compresores.  
Elaboración propia.

<b>MOTOR DE LOS COMPRESORES 1 Y 2</b>	
<b>Marca</b>	WEG
<b>Voltaje</b>	440 $\Delta$
<b>Frecuencia</b>	60 Hz
<b>Potencia</b>	8,5 kW
<b>Velocidad</b>	1.760 rpm
<b>Intensidad</b>	14,4 A
<b>Factor de potencia (Cos <math>\varphi</math>)</b>	0,88

Tabla 33. Características del motor de los compresores principales. Elaboración propia.

<b>COMPRESORES 1 Y 2</b>	
<b>Marca</b>	J.P. SAUER & SOHN
<b>Tipo</b>	33L-100
<b>Capacidad</b>	38,0 m <sup>3</sup> / h
<b>Velocidad</b>	1.750 rpm
<b>Presión</b>	30 bar
<b>Sentido de giro</b>	Derecha
<b>Potencia requerida</b>	7,8 kW

Tabla 34. Características de los compresores principales. Elaboración propia.

<b>COMPRESOR DE EMERGENCIA</b>	
<b>Marca</b>	J.P. SAUER & SOHN
<b>Tipo</b>	15L-100
<b>Capacidad</b>	18,1 m <sup>3</sup> / h
<b>Velocidad</b>	1.750 rpm
<b>Presión</b>	30 bar
<b>Sentido de rotación</b>	Derecha
<b>Potencia requerida</b>	4,1 kW

Tabla 35. Características del compresor de emergencia. Elaboración propia.

<b>MOTOR DEL COMPRESOR DE EMERGENCIA</b>	
<b>Marca</b>	WEG
<b>Voltaje</b>	440 Δ
<b>Frecuencia</b>	60 Hz
<b>Potencia</b>	4,8 kW
<b>Velocidad</b>	1.765 rpm
<b>Intensidad</b>	8,23 A
<b>Factor de potencia (Cos φ)</b>	0,89

Tabla 34. Características del motor del compresor de emergencia. Elaboración propia.

#### 5.1.4.1.2. Botellas

Tenemos dos botellas en las que se almacena el aire que proviene de los compresores. Estas tienen un volumen de 250 y 500 litros, y almacena el aire con una presión de 3 MPa, o lo que es lo mismo, 30 bar.

Estas botellas tienen un sistema de purgado automático, para el vapor de agua que se haya condensado dentro de las botellas pueda ser descargado a la sentina. Este sistema consta de unas válvulas solenoides que van realizando con periodicidad las purgas de las botellas.

Desde las botellas, el aire sale a hacia un colector donde distribuye el aire entre tres conductos:

- Por un lado, sigue la línea tanto hacia los motores auxiliares como al motor principal (que es este el elemento que nos interesa).
- Por otra línea, conduce el aire hacia varias reductoras de presión para suministrar a todos los elementos del sistema de baja presión. Además, por esta línea, el aire pasa por un elemento que es de gran importancia para el sistema. Este equipo es el secador de aire, que más adelante comentaremos su función.
- Y por la última línea, se dirige hacia el gabinete de las válvulas de disparo rápido o “Quick Closing”, ubicado en el passage way.

Nombrar que hay una línea de baja presión que si influye en el motor principal, ya que el detector de niebla en el cárter necesita un flujo continuo de aire a baja presión, en este caso es de 8 bar.



*Ilustración 174. Botellas de aire comprimido. Elaboración propia.*





*Ilustración 176. Conducto de aire desde los compresores hacia las botellas.  
Elaboración propia.*



*Ilustración 175. Colector de aire, ramificando en las tres líneas. Elaboración propia.*

### 5.1.4.1.3. Entrada al motor

El motor es suministrado de aire por la línea que sale del colector hacia el motor principal. A la entrada del motor tenemos un distribuidor (descrito en el plano como C 86). Este es el encargado de suministrar el aire a todos los cilindros, aunque al principio solo le hará llegar aire a aquellos que estén en posición de arranque (en el punto muerto superior), hasta que coja la inercia suficiente para que arranque el motor. Según el manual, la temperatura del aire de carga debe encontrarse entre 45°C – 60°C, teniéndola nosotros a unos 50°C.

En la línea de suministro al distribuidor, que es el que da la entrada de aire de arranque al motor principal, tenemos una válvula normalmente abierta, que es la CA-06. Si esta válvula se cierra, se cortará el suministro de aire de arranque al motor principal, imposibilitando que este se ponga en marcha.

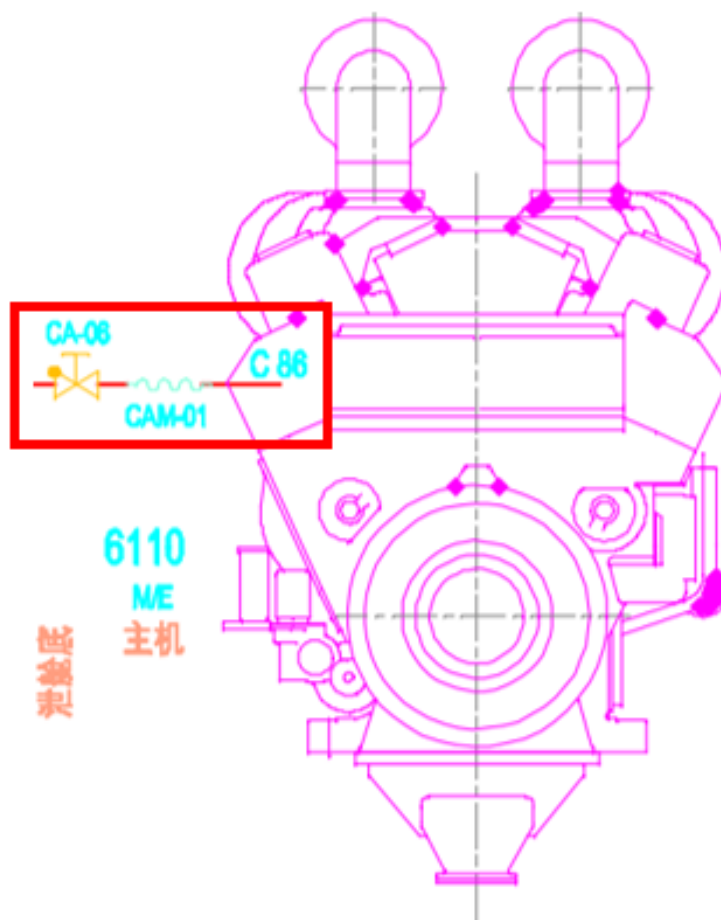


Ilustración 177. Muestra de válvulas sobre plano. Fuente: Planos de la sala de máquinas.



Ilustración 178. Muestra de válvulas a la entrada del motor. Elaboración propia.

#### 5.1.4.1.4. Secador de aire

Como hemos mencionado anteriormente, hay un elemento que es importante en este sistema, y ese es el secador de aire (aunque ya lo hemos mencionado anteriormente, recalcar que este elemento no interactúa directamente con la línea que envía aire al motor). Este equipo se encarga de eliminar, en la medida de lo posible la humedad o vapor de agua que pueda contener el aire. Esta agua es drenada directamente a la sentina.



Ilustración 179. Secador de aire. Elaboración propia.

SECADOR DE AIRE	
Marca	ZANDER AUFBEREITUNG
Tipo	KEN MT200
Capacidad	24,5 L
Presión de operación	0-16 bar
Temperatura de operación	10-50 °C

Tabla 36. Características del secador de aire. Elaboración propia.



Ilustración 180. Vista de varios elementos del sistema de aire. Elaboración propia.



### 5.1.4.2. Sistema de aire de servicio

A continuación, veremos el simple sistema del aire de servicio para finalizar con este apartado.

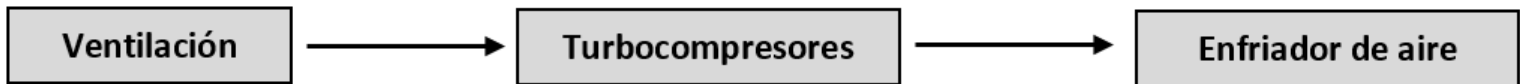


Ilustración 181. Esquema del sistema de aire de servicio. Elaboración propia.

#### 5.1.4.2.1. Ventilación

En la cubierta superior, a la altura de la zona del pañol de químicos, se encuentra el acceso de la ventilación para la sala de máquinas. Dos potentes ventiladores, se encargan de coger aire del exterior a través de este conducto, y así mantener un flujo de aire constante de ventilación para la sala de máquinas, pero sobre todo, para el motor principal (donde hay dos rejillas de ventilación que enfocan directamente hacia los turbocompresores). De esta manera, el motor consumirá aire del exterior para autoabastecerse, y poder realizar los procesos de combustión.

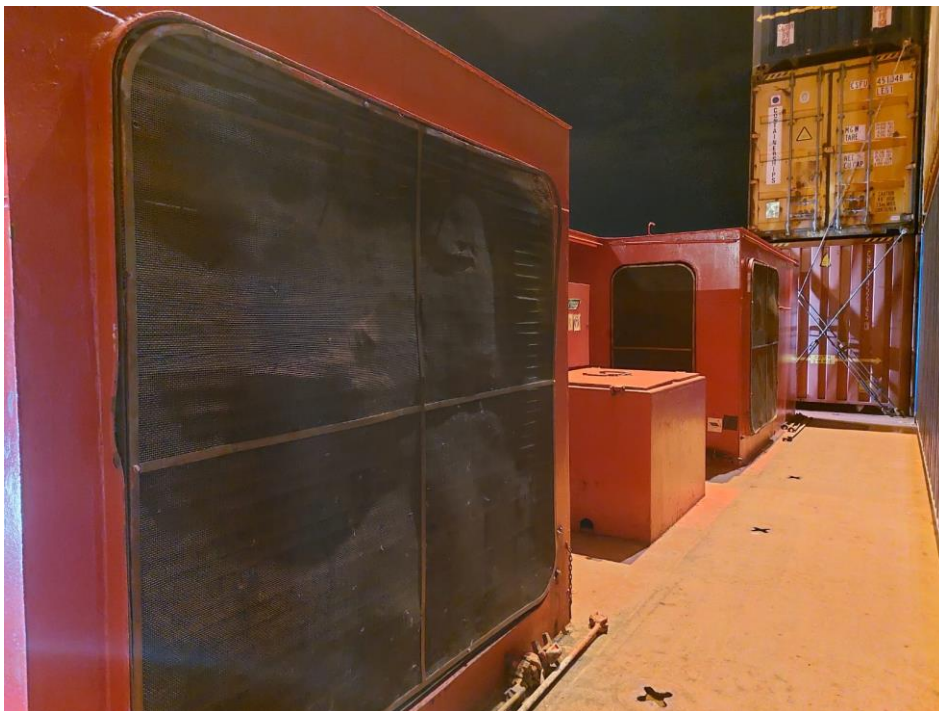


Ilustración 182. Ventilación de la sala de máquinas. Elaboración propia.



Para parar/poner en marcha la ventilación de la sala de máquinas, debemos ir al panel que hay en el control de máquinas, y desde allí podemos realizar la operación.



Ilustración 183. Selectores para actuar sobre los ventiladores de la sala de máquinas. Elaboración propia.

#### 5.1.4.2.2. Turbocompresores

Los turbocompresores tienen dos partes: el lado de aire y el lado de gases. Explicado de una manera breve y simple, este elemento aprovecha los gases de escape para revolucionar una turbina, y así favorecer a una mayor entrada de aire al enfriador de aire de carga. Estos gases de escape salen a una temperatura muy elevada, sobre los 450°C - 470°C.

TURBOCOMPRESORES	
Marca	NAPIER TURBOCHARGERS
Tipo	297 C
N.º de serie	700 925 / 700 926
Velocidad máxima	29.500 rpm
Temperatura máxima	650°C

Tabla 37. Características de los turbocompresores. Elaboración propia.



*Ilustración 184. Ventilación directa hacia los turbocompresores. Elaboración propia.*



*Ilustración 185. Salida de los gases de escape. Elaboración propia.*





*Ilustración 186. Turbocompresor lado de aire. Elaboración propia.*



*Ilustración 187. Turbocompresor lado de gases. Elaboración propia.*



*Ilustración 188. Turbocompresor desmontado. Elaboración propia.*

Las consecuencias de un funcionamiento defectuoso del turbocompresor pueden ser las siguientes:

- Disminución del rendimiento del motor.
- Mayor consumo de combustible.
- Alta temperatura de los componentes, lo que puede acortar considerablemente la vida útil de sus elementos, especialmente los relacionados con la cámara de combustión.



### 5.1.4.2.3. Enfriador

Una vez el aire en el enfriador, realiza un proceso de refrigeración en dos etapas. Debido a que este proceso lo hemos explicado detalladamente en el sistema de refrigeración, solo haremos un breve recordatorio.

El aire se someterá a un proceso de refrigeración dentro del enfriador. Este proceso consta de dos etapas. En la primera se refrigera el aire con agua de alta temperatura y en la segunda etapa, se refrigera con agua del sistema de baja. Una vez se le haya bajado la temperatura al aire, se introduce al motor principal a través del colector de admisión, favoreciendo al proceso de combustión.



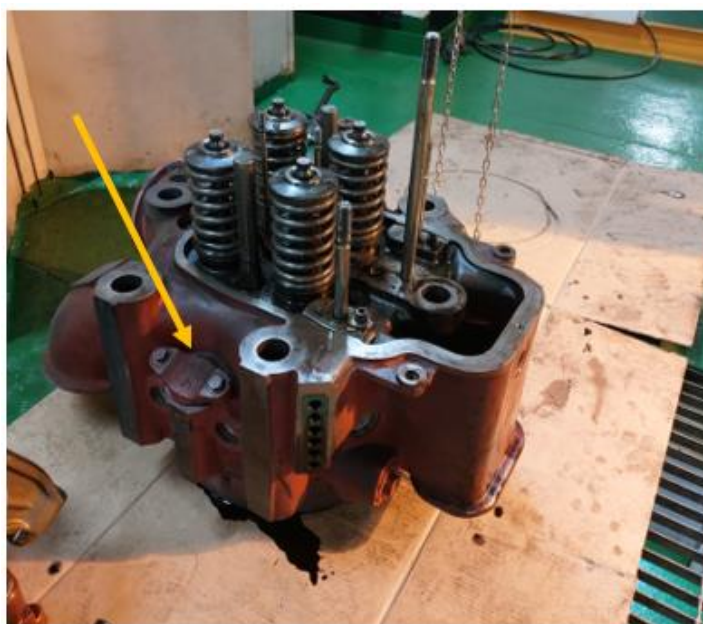
*Ilustración 189. Transferencia del aire desde las turbos hacia el enfriador.  
Elaboración propia.*





*Ilustración 190. Colector de admisión. Elaboración propia.*

Aprovecharemos para cerrar este capítulo viendo un elemento del sistema del aire de arranque que no vimos anteriormente. Añadir que, el distribuidor de aire de arranque envía el aire a la culata, justamente a la válvula de aire de arranque.



*Ilustración 191. Válvula de aire de arranque. Elaboración propia.*



*Ilustración 192. Conducto de entrada del aire de arranque.  
Elaboración propia.*

## 5.2. Mantenimientos

En este último apartado del capítulo cinco, nombraremos los mantenimientos que se llevan a cabo normalmente a bordo, diferenciándolos entre los distintos sistemas que ya hemos explicado en detalle anteriormente.

### Sistema de combustible:

- Lubricación de cremalleras y revisión de bombas de inyección.
- Filtro automático del módulo de combustible.
- Filtro frío (a la entrada del módulo).
- Filtro caliente (dúplex a la entrada del motor).
- Filtros de aspiración de las depuradoras de FO/GO.
- Filtro de aspiración de la bomba de trasiego de FO.
- Mantenimiento de las depuradoras de FO/GO.

### Sistema de aire:

- Cambio de filtrinas de los turbocompresores.
- Limpieza filtros de aspiración de los turbosoplantes.
- Mantenimiento de los compresores.

### Sistema de lubricación:

- Muestras de aceite de fin de mes.
- Filtros de aspiración de la depuradora de aceite.
- Mantenimiento de la depuradora de aceite.

### Sistema de refrigeración:

- Contraflujo del enfriador de LT.
- Limpieza de las placas de los enfriadores.
- Análisis de agua de refrigeración (nitritos, cloruros y pH).

### Trabajos relacionados con el motor principal:

- Revisión del cárter y del eje de camones.
- Engrase del alternador (generador de cola).
- Lavado de turbo lado de aire.
- Lavado de turbo lado de gases.
- Cambio de aceite y revisión de filtro del regulador.
- Limpieza filtro de aspiración de aceite de la reductora.
- Toma de presiones.
- Sustitución de juntas de las tapas del motor (balancines, eje de camones y cigüeñal).

Para finalizar, después de haber clasificado y nombrado todos los trabajos relacionados con el motor principal, veremos imágenes de algunos de ellos.





*Ilustración 193. Lubricación de las cremalleras. Elaboración propia.*



*Ilustración 194. Revisión de las bombas de inyección. Elaboración propia.*



*Ilustración 195. Muestras de aceite fin de mes. Elaboración propia.*



**OPERACIÓN DE VALVULAS**

Abrir:

SW-18 SW-19 SW-22 SW-23

Cerrar:

SW-17 SW-20 SW-21 SW-24

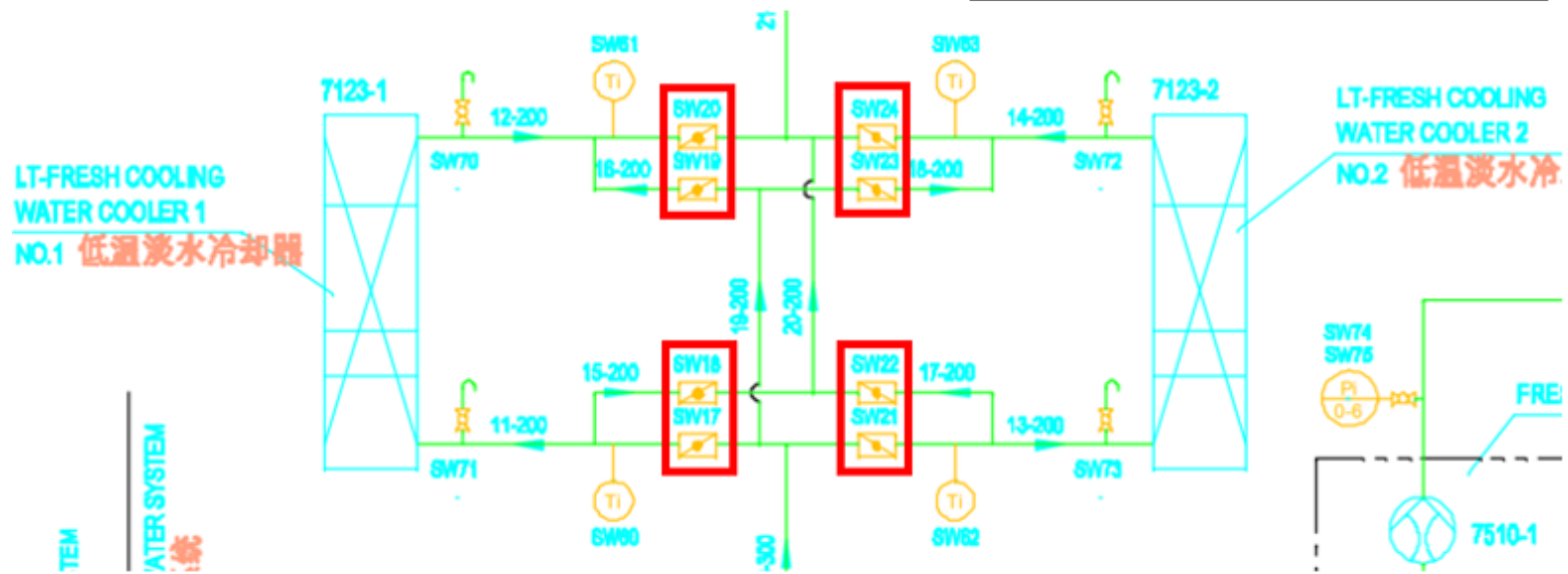


Ilustración 196. Contraflujo de los enfriadores del sistema de baja temperatura. Fuente: Planos de la sala de máquinas.



Ilustración 197. Limpieza de placas del evaporador. Elaboración propia.



Ilustración 199. Limpieza de placas del enfriador de alta temperatura. Elaboración propia.

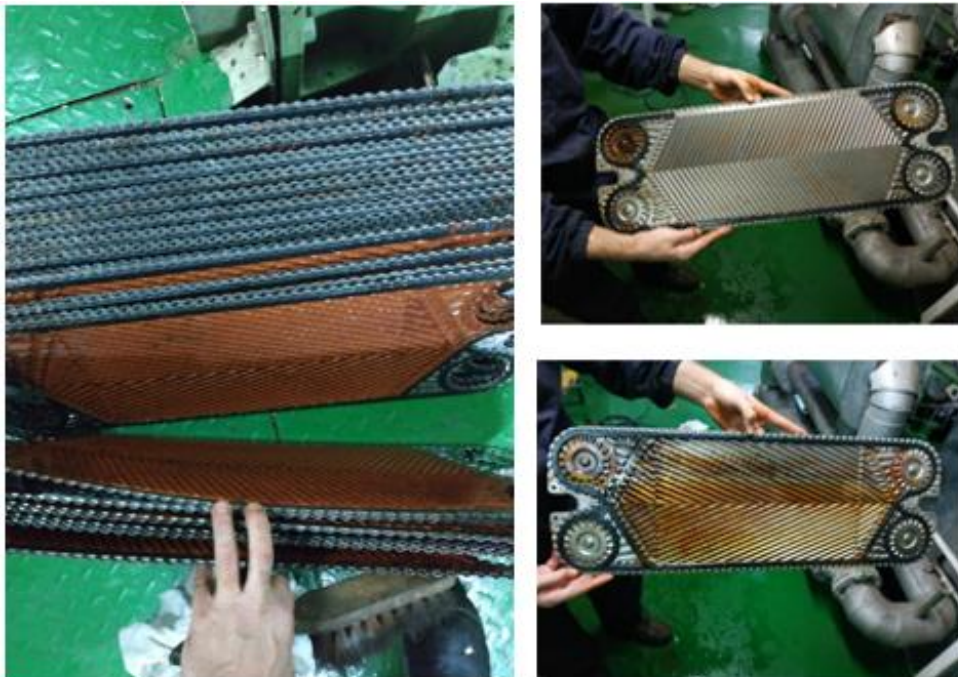


Ilustración 198. Limpieza de placas del evaporador, antes y después. Elaboración propia.





*Ilustración 201. Limpieza filtros de aspiración de los turbosoplantes. Elaboración propia.*



*Ilustración 200. Cambio de filtrinas motor principal. Elaboración propia.*

MANTENIMIENTO COMPRESORES	
1.000 horas	Cambio de aceite.
	Limpieza filtro aspiración de aire.
2.000 horas	Cambio de válvulas (etapas).
4.000 horas	Cambio de aros, bulones y cojinetes.
	Limpieza enfriador y separador.

Tabla 38. Mantenimiento de compresores. Elaboración propia.



Ilustración 203. Etapas de baja y alta presión sustituidas. Elaboración propia.



Ilustración 202. Filtro de aire de la etapa de baja presión. Elaboración propia.



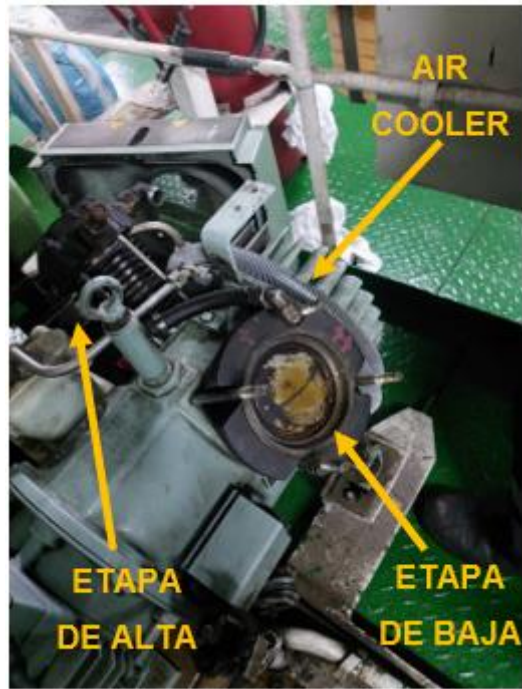


Ilustración 205. Mantenimiento de compresor. Elaboración propia.



Ilustración 204. Despiece compresor, parte 1. Elaboración propia.



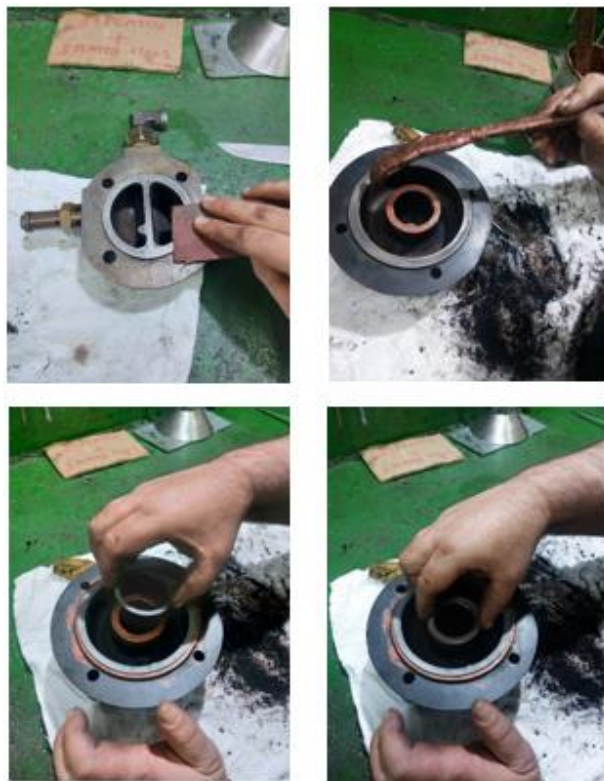


Ilustración 207. Despiece compresor, parte 2. Elaboración propia.



Ilustración 206. Filtro automático del módulo de combustible. Elaboración propia.

MANTENIMIENTO DEPURADORAS	
4.000 horas	Cambio de aceite.
	Limpieza del bolo y cambio de tóricas.
8.000 horas	Cambio de rodamientos eje vertical.
	Cambio casquillo elastometálico.
16.000 horas	Cambio rodamientos embrague centrifugo.
48.000 horas	Cambio amortiguadores de vibraciones.

Tabla 39. Mantenimiento de depuradoras. Elaboración propia.



Ilustración 208. Desmontaje de depuradoras. Elaboración propia.





Ilustración 209. Limpieza elementos del bolo, parte 1. Elaboración propia.



Ilustración 210. Limpieza elementos del bolo, parte 2. Elaboración propia.



*Ilustración 211. Embrague motor de la depuradora. Elaboración propia.*



*Ilustración 212. Depuradora desmontada. Elaboración propia.*



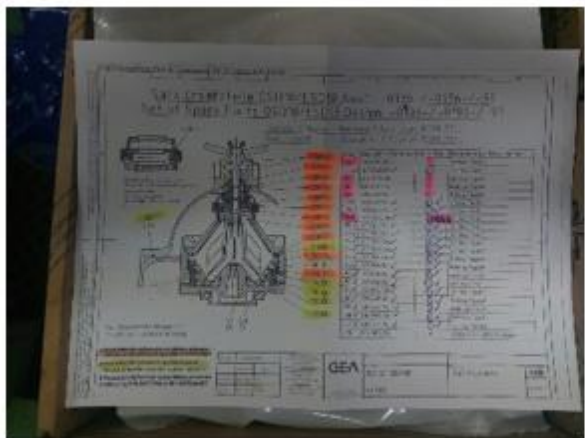


Ilustración 214. Kit de tóricas para sustitución. Elaboración propia.



Ilustración 213. Lavado de turbo, lado de gases. Elaboración propia.





*Ilustración 216. Análisis de agua de los enfriadores. Elaboración propia.*



*Ilustración 215. Limpieza filtro aceite de reductora. Elaboración propia.*



*Ilustración 217. Útil para la toma de presiones. Trabajo de campo.*

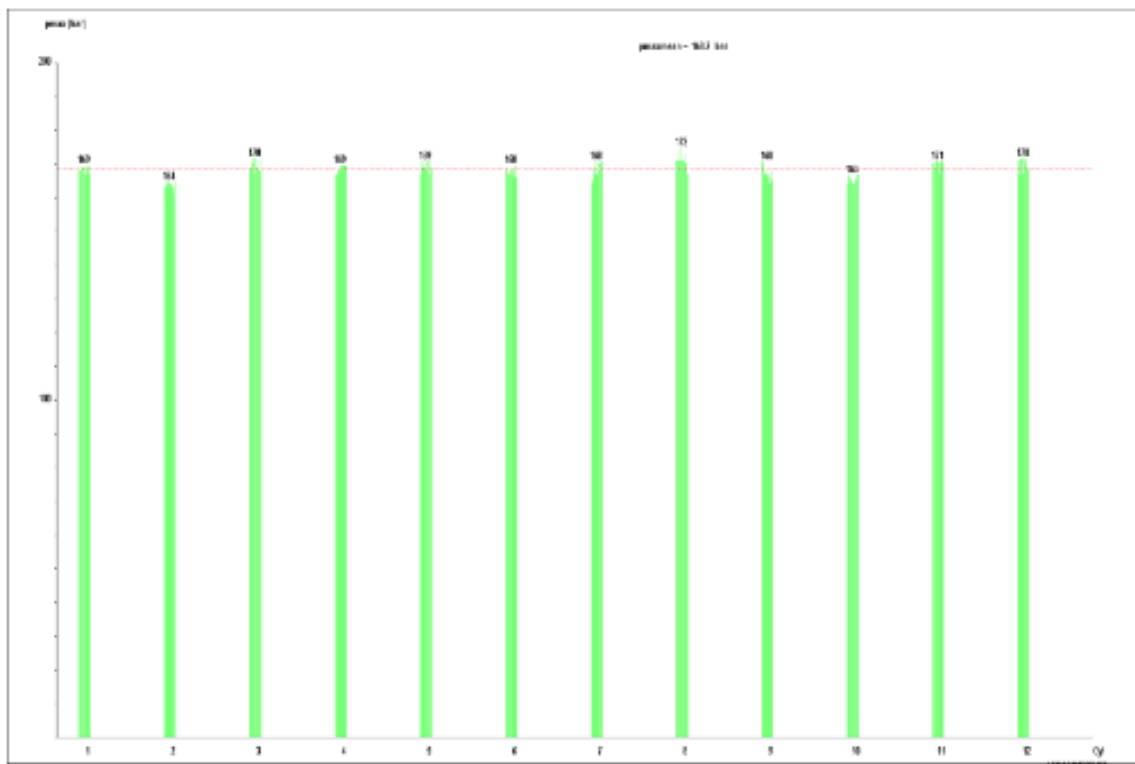


Ilustración 219. Resultado de la toma de presiones. Fuente: Resultados finales de las tomas de presiones.



Ilustración 218. Tapas de balancines, eje de camones y cigüeñal. Elaboración propia.





*Ilustración 221. Sustitución de juntas de las tapas del motor. Elaboración propia.*



*Ilustración 220. Revisión cigüeñal. Elaboración propia.*



*Ilustración 222. Revisión árbol de levas. Elaboración propia.*



*Ilustración 223. Revisión de motor principal. Elaboración propia.*





## **VI. Conclusiones**

## VI. CONCLUSIONES

### 6.1. Conclusiones

Debido a la extensión de este trabajo de investigación, podríamos realizar una lista interminable de conclusiones que podríamos sacar. Personalmente, si tuviera que enfocarme en las conclusiones a las que he llegado tanto en los nueve meses de embarque, como en la realización de este trabajo, serían las siguientes.

Como hemos visto en el capítulo de antecedentes históricos, hay muchísimos sistemas que necesitamos mantener para garantizar el buen funcionamiento del buque. Para lograr este objetivo, considero que se debe mantener cierta organización, que solo se consigue de una manera, y es manteniendo la comunicación con todos los miembros del departamento. De esta forma conseguiremos organizar los trabajos, estar al día de los repuestos que hacen falta (para tener respetos en stock) o simplemente, saber si algún tripulante ha sentido algo diferente en la sala de máquinas. Un ejemplo de esto último es que, en mi periodo de embarque llegué a descubrir una avería por el simple hecho de que tenía más calor en una de las zonas de trabajo.

En cuanto a los sistemas esenciales del motor principal, me gustaría decir que gracias a la investigación que he realizado para poder dar lugar a este proyecto, he llegado a comprender con más profundidad la importancia que tiene cada sistema esencial para el funcionamiento de nuestro motor. Además, durante el proceso que me ha llevado a comprender los sistemas básicos de este motor, siento que he adquirido muchas más habilidades, las cuales ahora ya puedo aplicar a otro tipo de motores. Con esto me refiero a la interpretación de planos de una manera más profesional, interpretación de manuales o simplemente ir de manera personal siguiendo líneas de tuberías cuando tenía dudas (es muy comfortable que uno mismo pueda encontrar respuestas a los problemas de una manera visual).

Enfocándonos en otro apartado importante del tema, creo que es necesario y sin excepción alguna llevar al día los mantenimientos de todos los elementos de la máquina. Muchas veces, por falta de tiempo y de personal, se retrasan los trabajos de mantenimiento para dar prioridad a otras tareas. Considero que esto es un grave error, ya que por no realizar un mantenimiento preventivo a un equipo cuando lo necesita, posteriormente puede que debamos aplicar un mantenimiento correctivo, lo que quizás podría haber dado lugar a daños mayores y, por tanto, generar también un mayor gasto económico para su reparación.

Aunque quizás no tenga que ver directamente con el tema del proyecto, creo que siempre es fundamental tener en mente la seguridad en todos los aspectos. Usar las herramientas adecuadas para cada trabajo, hacer el uso de los EPI'S que se nos proporciona, trabajar en condiciones de seguridad, familiarizarse con el MGS o incluso tener conocimientos sobre normativas como el SOLAS. Todo esto puede hacer que el trabajo de los tripulantes a bordo se haga de una manera más correcta y segura.

Para concluir este apartado, creo que una de las conclusiones más claras que he sacado a lo largo de este año es que en el mundo naval, nunca se está preparado al cien por cien. Pienso esto porque considero que siempre estamos en un aprendizaje constante, cada día adquirimos algo nuevo, incluso compañeros que llevan en esta profesión más de veinte años me han transmitido lo mismo. Un ejemplo de esto puede ser que, con el paso de los años, las máquinas se fabrican con una mayor tecnología, hablando de características como la programación o la informatización, a la que nos tenemos que adaptar. Por otro lado, también tenemos un compromiso con el medioambiente, y también tenemos que estar constantemente aprendiendo de este tema, ya que con frecuencia se van actualizando las normativas. Para ver un ejemplo claro de esto último, podemos ver como en la última década los buques han tenido que ir adaptándose al MARPOL, donde una de sus tantas actualizaciones ha sido ir disminuyendo el porcentaje de azufre en los combustibles pesados o la implementación de las zonas ECA.





## VII. Bibliografía

## VII. BIBLIOGRAFIA

### 7.1. Bibliografía

- s.f. <https://www.bollfilter.com/es/aplicaciones/filtracion-para-motores/barcos-sistemas-de-aceite-lubricante-para-motores>.
- s.f. <https://www.centramar.es/sistemas-de-propulsion-en-buques/>.
- s.f. <https://www.kelvion.com/es/sectoresindustriales/industria/maritimo/>.
- s.f. <https://coterena.es/shop/depuradora-westfalia-ttv/>.
- s.f. <https://www.seyber.com/pdf/Sistemas-de-arranque-por-aire-comprimido.pdf>.
- s.f. <https://www.emerson.com/es-es/automation/fluid-control-pneumatics/merchant-marine>.
- s.f. <https://lubricantesindustriales.cl/lubricantes-para-barcos/#:~:text=Para%20lograr%20esto%20debemos%20conocer,son%20aceites%20de%20alta%20densidad>.
- s.f. <https://www.u-historia.com/uhistoria/tecnico/visitaguiada/hidraulicos/hidraulicos.htm>.
- s.f. <https://www.mordorintelligence.com/es/industry-reports/marine-lubricants-market>.
- s.f. <https://electrotechnical-officer.com/ships-primary-essential-services/>.
- s.f. [https://www.researchgate.net/figure/Sulphur-content-of-different-types-of-fuel-oil-Source-Khan-et-al-63\\_fig2\\_353346196](https://www.researchgate.net/figure/Sulphur-content-of-different-types-of-fuel-oil-Source-Khan-et-al-63_fig2_353346196).
- s.f. [https://www.cosasdebarcos.com/accesorio\\_nautico\\_53281070180654706551526556574570.html](https://www.cosasdebarcos.com/accesorio_nautico_53281070180654706551526556574570.html).
- s.f. <https://www.euroinnova.edu.es/modulo-formativo-mf05411-motores-de-combustion-interna-y-maquinas-y-equipos-auxiliares-del-buque>.
- s.f. <https://pronautictc.com/funcionamiento-motor-diesel-marino/>.
- Anish, Por. 20 de junio de 2019. <https://www.marineinsight.com/marine-safety/8-maritime-systems-that-ensures-ship-safety-and-security/>.
- CAT Finanzauto. s.f. [http://www.finanzauto.es/images/documentos/productos/soluciones\\_energeticas\\_propulsion/marino/catalogo\\_mak](http://www.finanzauto.es/images/documentos/productos/soluciones_energeticas_propulsion/marino/catalogo_mak).

Gimeno, Patricio. 27 de mayo de 2021. <https://www.idolz.com/2021/05/27/sistema-de-refrigeracion-del-motor-como-funciona-y-componentes-principales/>.

Granell, Alicia. *RO-DES*. 13 de enero de 2015. <https://www.ro-des.com/blog/tipos-de-motores-y-sus-caracteristicas/> (último acceso: 15 de mayo de 2023).

*Mak*. s.f. <https://www.makmed.fr/en/moteurs/moteurs-mak/vm32-generator-set/>.

*OMI*. s.f. [https://www.imo.org/es/About/Conventions/Pages/International-Convention-for-the-Prevention-of-Pollution-from-Ships-\(MARPOL\).aspx](https://www.imo.org/es/About/Conventions/Pages/International-Convention-for-the-Prevention-of-Pollution-from-Ships-(MARPOL).aspx).

*OMI*. s.f. [https://www.imo.org/es/About/Conventions/Pages/International-Convention-for-the-Safety-of-Life-at-Sea-\(SOLAS\)%2C-1974.aspx](https://www.imo.org/es/About/Conventions/Pages/International-Convention-for-the-Safety-of-Life-at-Sea-(SOLAS)%2C-1974.aspx).

Soutullo, Roberto García. 21 de junio de 2016. <https://ingenieromarino.com/definicion-partes-estructura-del-buque/>.

Vidal, Carlos Rodríguez. s.f. <https://tecnologia-maritima.blogspot.com/2019/09/motor-mak-m25.html>.

Yakynin, Krill. s.f. <https://gurtam.com/es/blog/wialon-float-out-fuel-control-on-a-bulk-carrier-ship>.



## **VIII. Anexos**



## VIII. ANEXOS

### 01.- Anexo 1. Arranque / parada del generador de emergencia.

#### ARRANQUE DEL AUXILIAR DE EMERGENCIA:

##### Antes De Arranque con palanca o eléctrico:

- A- Solo Caso test: Poner el auxiliar en local (panel del Auxiliar Fig B) y el selector de acople en manual (1) (cuadro eléctrico de emergencia Fig A).



Figura A

Figura B

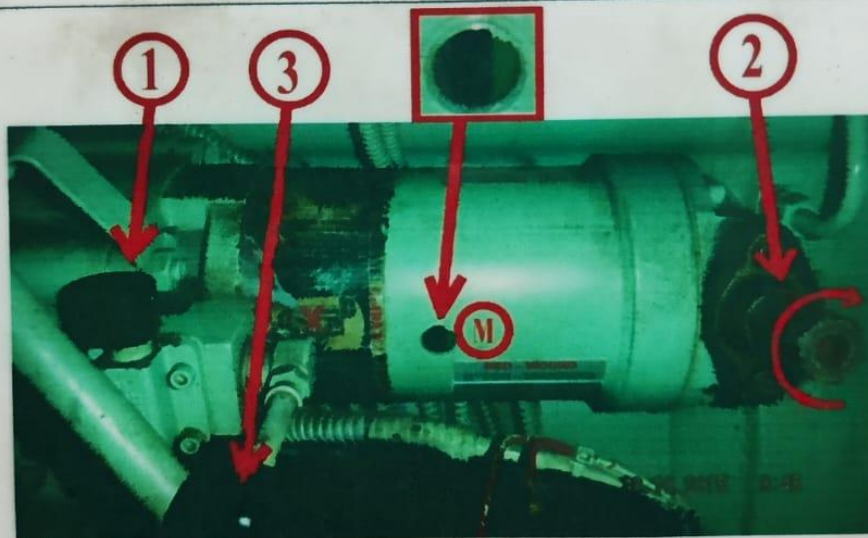
##### Arranque Manual Con Palanca:

- 1-Pulsar el botón (1) para rearmar. Sonara un tic.
- 2-Colocar la manivela y girar según punto (2), hasta que la merilla (M) cambia de verde a blanca.
- 3-Quitar la manivela de giro, y pulsar la palanca de arranque (3).

##### Arranque Manual Con el Motor Eléctrico:

En caso de test antes de arrancar proceder según el punto A.

- 1-Colocar el interruptor de la figura B en local.
- 2-Pulsar el botón START Figura B para arrancar



#### SIMULACIÓN DE ARRANQUE DEL AUXILIAR DE EMERGENCIA

En este caso solo hay que dar a la llave que está dentro del armario, de 0 a 1.

Para finalizar: Parar primero el auxiliar y luego poner la llave en 0





03.- Anexo 3. PO-702/Entrada en espacios cerrados (III).

	<p align="center"><b>MANUAL DE GESTIÓN DE SEGURIDAD</b> <b>BERNHARD SCHULTE CANARIAS, S.A.U</b></p> <p>Capítulo 7: Elaboración de Planes para las Operaciones de a bordo. Nº Doc.: PO.702/Entrada en espacios cerrados</p>
---	--

**ANEXO III**

**PERMISO DE ENTRADA EN LOCAL CO2**

- ¿Se ha informado a los oficiales de guardia de puente y máquinas de que se va a entrar en el local del CO2?  Sí  No
- ¿Se ha conectado el extractor?  Sí  No
- ¿Se ha abierto el acceso y se ha ventilado ampliamente?  Sí  No
- ¿Se ha previsto la necesidad de ventilar continuamente?  Sí  No
- ¿El personal que va a entrar va equipado con un detector de oxígeno y conoce su funcionamiento?  Sí  No
- En caso de considerarse necesario, ¿llevan trajes de protección adecuados las personas que vayan a entrar?  Sí  No
- En caso de duda, el Oficial responsable ha consultado con el Jefe de Departamento correspondiente y/o el Capitán?  Sí  No

**OBSERVACIONES**

Buque:

Fecha:

Hora:

Cargo:

Firma:

**Fin de trabajo o inspección local:**

- ¿Se ha cerrado la puerta del local con candado?  Sí  No
- ¿Está la alarma de apertura del acceso al local conectada?  Sí  No

Buque:

Fecha:

Hora:

Cargo:

Firma:



---

04.- Anexo 4. Procedimiento de accionamiento de CO2 de manera manual.

# MANDLES FOR CYLINDER VALVES

## SISTEMA DE EMERGENCIA CO-2

EN CASO DE FALLO EN LA OPERACIÓN DEL SISTEMA DESDE LAS CABINAS DE LIBERACIÓN SITUADAS EN LA ESTACIÓN DE INCENDIOS, EL SISTEMA PUEDE ACTIVARSE MANUALMENTE SIGUIENDO ESTOS PROCEDIMIENTOS:

1.- EVACUE A TODO EL PERSONAL DEL ESPACIO SINIISTRADO.

2.- APAGUE VENTILADORES. CIERRE TODAS LAS PUERTAS Y ENTRADAS DE AIRE.

### DENTRO DEL SISTEMA DE CO-2:

3.- ABRA MANUALMENTE LA VÁLVULA CORRESPONDIENTE AL ESPACIO DE FUEGO. EN ESE MISMO MOMENTO SE ACTIVARÁ LA ALARMA DE CO-2 EN EL ESPACIO SINIISTRADO.

4.- COJA UNO DE LOS MANDOS DE LIBERACIÓN MANUAL QUE SE ENCUENTRA EN LA PLACA ROJA Y ABRA LAS VÁLVULAS DE LAS BOTELLAS CORRESPONDIENTES, INSERTÁNDOLOS EN LA PARTE SUPERIOR DE LA VÁLVULA Y TIRANDO PARA ABRIRLA.

5.- EL GAS CO-2 YA ESTA SIENDO LIBERADO HACIA EL ESPACIO INCENDIADO.

## 05.- Anexo 5. Instrucciones de operación del sistema de CO<sub>2</sub>.

### INSTRUCCIONES DE FUNCIONAMIENTO SISTEMA DE EXTINCIÓN DE FUEGO UNITOR CO<sub>2</sub>

LOS SIGUIENTES ESPACIOS ESTÁN PROTEGIDOS POR EL SISTEMA CENTRAL CO<sub>2</sub>

SALA DE MOTORES: 16 CILINDROS  
SALA DEL MOTOR AUXILIAR: 1 CILINDRO  
SALA DEL PURIFICADOR: 1 CILINDRO

LA SALA DE LOS CILINDROS DE CO<sub>2</sub> ESTÁ UBICADA EN EL PASO DE LA CUBIERTA DE ESTRIBOR CON CABINAS DE LIBERACIÓN A DISTANCIA SITUADAS EN EL ESPACIO TÉCNICO

#### EN CASO DE FUEGO EN LA SALA DE MOTORES Y SALA DEL MOTOR AUXILIAR.

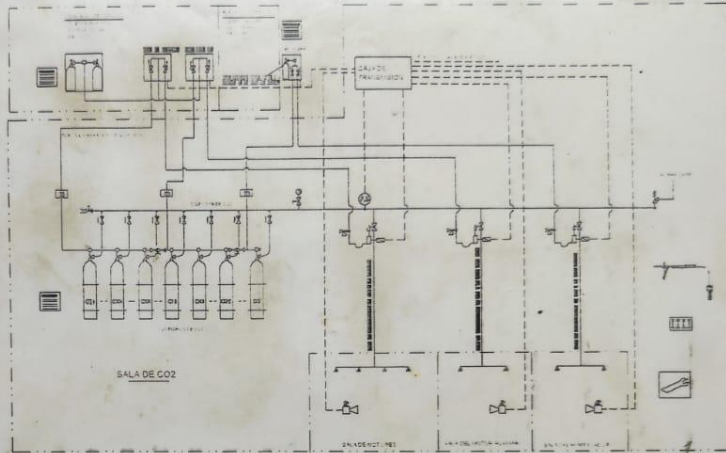
CUANDO EL FUEGO EN EL ESPACIO PROTEGIDO NO PUEDE EXTINGUIRSE CON EXTINTORES DE FUEGO PORTÁTILES

1. EVACUE A TODO EL PERSONAL DEL ESPACIO PROTEGIDO
2. APAGUE EL VENTILADOR DE LA VENTILACIÓN. CIERRE TODAS LAS PUERTAS Y ENTRADAS DE AIRE.
3. VAYA A LA ESTACIÓN DE LIBERACIÓN. ABRA EL ARMARIO DE LIBERACIÓN DE LA VÁLVULA MARCADA CON EL NOMBRE DEL ESPACIO CON FUEGO. - SE ACTIVARÁ LA ALARMA DE CO<sub>2</sub> EN EL ESPACIO PROTEGIDO.
4. BAJE LOS DOS MANDOS DE LAS VÁLVULAS. COJA LA Llave Y ABRA EL ARMARIO DE SUMINISTROS.
5. ABRA CUALQUIERA DE LOS CILINDROS DEL PILOTO EN LA CABINA DE LIBERACIÓN GIRANDO LA VÁLVULA EN SENTIDO CONTRARIO.
6. EL SISTEMA YA ESTÁ EN FUNCIONAMIENTO. LA UNIDAD DE RETARDO DE TIEMPO ATRASARÁ LA OPERACIÓN DE LAS VÁLVULAS SUPERIORES DE LOS CILINDROS DE CO<sub>2</sub>. TRAS EL TIEMPO ESTABLECIDO EL GAS CO<sub>2</sub> SERÁ LIBERADO EN EL ESPACIO PROTEGIDO.
7. VAYA A LA SALA DE CO<sub>2</sub>. COMPRUEBE QUE EL NÚMERO DE CILINDROS DE CO<sub>2</sub> REQUERIDO HA SIDO DESCARGADO Y QUE LA VÁLVULA PRINCIPAL CORRECTA ESTÁ ABIERTA. SI NO ES ASÍ, ÁBRALA MANUALMENTE USANDO EL MANDO (INCLUIDO EN LA PLACA ROJA).

#### EN CASO DE FUEGO EN LA SALA DEL PURIFICADOR.

CUANDO EL FUEGO EN EL ESPACIO PROTEGIDO NO PUEDE EXTINGUIRSE CON EXTINTORES DE FUEGO PORTÁTILES.

1. EVACUE A TODO EL PERSONAL DEL ESPACIO PROTEGIDO.
2. APAGUE EL VENTILADOR DE LA VENTILACIÓN. CIERRE TODAS LAS PUERTAS Y ENTRADAS DE AIRE.
3. VAYA A LA ESTACIÓN DE LIBERACIÓN. ABRA LA CABINA DE LIBERACIÓN MARCADA CON EL NOMBRE DEL ESPACIO EN FUEGO. - SE ACTIVARÁ LA ALARMA DE CO<sub>2</sub> EN EL ESPACIO PROTEGIDO.
4. BAJE LOS DOS MANDOS DE LAS VÁLVULAS.
5. ABRA EL CILINDRO PILOTO EN EL ARMARIO DE LIBERACIÓN GIRANDO LA VÁLVULA EN SENTIDO CONTRARIO.
6. EL SISTEMA YA ESTÁ EN FUNCIONAMIENTO. LA UNIDAD DE RETARDO DE TIEMPO ATRASARÁ LA OPERACIÓN DE LAS VÁLVULAS SUPERIORES DE LOS CILINDROS DE CO<sub>2</sub>. TRAS EL TIEMPO ESTABLECIDO EL GAS CO<sub>2</sub> SERÁ LIBERADO EN EL ESPACIO PROTEGIDO.
7. VAYA A LA SALA DE CO<sub>2</sub>. COMPRUEBE QUE EL NÚMERO DE CILINDROS DE CO<sub>2</sub> REQUERIDO HA SIDO DESCARGADO Y QUE LA VÁLVULA PRINCIPAL CORRECTA ESTÁ ABIERTA. SI NO ES ASÍ, ÁBRALA MANUALMENTE USANDO EL MANDO (INCLUIDO EN LA PLACA ROJA).



#### OPERACIÓN DE EMERGENCIA (SÓLO EN LA SALA DE CO<sub>2</sub>)

EN CASO DE FALLO EN LA OPERACIÓN DEL SISTEMA DESDE LA CABINA DE LIBERACIÓN SITUADA EN LA ESTACIÓN DE INCENDIOS, EL SISTEMA PUEDE ACTIVARSE MANUALMENTE SIGUIENDO ESTOS PROCEDIMIENTOS

1. EVACUE A TODO EL PERSONAL DEL ESPACIO PROTEGIDO
2. APAGUE EL VENTILADOR DE LA VENTILACIÓN. CIERRE TODAS LAS PUERTAS Y ENTRADAS DE AIRE.
3. ABRA MANUALMENTE LA VÁLVULA PRINCIPAL CORRESPONDIENTE AL ESPACIO EN FUEGO. - SE ACTIVARÁ LA ALARMA DE CO<sub>2</sub> EN EL ESPACIO PROTEGIDO.
4. COJA EL MANDO DE LIBERACIÓN MANUAL DE LA PLACA ROJA Y ABRA LA VÁLVULA DE CILINDROS DE CO<sub>2</sub> INSERTÁNDOLO EN LA VÁLVULA SUPERIOR DEL CILINDRO Y TIRANDO PARA ABRIRLA.
5. EL GAS CO<sub>2</sub> ESTÁ BIENDO LIBERADO EN EL ESPACIO PROTEGIDO

#### AVISO: EL GAS CO<sub>2</sub> ELIMINA EL OXÍGENO

CUANDO EL FUEGO SE HAYA EXTINGUIDO, VENTILE BIEN EL ESPACIO. CUALQUIER PERSONA QUE VUELVA A ENTRAR EN EL ESPACIO DEBE LLEVAR UN APARATO DE RESPIRACIÓN AUTÓNOMA HASTA QUE EL NIVEL DE OXÍGENO SE HAYA RESTABLECIDO A 20.8%.

#### AVISO !!!

NO REALICE LA LIBERACIÓN HASTA QUE EL PERSONAL HAYA ABANDONADO EL ESPACIO EN FUEGO. LA VENTILACIÓN HAYA SIDO CERRADA Y EL ESPACIO HAYA SIDO SELLADO.

ANTES DE INUNDAR CON CO<sub>2</sub>, CIERRE LA VENTILACIÓN Y LAS ENTRADAS DE AIRE. ABRA PRIMERO LA VÁLVULA DE DISTRIBUCIÓN. LUEGO LAS VÁLVULAS DE LOS CILINDROS.

Customer	DATE of issue	Issue by	Place of issue	Issue	Qty. unit	<b>UNITOR</b> Unitor ASA
MA WEI SHIPYARD CHINA	27 JAN 2005	RCH	SHA	N.T.S.	A3	
Model no:	DATE of issue	Checked by	DATE of issue	Approved by	Drawing no.	
VMW433-1/2/3	27 JAN 2005	LPA	27 JAN 2005		14579-07B	
Order no:	Order no.	Issue by	Checked by	Approved by		
CHP-4841/43/45	01					

OPERATION INSTRUCTION  
(SPANISH)

HIGH PRESSURE CO<sub>2</sub> SYSTEM, type LUX.



---

---

## **Permiso de divulgación del Trabajo Final de Grado**

El alumno **Taylor De Luis Plasencia**, autor del trabajo final de Grado titulado “**Sistemas esenciales del motor MAK 12VM32C**”, y tutorizado por la profesora **M<sup>a</sup> Del Cristo Adrián de Ganzo**, a través del acto de presentación de este documento de forma oficial para su evaluación (registro en la plataforma de TFG), manifiesta que **PERMITE** la divulgación de este trabajo, una vez sea evaluado, y siempre con el consentimiento de su/s tutor/es, por parte de la Escuela Politécnica Superior de Ingeniería, del Departamento de Ingeniería Civil, Náutica y Marítima y de la Universidad de La Laguna, para que pueda ser consultado y referenciado por cualquier persona que así lo estime oportuno en un futuro.

Esta divulgación será realizada siempre que ambos, alumno y tutor/es del Trabajo Final de Grado, den su aprobación. Esta hoja supone el consentimiento por parte del alumno, mientras que el profesor, si así lo desea, lo hará constar en futuras reuniones, una vez finalizado el proceso de evaluación del mismo.



