



Escuela técnica superior de náutica, máquinas y radioelectrónica naval de la  
Universidad de La Laguna.

TRABAJO DE FIN DE GRADO

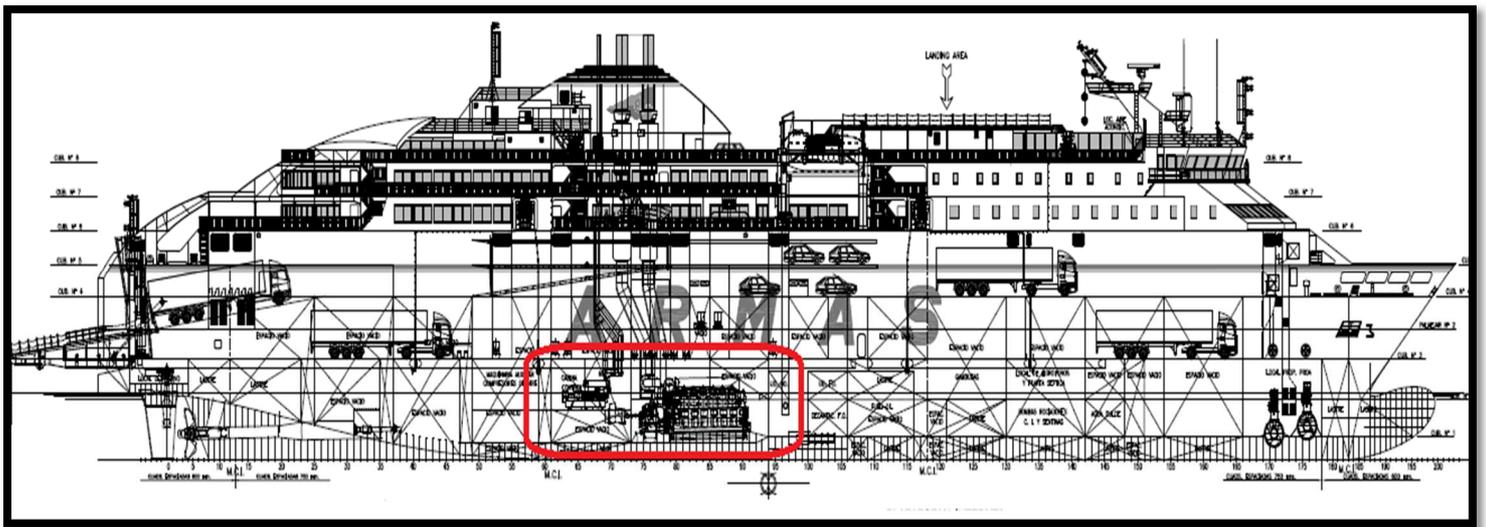
**CIRCUITOS BÁSICOS Y ESENCIALES DE LOS MCI DEL BUQUE  
VOLCÁN DE TAMADABA**

JOSUÉ EXPÓSITO MARTÍN

JUNIO 2017



# “Sistemas esenciales de los motores principales a bordo del buque Volcán de Tamadaba”



**Nombre de los directores:**

Federico Padrón Martín

Servando Luis León

**Nombre:** Josué Expósito Martín

**Grado:** Tecnologías Marinas

**Junio 2017**



Dr. Don Federico Padrón Martín, Profesor Ayudante Doctor asociado del área de Ingeniería de los Procesos de Fabricación, perteneciente a la unidad departamental de Ingeniería Marítima de la Universidad de la Laguna certifica que:

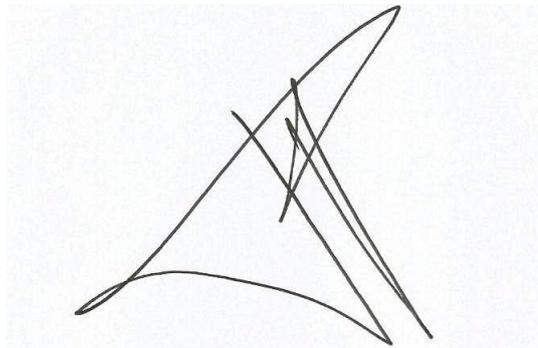
D. Josué Expósito Martín, ha realizado el trabajo fin de grado bajo mi dirección con el título:

“CIRCUITOS BÁSICOS Y ESENCIALES DE LOS MCI A BORDO DEL  
BUQUE VOLCÁN DE TAMADABA”

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 efectos oportunos, expedido y firmo el presente certificado.

En Santa Cruz de Tenerife a 15 de Junio de 2017.

A handwritten signature in black ink, consisting of several overlapping loops and lines, set against a light blue background.

Fdo. Federico Padrón Martín

Director del trabajo de fin de grado.



Dr. Don Servando Luis León, Profesor Ayudante Doctor asociado del área de Ingeniería de los Procesos de Fabricación, perteneciente a la unidad departamental de Ingeniería Marítima de la Universidad de la Laguna certifica que:

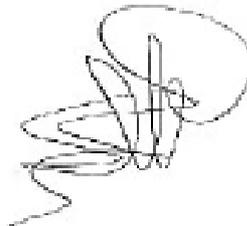
D. Josué Expósito Martín, ha realizado el trabajo fin de grado bajo mi dirección con el título:

“CIRCUITOS BÁSICOS Y ESENCIALES DE LOS MCI A BORDO DEL  
BUQUE VOLCÁN DE TAMADABA”

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 efectos oportunos, expedido y firmo el presente certificado.

En Santa Cruz de Tenerife a 15 de Junio de 2017.



Fdo. Servando Luis León

Director del trabajo de fin de grado.



### **Agradecimientos:**

La realización de este proyecto no habría sido posible sin la ayuda y guía de los profesores Dr. Don Federico Padrón Martín y al Dr. Servando Luis León, ambos profesores asociados al área de conocimiento de Ingeniería de los Procesos de Fabricación.

Agradecer también a todos los profesores de la Facultad de Náutica, Máquinas y Radioelectrónica Naval, que a lo largo de estos años me han ayudado y enseñado en materias que, quedan plasmadas a lo largo de este proyecto.

Dar las gracias también a NAVIERA ARMAS por haberme brindado la posibilidad de realizar las prácticas en uno de sus barcos, y sobre todo dar las gracias a las grandes personas y profesionales que forman la tripulación del Volcán de Tamadaba. En primer lugar, por el trato recibido, así como la disposición de cada uno de los trabajadores en cualquier momento, para resolver mis dudas.

Y segundo, por haberme enseñado el uso que tienen gran parte de los temarios dados durante la carrera en la vida profesional, así como el haberme mostrado nuevas técnicas, conceptos, materiales, y formas de trabajar, las cuáles guardaré de por vida

Y por último y más importante gracias a mi familia, quienes han confiado en mí en todo momento. Y sin su ayuda y apoyo nada de esto hubiera sido posible. Y a mis compañeros, ya que, sin ellos, en muchas ocasiones el camino habría sido muchísimo más complicado.



## ÍNDICE

<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>15</b>
<b>II. OBJETIVOS.....</b>	<b>19</b>
<b>III. REVISIÓN Y ANTECEDENTES.....</b>	<b>23</b>
3.1 NAVIERA ARMAS .....	23
3.2 FLOTA Y RUTAS ACTUALES.....	28
3.3 DESCRIPCIÓN DEL BUQUE.....	30
3.3.1 MOTORES PRINCIPALES.....	32
3.3.2 REDUCTORA.....	37
3.3.3 ALTERNADORES DE COLA .....	40
<b>IV. METODOLOGÍA.....</b>	<b>45</b>
4.1 DOCUMENTACION BIBLIOGRAFICA .....	45
4.2 METODOLOGIA DEL TRABAJO DE CAMPO.....	45
4.3 MARCO REFERENCIAL.....	45
<b>V. RESULTADOS.....</b>	<b>49</b>
5.1 ESQUEMA SALA DE MÁQUINAS.....	49
5.1.1 CUBIERTA N°1 .....	49
5.1.2 CUBIERTA N°2 .....	51
5.2 SISTEMA DE COMBUSTIBLE.....	52
5.2.1 SISTEMA DE INYECCIÓN.....	54
5.2.2 ELEMENTOS EXTERNOS. ....	56
5.3 SISTEMA DE LUBRICACIÓN.....	61
5.3.1 LUBRICACIÓN EN PUNTOS ESPECIALES.....	63
5.3.2 ELEMENTOS EXTERNOS. ....	64
5.4 SISTEMA DE AGUA DE REFRIGERACIÓN .....	70
5.4.1 CIRCUITO DE AT.....	72
	<b>11</b>

5.4.2	CIRCUITO DE BT.....	73
5.4.3	ELEMENTOS EXTERNOS. ....	75
5.5	SISTEMA DE AGUA SALADA .....	82
5.6	SISTEMA DE AIRE DE ARRANQUE. ....	84
5.6.1	DISTRIBUIDOR DE AIRE DE ARRANQUE.....	85
5.6.2	VÁLVULA DE ARRANQUE. ....	86
5.6.3	ELEMENTOS EXTERNOS. ....	87
5.6.4	SISTEMA NEUMÁTICO DE ARRANQUE. ....	92
<b>VI.</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>101</b>
<b>VII.</b>	<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>105</b>

# I. INTRODUCCIÓN



## I. INTRODUCCIÓN

En este trabajo queda representado el periodo de embarque que he realizado a bordo del buque VOLCÁN DE TAMADABA de la compañía NAVIERAS ARMAS S.A. Durante este tiempo me di cuenta de la importancia que tiene conocer el barco al completo, pero sobre todo el saber donde esta cada cosa para ir más rápido en caso de emergencia. Por eso decidí realizar mi trabajo sobre los sistemas esenciales de los motores principales ya que es uno de los equipos más importante y el conocimiento de estos sistemas nos ayudará mucho a la hora de resolver ciertos problemas.

En el capítulo de *Objetivos*, tratamos de recoger los principales objetivos que se pretenden alcanzar a lo largo de este trabajo.

En el capítulo de *Revisión y antecedentes* hablaremos de cómo surgió y evolucionó con los años la naviera y las características del buque.

En el capítulo de *Metodología* he incluido tres apartados, documentación bibliográfica, metodología del trabajo de campo y el marco referencial. Sobre este marco referencial decir que todo el estudio y datos obtenidos ha sido a bordo del buque VOLCÁN DE TAMADABA.

En el capítulo de *Resultados* son la parte principal y la más importante donde describiremos cada uno de los sistemas esenciales para el funcionamiento de los motores principales.

En el sexto capítulo de este trabajo de fin de grado *Conclusiones*, he mostrado las conclusiones que se han obtenido de la doble experiencia tanto la profesional como la académica en el desarrollo del trabajo de fin de grado.

En el capítulo de *Bibliografía* reúne los manuales y referencias web (webbibliográficas) que he usado en relación al contenido de este trabajo de fin de grado.

**PALABRAS CLAVE:** circuito de aire, circuito de agua, circuito de combustible, circuito de aceite, circuito de agua salada.

## ABSTRACT

### I. INTRODUCTION

In this project is represented the shipment period that I have carried out on board the ship VOLCÁN DE TAMADABA of the company NAVIERAS ARMAS S.A. During this time, I realized the importance of knowing the whole boat, but above all the know where everything is to be faster in case of emergency. That is why I decided to do my work on the essential systems of the main engines as it is one of the most important component and the knowledge of these systems will help us a lot when solving certain problems.

In the chapter on **Objectives**, we try to collect the main objectives that are intended to be achieved throughout this work.

In the chapter **Review and Background**, we will discuss how the company emerged and evolved the shipping company over the years and the characteristics of the ship.

The **Methodology** includes three sections, bibliographical documentation, methodology of the field work and the frame of reference. On this frame of reference of the whole study and data obtained has been a board of the vessel VOLCÁN DE TAMADABA.

In the **Results** chapter are the main and most important part where we will describe each of the systems essential for the operation of the main engines.

In the sixth chapter of this project **Conclusions**, I have shown the conclusions that have been obtained from both professional and academic experience in the development of end-of-degree work.

In the chapter of **Bibliography**, it gathers the manuals and web references (webbibliographic) that I have used in relation to the content of this work of end of degree.

**KEY WORDS:** air circuit, water circuit, fuel circuit, oil circuit, sea water circuit.

## **II. OBJETIVOS**



## II. OBJETIVOS

**1. Conocer el barco y en concreto saber la distribución de la sala de máquinas y todos sus equipos.**



**2.- Diferenciar los distintos sistemas elementales para el correcto funcionamiento de los motores.**



**3.- Conocer los sistemas necesarios propios del motor para su correcto funcionamiento.**



**4.- Explicar los diferentes sistemas básicos necesarios para el buen funcionamiento de los motores.**



## **III. REVISIÓN Y ANTECEDENTES**



### III. REVISIÓN Y ANTECEDENTES

#### 3.1 NAVIERA ARMAS

Naviera Armas nació en el año 1941 y se ha convertido en la compañía más importante de Canarias y a lo largo de sus años ha contado con más de cincuenta buques. Tiene sus orígenes en Lanzarote, en el esfuerzo de Antonio Armas Curbelo, que comenzó su andadura con barcos de casco de madera, con veleros puros y motoveleros, y nombres legendarios en el historial del cabotaje de las islas dedicados al tráfico salinero y de carga. Armas Curbelo incorporó después a su flota buques de casco de acero y propulsión diésel y máquinas de vapor, con los que expandió su actividad comercial fuera de las fronteras insulares, alcanzando protagonismo en la antigua provincia del Sahara español.

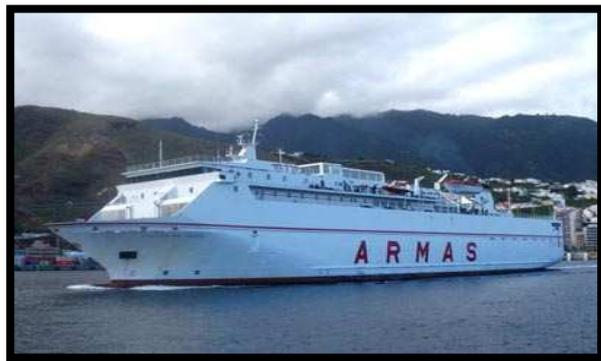
El testigo de este emprendedor lo recogió su hijo Antonio Armas Fernández, actual presidente de la empresa. Conocedor de las nuevas tendencias en el sector, a su iniciativa se debe la introducción de los primeros buques de carga rodada en Canarias. Esta etapa comenzó en 1975, con la adquisición de dos barcos menores, que navegaron en las líneas interinsulares con los nombres de Volcán de Yaiza y Volcán de Tahiche. [1]



**Ilustración 1: Volcán de Yaiza y Volcán de Tahiche.**

**Fuente: [2]**

Con el paso de los años, la flota se iría renovando hasta que en los años 90 la compañía apuesta por el transporte de pasajeros. En 1995 llegan el Volcán de Tauce y el Volcán de Tejada a los que se sumarán otros como el Volcán de Tindaya, el Volcán de Tacande, Volcán de Tamasite y el Volcán de Tenagua, ya dedicados plenamente al transporte interinsular tanto de pasaje como de mercancías. [3]



**Ilustración 2: Volcán de Tauce y Volcán de Tejada.**

**Fuente [2]**



**Ilustración 3: Volcán de Tindaya, Volcán de Tacande, Volcán de Tamasite y Volcán de Tenagua.**

**Fuente: [2]**

En el año 2000 llegó a la compañía un buque de alta velocidad, el Volcán de Tauro, con el que no alcanzó la rentabilidad esperada y que fue vendido en 2003 a Balearia. [3]



**Ilustración 3: Volcán de Tauro.**

**Fuente: [2]**

En mayo de 2004 ya que Transmediterránea abandonó la línea entre Tenerife y La Gomera. Naviera Armas decidió cubrir el servicio, primero con el Volcán de Tenagua y posteriormente con el Volcán de Tacande.

En 2003, Naviera Armas empieza a renovar su flota, comenzó con un pequeño ferry moderno llamado Volcán de Tindaya que cubriría la línea entre Corralejo (Fuerteventura)- Playa Blanca (Lanzarote). Más tarde, en 2004, llegaría el Volcán de Tamasite que cubre diariamente el Puerto de la Luz (Las Palmas de Gran Canaria) con el puerto de Morro Jable (Fuerteventura). En 2005 llega su el Volcán de Timanfaya que cubría diariamente las islas de Gran Canaria - Lanzarote - Tenerife. En 2006 es cuando aparece el Volcán de Taburiente. Este se destinó a cubrir los puertos de Los Cristianos (Tenerife) - San Sebastián de La Gomera (La Gomera)- Santa Cruz de La Palma (La Palma). [3]



**Ilustración 4: Volcán de Tindaya, Volcán de Tamasite, Volcán de Timanfaya y Volcán de Taburiente.**

**Fuente: [2]**

Y fue en 2007 cuando llega el Volcán de Tamadaba y sustituye al Volcán de Timanfaya en su línea y a la vez el Volcán de Timanfaya se encarga solamente de la línea entre el Puerto de La Luz y de Las Palmas con el Puerto de Santa Cruz de Tenerife. Y en 2008 llegaría el Volcán de Tijarafe que empezaría una nueva ruta, Santa Cruz de Tenerife - Las Palmas de Gran Canaria - Funchal - Portimao y reforzando también la ruta que hace el Volcán de Timanfaya. [3]



**Ilustración 5: Volcán de Tamadaba y Volcán de Tijarafe.**

**Fuente: [2]**

En 2011 la Naviera Armas adquiere nuevos buques para abrir nuevas líneas marítimas tanto en Canarias como en la Península Ibérica. Dos barcos gemelos, el Volcán del Teide y el Volcán de Tinamar, son de los ferrys más modernos del mundo y con características de crucero, el primero uniendo Las Palmas de Gran Canaria- Santa Cruz de Tenerife - Huelva. Y el segundo, cubriendo la línea Santa Cruz de Tenerife - Las Palmas de Gran Canaria - Funchal - Portimao. [3]



**Ilustración 6: Volcán del Teide y Volcán de Tinamar.**

**Fuente: [1] y [2]**

Y actualmente cuenta con dos buques de alta velocidad, en 2015 el Volcán de Tirajana destinado a la ruta Los Cristianos (Tenerife) – El Hierro y la última adquisición de la naviera ha sido en 2017 el Volcán de Teno, este ha sido destinado a las rutas del estrecho Motril (Granada) - Nador -Melilla y Alhucemas.



**Ilustración 7: Volcán de Tirajana y Volcán de Teno.**

**Fuente [1]**

### **3.2 FLOTA Y RUTAS ACTUALES**

Actualmente la naviera cuenta con una flota de 13 barcos distribuidos por las Islas Canarias, el estrecho de Gibraltar y Cabo Verde.

- **Volcán de Tauce.** - Las Palmas de Gran Canaria - Puerto del Rosario.
- **Volcán de Tindaya.** - Corralejo - Playa Blanca.
- **Volcán de Tamasite.** - Santa Cruz de Tenerife - Las Palmas de Gran Canaria/ Las Palmas de Gran Canaria - Morro Jable.
- **Volcán de Timanfaya.** - Al Hucemas-Motril/ Nador-Motril / Melilla-Motril.
- **Volcán de Taburiente.** - Los Cristianos - San Sebastián de La Gomera - Santa Cruz La Palma.
- **Volcán de Tamadaba.** - Santa Cruz de Tenerife - Las Palmas de Gran Canaria - Arrecife/ Las Palmas de Gran Canaria - Morro Jable.

- **Volcán de Tijarafe.** - Santa Cruz de Tenerife - Las Palmas de Gran Canaria - Arrecife/ Las Palmas de Gran Canaria - Morro Jable.
- **Volcán del Teide.** - Las Palmas de Gran Canaria - Arrecife/ Las Palmas de Gran Canaria - Santa Cruz de Tenerife / Santa Cruz de Tenerife - Las Palmas de Gran Canaria - Arrecife - Huelva.
- **Volcán de Tinamar.** – Motril - Melilla.
- **Volcán de Tirajana.** - Los Cristianos (Tenerife)- La Estaca (El Hierro).
- **Volcán de Teneguía.** - Fletado por Acciona Trasmediterránea (carga rodada).



**Ilustración 8: Volcán de Teneguía.**

**Fuente: [4]**

- **Volcán de Teno.** - Motril (Granada) - Nador -Melilla y Alhucemas
- **Mar d´Canal.** - Santo Antao (Cabo Verde) Mindelo (Cabo Verde) [3]



**Ilustración 9: Mar d´Canal.**

**Fuente [5]**

### 3.3 DESCRIPCIÓN DEL BUQUE

El buque Volcán de Tamadaba es un buque convencional que transporta tanto pasaje como carga rodada. Estos tipos de barcos poseen dos motores principales, que nos dan una potencia de unos 30000 CV aproximadamente. Con eso conseguimos que, en caso de que falle uno, siempre quedará uno de ellos en servicio evitando que el buque se quede sin mando y así poder cumplir con el itinerario.



**Ilustración 10: Volcán de Tamadaba, Muelle de Santa Cruz de Tenerife.**

**Fuente: Trabajo de campo.**

Estos motores transmiten su movimiento a través de los ejes de cola a dos hélices Kamewa de paso variable con la que se consigue el movimiento de este, alcanzando velocidades de hasta 23 nudos.

<b>Nombre</b>	Volcán de Tamadaba
<b>Tipo</b>	Ro-Ro/Buque de pasaje
<b>Astillero</b>	Hijos de J. Barreras de Vigo
<b>Año de construcción</b>	2007
<b>N.º IMO</b>	9360506
<b>Puerto de registro</b>	Las Palmas de Gran Canaria
<b>Eslora</b>	154,35 m
<b>Manga</b>	24,20 m
<b>Puntal a la cubierta superior (cub. Nº4)</b>	13,55 m
<b>Puntal a la cubierta principal (cub. Nº3)</b>	8,35 m
<b>Calado medio de trazado</b>	5.50 m
<b>Arqueo</b>	19976 T
<b>Peso muerto</b>	3400 T
<b>Desplazamiento en rosca</b>	9250 T
<b>N.º de tripulantes</b>	34
<b>N.º de pasajeros</b>	966
<b>Capacidad de carga</b>	≈ 200 a 400 vehículos – 150 a 200 tráiler
<b>Propulsión</b>	2 Wärtsilä 12V46B
<b>Potencia</b>	2 x 11700 KW

Fuente [6]

### 3.3.1 MOTORES PRINCIPALES

El buque cuenta con dos motores principales de la marca Wärtsilä modelo 12V46B, diésel de 4 tiempos, sobrealimentados con enfriador de aire y de inyección directa.

<b>ESPECIFICACIONES DE LOS MOTORES WÄRTSILÄ 12V46</b>	
Modelo del motor	12 cilindros en V a 45°
Potencia	2 x 11700 KW
Ciclos	4 tiempos
Revoluciones	500 rpm
Combustible	HFO/DO
Diámetro del cilindro	460 mm
Carrera	580 mm
Cilindrada por cilindro	96,4 l
Tipo de cárter	Carter seco
Presión de inyección	≈ 600 bar
Orden de encendido (Sentido horario)	A1-B1-A5-B5-A3-B3- A6-B6-A2-B2-A4-B4
Orden de encendido (Sentido antihorario)	A1-B4-A4-B2-A2-B6- A6-B3-A3-B5-A5-B1
Volumen de aceite lubricante	370 l
Volumen de agua refrigerante aprox.	AT: 1700
	BT: 200

Fuente [7]



**Ilustración 11: Motor principal / Volcán de Tamadaba.**

**Fuente: Trabajo de campo.**

El bloque del motor es de una sola pieza de fundición. Los cojinetes del cigüeñal quedan sujeto por dos tornillos tensados por medios hidráulicos y dos tornillos horizontales, por lo que estos quedarán suspendidos.

El colector de agua queda integrado en el bloque del motor y las tapas de la caja del cigüeñal están selladas con el bloque a través de juntas de goma.

Las camisas de los cilindros están diseñadas con taladros de refrigeración de tal manera que la temperatura en la superficie interior sea la correcta. Y poseen en su parte interna superior un anillo antidesgaste.

Los cojinetes principales están diseñados con tres metales, y estos cojinetes son extraíbles.

El cigüeñal está forjado de una sola pieza y equilibrado por los contrapesos correspondientes.

Las bielas, forjadas en caliente, están diseñadas por un modelo de tres piezas.

Las ranuras de la parte superior, de los aros del pistón, están endurecidas estas ranuras están diseñadas para ofrecer la oscilación óptima.

El pistón dispone de varios aros de los cuales dos son de compresión cromados y uno rascador de aceite cromado accionado por resorte.

La culata es de una fundición especial y se fija al bloque del motor con cuatro espárragos apretados con gatos hidráulicos. Esta está diseñada con una doble pared para que el agua refrigerante pueda fluir desde fuera hacia el centro, lo que produce una refrigeración más eficaz en todos sus puntos.

Las válvulas de admisión están acabadas con estelita y los vástagos de estas son cromados. Los asientos de estas válvulas son de una aleación especial de hierro fundido y recambiables. Por otro lado, las de escape están selladas con los anillos de asiento de las válvulas con refrigeración directa.

Los anillos de asiento de las válvulas son intercambiables y están hechos de un material resistente a la corrosión y a las picaduras.

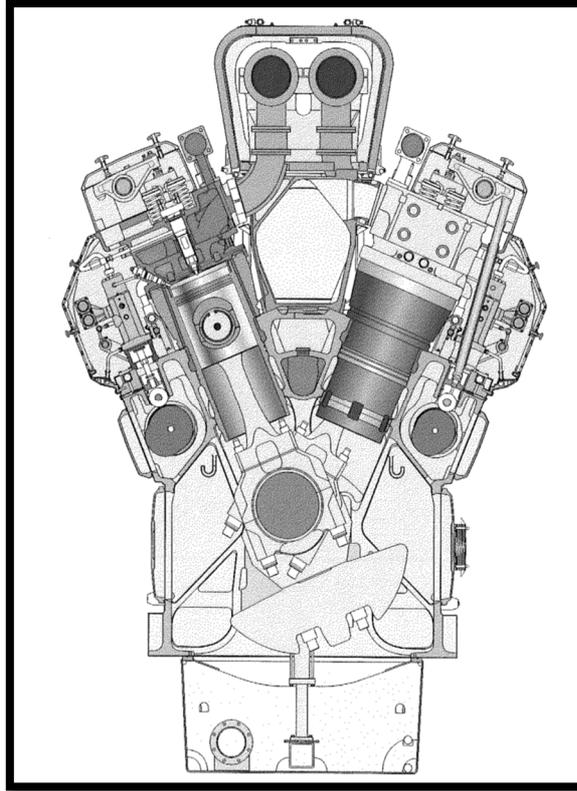
Los árboles de levas constan de una pieza por cilindro con la leva integrada. Los apoyos son en piezas aparte, con esto conseguimos poder extraer piezas lateralmente.

Las bombas de inyección tienen empujadores de rodillos integrados, estos pueden ser cambiados siempre que sea regulada a la medida básica con el tornillo de los taques. Tanto las bombas como todos los conductos se encuentran en un espacio cerrado preparado para que se pierda el menor calor posible denominado “caja caliente”

El enfriador de aire de barrido se ha diseñado de tal modo para su mantenimiento sea lo más sencillo posible y dispone de un separador de agua (un detector de agua pulverizada)

El sistema interno de aceite lubricante está dispuesto por un cárter de aceite soldado, conexiones de aceite lubricante y un filtro centrífugo.

En cuanto al sistema de aire, el suministro de este a los cilindros es controlado a través de un distribuidor de aire de arranque, accionado por un árbol de levas. [7]



**Ilustración 12: Corte transversal del motor.**

**Fuente [7]**

### **3.3.1.1 COMBUSTIBLE**

Estos motores han sido diseñados para trabajar con combustible pesado hasta una viscosidad máxima de 55 cSt a 100°C, también pueden trabajar con combustibles mezclados (intermedios) de menor viscosidad, así como con combustibles destilados.

[7]

*Límites de viscosidad del combustible a la entrada del motor en condiciones de trabajo (cSt)*

<i>Combustible</i>	
<i>Gasoil</i>	2.8
<i>Combustible pesado</i>	16 - 24

**Fuente [7]**

### 3.3.1.2 AGUA REFRIGERANTE

A fin de evitar la corrosión, incrustaciones o la formación de cascarilla en los circuitos cerrados de agua, esta debe de ser tratada con productos específicos. El agua utilizada para este trabajo debe de cumplir unos requisitos mínimos de calidad: [7]

REQUISITOS DE CALIDAD DEL AGUA		
Propiedad	Valor máximo	Unidad
pH	6.8	
Dureza	0.4	°dH
Cloruros en forma de Cl	5	mg/litro
Sólidos en suspensión	5	mg/litro
Temperatura antes de la bomba	60	°C

Fuente [7]

### 3.3.1.3 ACEITE

El aceite usado en estos motores es el CASTROL TLX PLUS 504 es una gama de lubricantes de alto rendimiento que incorporan una serie de aditivos formulados para superar las condiciones adversas que se observan en motores con bajo consumo de aceite y que funcionan con diferentes calidades de combustible pesado.

TLX Plus ha sido desarrollado para su uso en motores diésel de velocidad media altamente calificados para aplicaciones de propulsión marina y generación de energía. [8]

Las ventajas de este tipo de aceite son: Buen rendimiento de desgaste.

- Buena estabilidad térmica y antioxidante.
- Buena protección contra la corrosión en presencia de agua de mar.
- Propiedades de carga elevada de FZG 12 para un rendimiento antidesgaste.
- Excelentes propiedades anti-espuma.

- Tolerante a la contaminación del agua.
- Cumple con la especificación API CF (como probado con la variante BN 20).

Características típicas:

Name	Method	Units	TLX Plus 504
SAE Number			40
Viscosity, Kinematic 100°C	ASTM D445	mm <sup>2</sup> /s	14
Total Base Number, TBN	ASTM D2896	mg/KOH/g	50
Density °15°C, Relativa	ASTM 4052	g/ml	0,919
Flash Point, PMCC	ASTM D93	°C	>200
Pour Point	ASTM D97	°C	-6
FZ Gear Test A/8,3/90	DIN 51 354	FLS	12

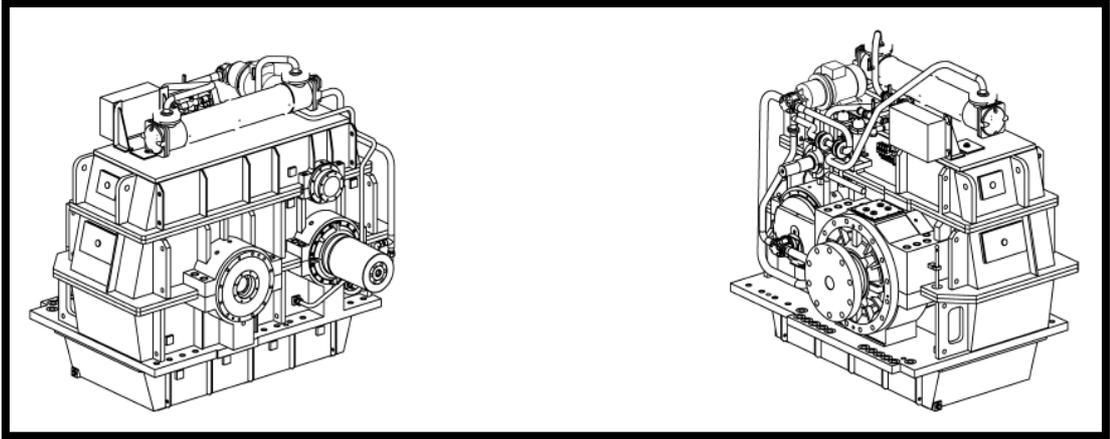
Fuente [8]

### 3.3.2 REDUCTORA

Disponemos de dos reductoras del tipo SVA 1200 BK41 con un factor de reducción de 2,686:1 y de las cuales hay dos tipos en función de su sentido de giro. El sentido de giro del eje de salida y del eje de la hélice es contrario al sentido de giro del eje de entrada.

Las reductoras de esta gama son reductores en escalón vertical u horizontal de reducción simple. Ambos ejes, tanto el de entrada como el de salida van apoyados sobre cojinetes antifricción.

La finalidad de este equipo es la de reducir la velocidad de giro que le proporciona el motor, a través de una serie de engranajes, a una velocidad adecuada para otros usos como pueden ser en este caso a la línea de ejes de las hélices y a los alternadores de cola.  
[9]



**Ilustración 13: Reductora REINTJES SVA 1200 BK41.**

**Fuente [9]**

El par motor es transmitido al reductor por medio de un acoplamiento torsional elástico situado entre el motor y el reductor. La elección de este acoplamiento normalmente se encarga el fabricante del motor. En este caso se encuentra cubierto para evitar accidentes ya que es una parte móvil y gira a una velocidad elevada. [9]



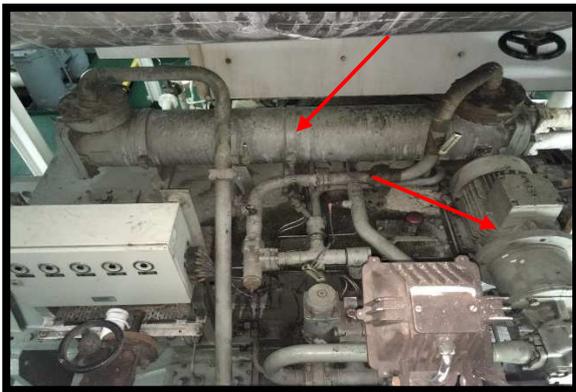
**Ilustración 14: Acople entre el motor a la reductora.**

**Fuente: Trabajo de campo.**

El sistema hidráulico está compuesto por:

- Bomba de aceite del reductor.
- Bomba de aceite de reserva eléctrica.
- Filtro de aceite.
- Intercambiador de calor.
- Válvula limitadora de presión.
- Sistema de engrase.

La electrobomba de aceite de reserva se arranca para un engrase previo de los cojinetes antifricción en cada puesta en marcha, cuando arranquemos y la bomba de accionamiento mecánico empiece a trabajar la bomba eléctrica parará automáticamente. El aceite suministrado por la bomba es filtrado y enfriado de tal forma que se mantenga en el rango de trabajo. La presión de trabajo se regula por medio de la válvula limitadora de presión. Esta presión normal de trabajo deberá estar entre 2 – 4 bar. [9]



**Ilustración 15: Reductora REINTJES BV-K70629/2007-02.**

**Fuente: Trabajo de campo.**

### 3.3.3 ALTERNADORES DE COLA

Los alternadores síncronos son máquinas de corriente alterna, sin anillos ni escobillas. Y están refrigerados por circulación de aire. Su finalidad es la de transformar el movimiento circular que le proporciona la reductora en energía eléctrica para autoabastecer al buque. [10]



**Ilustración 16: Alternador de cola ES-2327j.**

**Fuente: Trabajo de campo.**

El sistema de excitación va montado en el lado opuesto al acoplamiento. El sistema de excitación está compuesto por dos conjuntos:

El inducido de excitación, es el encargado de generar la corriente trifásica, que junto con el puente rectificador formado por diodos suministra la intensidad de excitación a la rueda polar del alternador. El inducido de excitación y el puente rectificador van montados en el rotor de alternador y están interconectados de forma eléctrica con la rueda polar de la máquina. [10]

**Estator:**

**Inducido de la maquina:**

Este está formado por chapas magnéticas de acero, ensambladas a presión. Estas chapas están bloqueadas a un movimiento axial por un anillo. Las bobinas del estator se insertan en las ranuras, y después se le aplica un barniz para dar una mayor resistencia.

**Inductor de excitación:**

Incluye un elemento macizo y un bobinado de hilos de cobre. Y se encuentra montado en la parte trasera de la máquina.

**Rotor:**

**Rueda polar:**

La rueda polar incluye un paquete de chapas magnéticas de acero. Este paquete termina en los extremos con chapas de alta conductividad eléctrica.

**Inducido de excitación:**

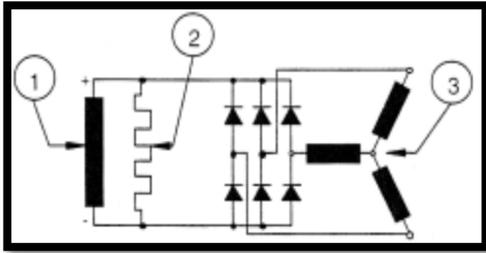
Este se construye por un apilado de chapas magnéticas. La bobina de excitación esta chavetada y montada al eje en caliente.

**Ventilador:**

Estas máquinas se caracterizan por un sistema de auto ventilación. En el lado del acoplamiento, entre la rueda polar y el palier delantero se encuentra el ventilador.

**Puente de diodos giratorios:**

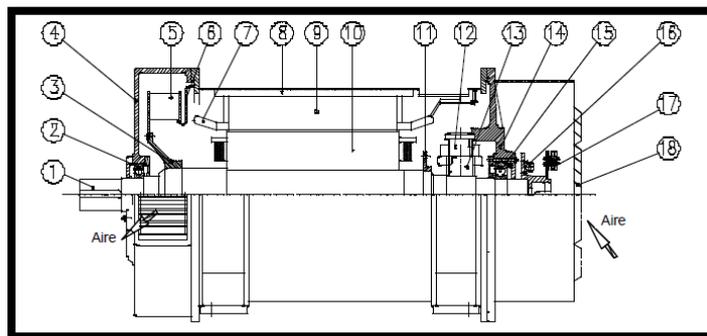
El puente rectificador, está formado por seis diodos, situados en la parte trasera de la máquina. El puente esta alimentado con corriente alterna del inducido de excitación y alimenta a la rueda polar con corriente continua. Además, cuentan con unas resistencias giratorias que los protegen de sobretensiones. [10]



- 1.- Inductor.
- 2.- resistencias giratorias.
- 3.- Inducido de excitación.

**Ilustración 17: Puente de diodos.**

**Fuente [10]**



**Ilustración 18: Esquema alternador.**

**Fuente [10]**

- |                                    |  |
|------------------------------------|--|
| 1. Rotor.                          | 11. Disco de equilibrado.                      |
| 2. Rodamiento (lado acoplamiento). | 12. Inductor de excitación.                    |
| 3. Moyú de ventilador.             | 13. Inducido de excitación.                    |
| 4. tapa (lado acoplamiento).       | 14. Tapa (lado opuesto al acoplamiento).       |
| 5. Ventilador.                     | 15. Rodamiento (lado opuesto al acoplamiento). |
| 6. Pantalla de ventilador.         | 16. Resistencias giratorias.                   |
| 7. Bobinado del estator.           | 17. Diodos giratorios.                         |
| 8. Barras del estator.             | 18. Capot del puente de diodo.                 |
| 9. Paquete de chapas del estátor.  |  |
| 10. Rueda polar.                   |  |

## **IV. METODOLOGÍA**



#### **IV. METODOLOGÍA**

La metodología empleada en referencia a este trabajo fin de grado la hemos dividido en los siguientes apartados:

##### **4.1 DOCUMENTACION BIBLIOGRAFICA**

El trabajo se apoyará en una serie de documentos, planos, páginas web, manuales, etc. Además de todo lo aprendido a bordo durante el periodo de prácticas. Se buscará explicar de una forma sencilla lo que es una sala de máquinas y los sistemas esenciales que se necesitan para el correcto funcionamiento de los motores principales.

##### **4.2 METODOLOGIA DEL TRABAJO DE CAMPO**

La elaboración de este trabajo de fin de grado viene de mi experiencia en un trabajo de campo que se basó en conocer y entender todos los sistemas esenciales a bordo de un buque para el correcto funcionamiento de los motores principales. A esto le incorporaré fotografías propias para un mejor entendimiento del lector de este trabajo de fin de grado.

##### **4.3 MARCO REFERENCIAL**

El marco referencial de este trabajo es el buque Volcán de Tamadaba, perteneciente a la Naviera Armas. Donde he realizado mi periodo de prácticas y de donde he sacado la información para este trabajo.



## **V. RESULTADOS**



## V. RESULTADOS

En este apartado se tratará el objeto principal del trabajo fin de grado, centrándonos en el conocimiento y entendimiento de todos los sistemas esenciales a bordo.

### 5.1 ESQUEMA SALA DE MÁQUINAS

Empezaremos haciendo una breve descripción de la sala de máquinas con el fin de conocerla mejor y poder ubicarnos más rápidamente:

#### 5.1.1 CUBIERTA N°1

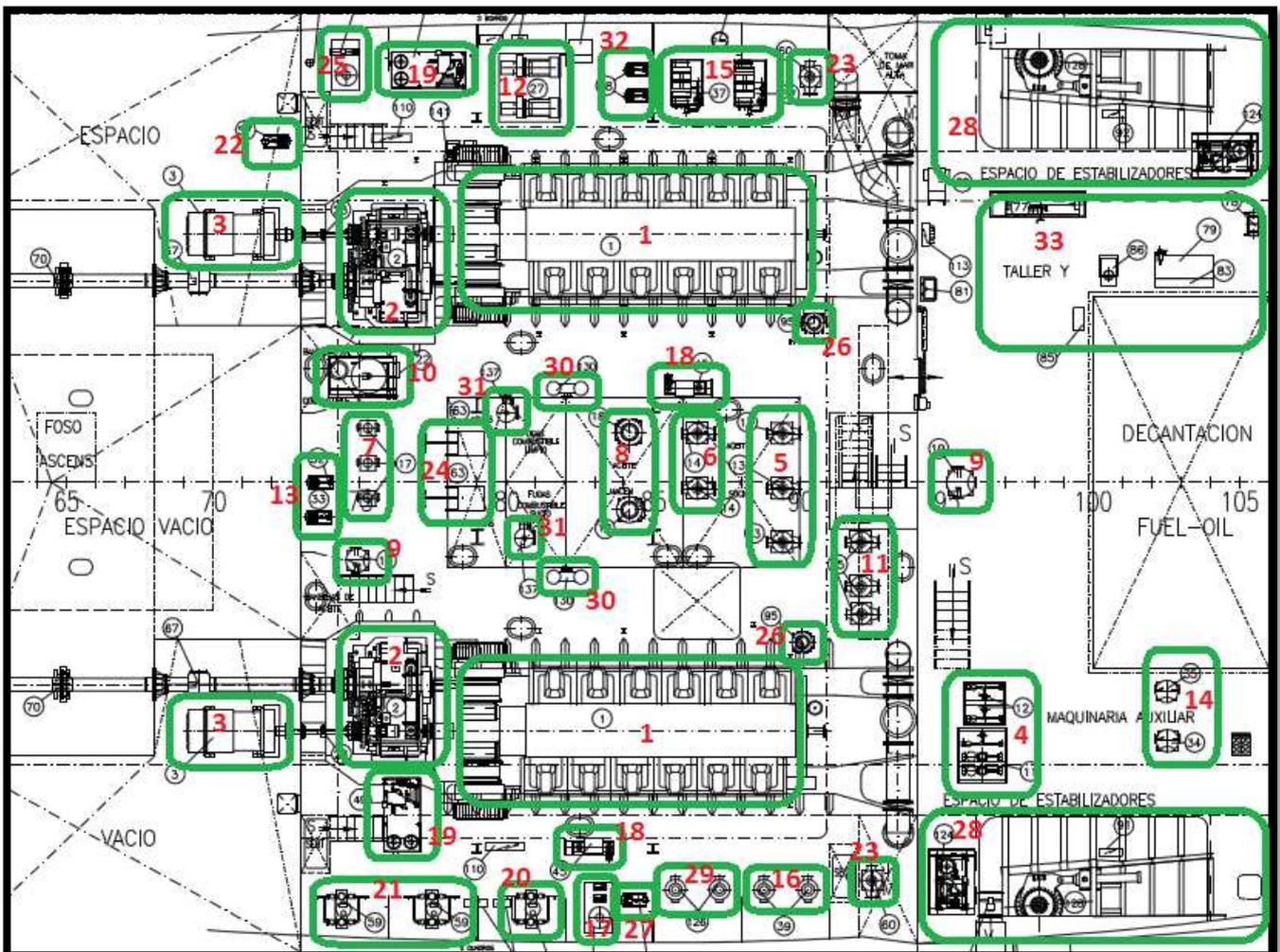


Ilustración 19: Tecele inferior sala de máquinas.

Fuente: Trabajo de campo.

1	<b>Motores principales</b>
2	<b>Reductoras</b>
3	<b>Alternadores</b>
4	<b>Bombas alim. Depuradoras F.O, D.O y aceite</b>
5	<b>Bombas refrigeración agua salada motores principales</b>
6	<b>Bombas de lastre</b>
7	<b>Bombas de refrigeración agua dulce baja temperatura auxiliar</b>
8	<b>Bombas de reserva de aceite de los motores principales</b>
9	<b>Bombas centrífugas de sentinas</b>
10	<b>Separador de sentinas</b>
11	<b>Bombas de agua salada refrigeración aire acondicionado habitación</b>
12	<b>Electrocompresores principales</b>
13	<b>Bombas de lodos y trasiego de aceite</b>
14	<b>Bombas de trasiego de D.O y F.O</b>
15	<b>Generadores de agua dulce</b>
16	<b>Bombas contra incendios</b>
17	<b>Grupo de presión contra incendios</b>
18	<b>Pre calentadores motores principales</b>
19	<b>Unidades hidráulicas hélices paso variable</b>
20	<b>Bombas de alimentación agua de caldera</b>
21	<b>Bombas circulación agua economizadores</b>
22	<b>Bomba trasiego aceite de bocinas</b>
23	<b>Bombas de agua dulce de baja temperatura de motores principales</b>
24	<b>Enfriadores de aceite de motores principales</b>
25	<b>Grupo hidroforo de agua destilada</b>
26	<b>Bombas de prelubricación</b>
27	<b>Bomba de agua salada aire acondicionado sala de control</b>
28	<b>Estabilizadores</b>
29	<b>Bombas agua salada del condensador de vapor sobrante</b>
30	<b>Filtros dobles de aceite</b>
31	<b>Filtros automáticos de aceite</b>
32	<b>Bombas de agua salada de los generadores de agua dulce</b>
33	<b>Taller</b>

Fuente: Elaboración propia.

### 5.1.2 CUBIERTA N°2

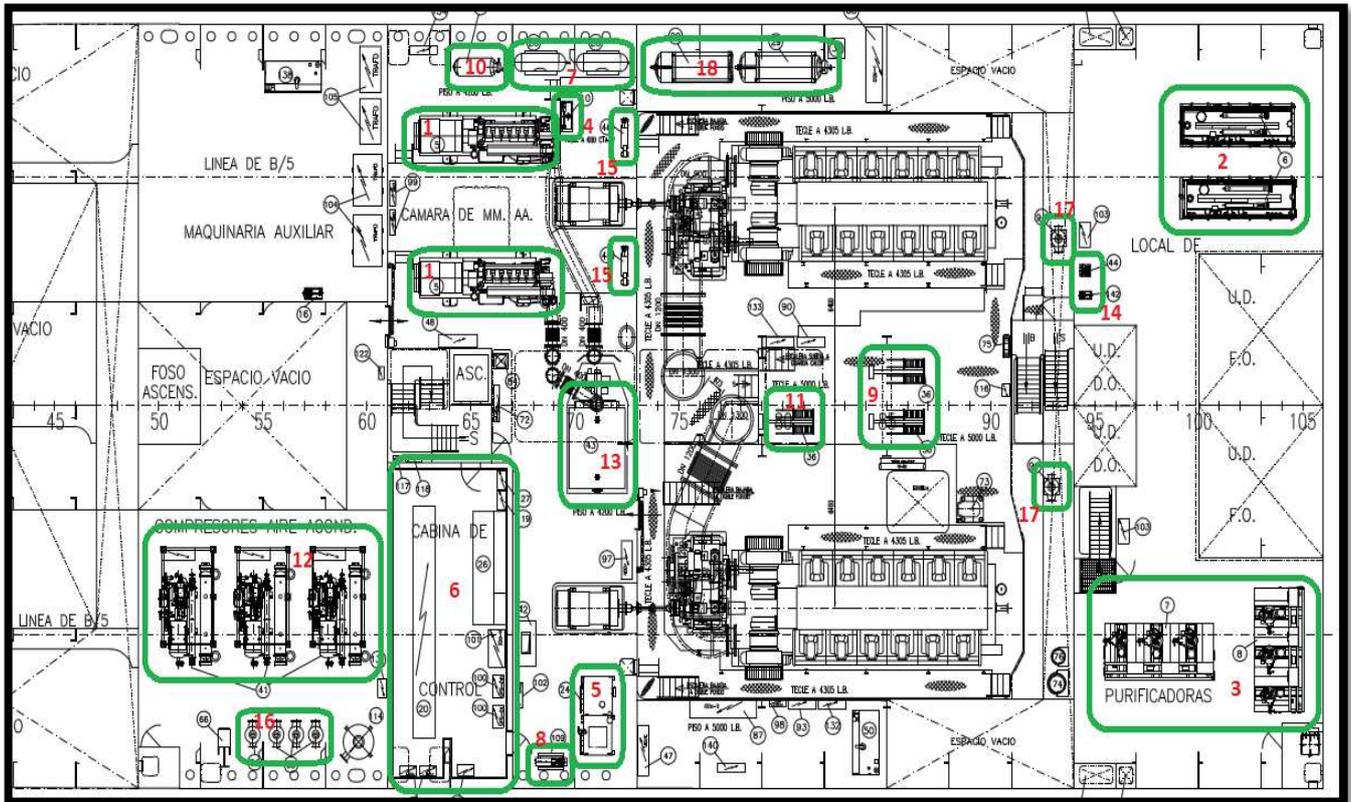


Ilustración 20: Tecele superior sala de máquinas.

Fuente: Trabajo de campo.

1	Motores auxiliares
2	Módulo de preparación del combustible
3	Depuradoras
4	Bomba de alimentación de depuradora de aceite de motores auxiliares
5	Tanque filtro de observación y purgas
6	Cabina de control
7	Electro compresor con botella de aire de control
8	Compresor de unidad aire acondicionado de cabina de control
9	Enfriadores centrales de agua dulce de baja temperatura motores principales

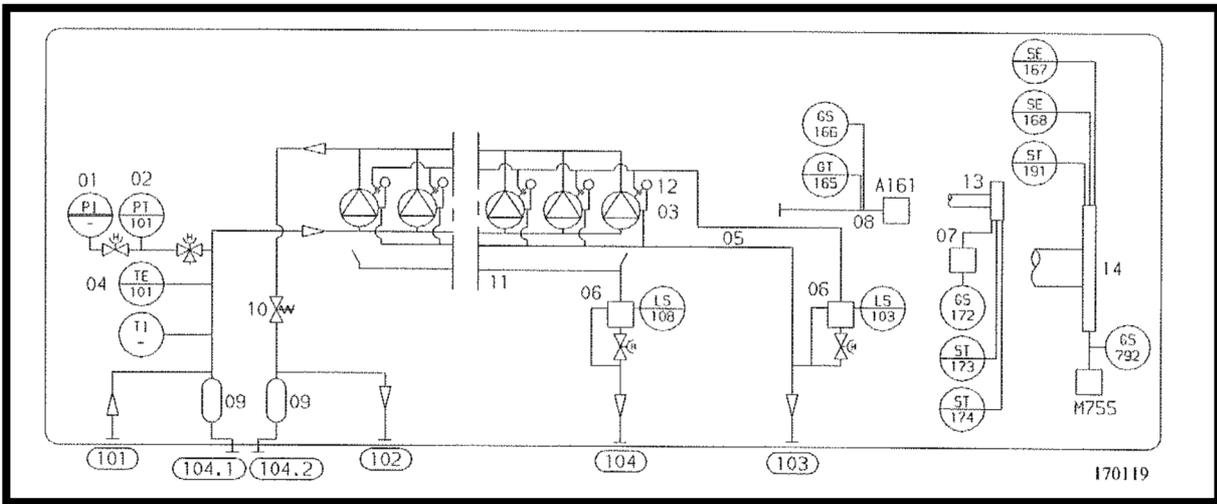
10	Botellas de aire de arranque de motores auxiliares
11	Enfriador central de agua dulce de baja temperatura motores auxiliares
12	Grupos de aire acondicionado de habitación
13	Caldera
14	Bombas de alimentación de D.O de caldera
15	Precalentadores motores auxiliares
16	Bombas agua dulce de aire acondicionado habitación
17	Bombas agua dulce de alta temperatura motores principales
18	Botellas de aire de arranque de motores principales

Fuente: Elaboración propia.

### 5.2 SISTEMA DE COMBUSTIBLE.

Estos motores han sido diseñados para un servicio de combustible pesado. El motor puede arrancarse y pararse con combustible pesado siempre y cuando el combustible se caliente a la temperatura de funcionamiento correcta.

En el siguiente esquema se muestra un ejemplo del sistema interno de combustible. La instrumentación del sistema depende de la instalación. [7]



**Ilustración 21: Esquema de combustible propio del motor.**

Fuente [7]

COMPONENTES DEL SISTEMA			
01	Manómetro	08	Cremallera
02	Sensor de presión	09	Amortiguador de vibraciones
03	Bomba de inyección	10	Válvula de control de presión
04	Sensor de temperatura	11	Tubería de desagüe
05	Turbuladura de combustible	12	Válvula de inyección
06	Colector de fugas	13	Árbol de levas
07	Dispositivo mecánico de sobrevelocidad	14	Volante

Fuente [7]

<b>CONEXIÓN DE TUBOS</b>			
<b>101</b>	Entrada de fuelóleo	<b>104</b>	Fuga de aceite fuel sucio
<b>102</b>	Salida de fuelóleo	<b>104.1</b>	Fuga de fuelóleo, control visual
<b>103</b>	Fuga de fuelóleo	<b>104.2</b>	Fuga de combustible, control visual
<b>INSTRUMENTOS ELÉCTRICOS</b>			
<b>PT101</b>	Presión de la entrada de combustible	<b>M755</b>	Motor eléctrico para el virador
<b>TE101</b>	Temperatura de la entrada de combustible	<b>GT165</b>	Posición de la cremallera
<b>GS172</b>	Sobrevelocidad mecánica	<b>SE167</b>	Captación de la velocidad para el control de la velocidad
<b>LS103</b>	Nivel de fuga de combustible limpio	<b>GS166</b>	Sobrecarga
<b>LS108</b>	Nivel de fuga de combustible sucio	<b>ST173</b>	Velocidad del motor
<b>A161</b>	Dispositivo de configuración de la velocidad	<b>ST191</b>	Vibración torsional
<b>GS792</b>	Posición del virador		

Fuente [7]

El manómetro (01) del panel de instrumentos y un sensor de presión (02) conectados a la tubería de alimentación de combustible, indican la presión del combustible antes del motor. Este sensor está instalado para emitir indicaciones y alarmas a distancia.

Un sensor pt100 (04) instalado en la tubería de alimentación de combustible indica la temperatura del combustible antes del motor.

El combustible que se pierde en el sistema de inyección se recoge en la tubuladura de combustible predido (05) en la caja recalentada. Dicha tubuladura se divide en dos secciones para recoger por separado el reflujo normal de bombas y toberas y, a parte, la posible pérdida de los tubos de inyección.

El sensor de fugas (06) en el tubo de salida del combustible perdido supervisa la fuga y avisa de un reflujo anormalmente alto o de una pérdida en un tubo de inyección. Todos los tubos de combustible perdido están equipados de acoplamiento rápidos para facilitar la detección y resolución de problemas.

El combustible perdido puede utilizarse después de un tratamiento especial.

Un sistema aparte de tubos de fuga (11) que funciona desde el nivel superior del motor que recoge el agua, el aceite y el combustible residuales que se fugan cuando se revisa el motor.

Una válvula aparte de control de presión (10) es instalada en el tubo de salida del combustible para regular la presión del combustible y para mantenerla constante cuando funciona con carga variable. [7]

### **5.2.1 SISTEMA DE INYECCIÓN.**

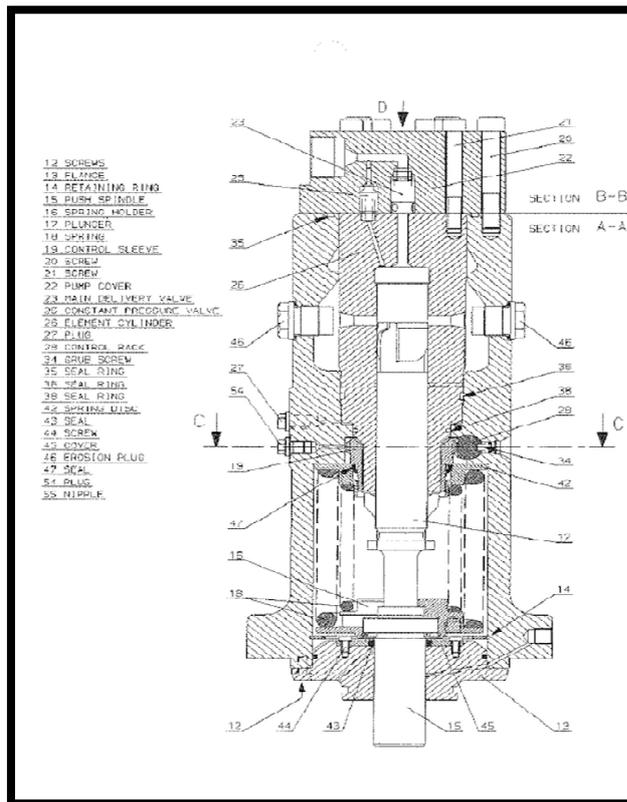
Básicamente todo el sistema de combustible montado en el motor está situado dentro de la Caja Caliente. El combustible en circulación, junto con el calor irradiado del motor, mantiene el espacio caliente de forma que no son necesarias otras tuberías de calentamiento extra en el motor.

El sistema de inyección de combustible líquido consiste en una bomba de inyección, tubo de alta presión y válvula de inyección. El inyector no precisa refrigeración y está situado en el centro de la culata.

El combustible de drenaje procedente de las bombas y las válvulas de combustible es conducido a través de canales especiales de combustible de fugas fuera del motor. El motor está equipado con sensores de fugas, que controlan separadamente aquellas procedentes de las bombas, inyectores, tuberías de inyección y Caja Caliente.

Las bombas de inyección son bombas monocilindro, monobloque, en las cuales el cilindro y la tapa de cilindro están integrados. Cada bomba cuenta con una válvula principal de salida, una válvula de presión constante y un cilindro de parada de emergencia. [7]

- Válvula de salida principal: esta válvula trabaja como válvula de salida, controlando el caudal de combustible que llega al inyector, y como válvula de retención para evitar que los picos de alta presión provenientes de la línea de inyección lleguen a la cámara de la bomba.
- Válvula de presión constante: esta válvula estabiliza las pulsaciones de presión en el tubo de inyección.
- Cilindro de parada de emergencia: este cilindro empuja a la bomba de combustible a la posición cero usando la presión del aire de control (30 bar) cuando el control electrónico de embalamiento es activado o (dependiendo de la instalación concreta) cuando se activa un sistema automático de parada. [7]

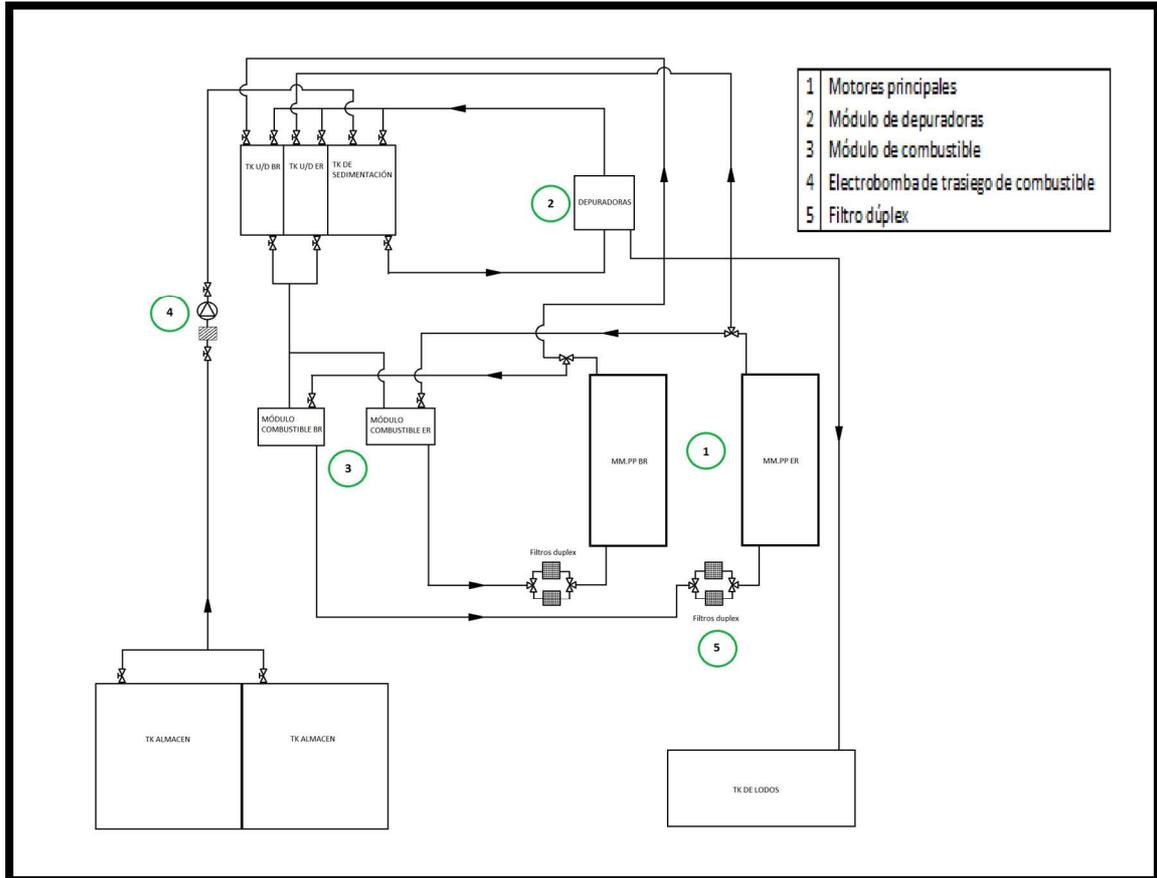


**Ilustración 22: Bomba de inyección.**

**Fuente [7]**

### 5.2.2 ELEMENTOS EXTERNOS.

Este sistema se encuentra ubicado por completo en la sala de máquinas, a continuación, mostraremos un esquema básico de este para un mejor entendimiento:



**Ilustración 23: Sistema de combustible**

**Fuente: elaboración propia**

El combustible se almacena en los tanques almacenes según viene del exterior, diariamente se trasiega con la bomba de trasiego combustible de los almacenes al tanque de sedimentación, es aquí donde aspiran las depuradoras, lo purifican y lo mandan al tanque diario del que se esté consumiendo.



**Ilustración 24: Depuradoras de F.O.**

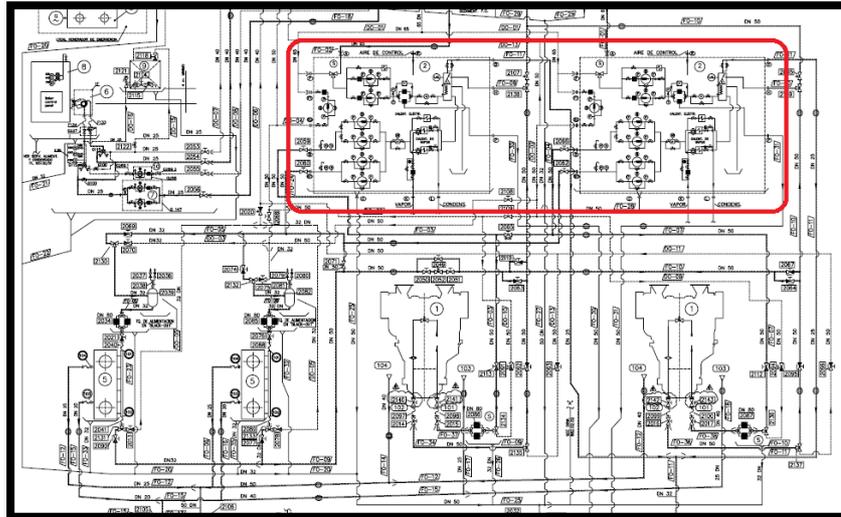
**Fuente: Trabajo de campo.**

En cuanto al sistema externo al motor nos encontramos con los módulos de combustible, estos aspiran de los tanques de uso diarios, en los cuales el combustible ya se encuentra depurado. La entrada del fluido en estos módulos es realizada por las bombas Feeder, tras estas nos encontramos con dos filtros, uno manual y otro automático, donde este el último es el que se tiene en uso normalmente, para posteriormente mandarlo al tanque de mezcla, a donde también nos llega el retorno de combustible del que después hablaremos.



**Ilustración 25: Módulos de preparación de combustible.**

**Fuente: Trabajo de campo.**



**Ilustración 26: Sistema de combustible.**

**Fuente [6]**

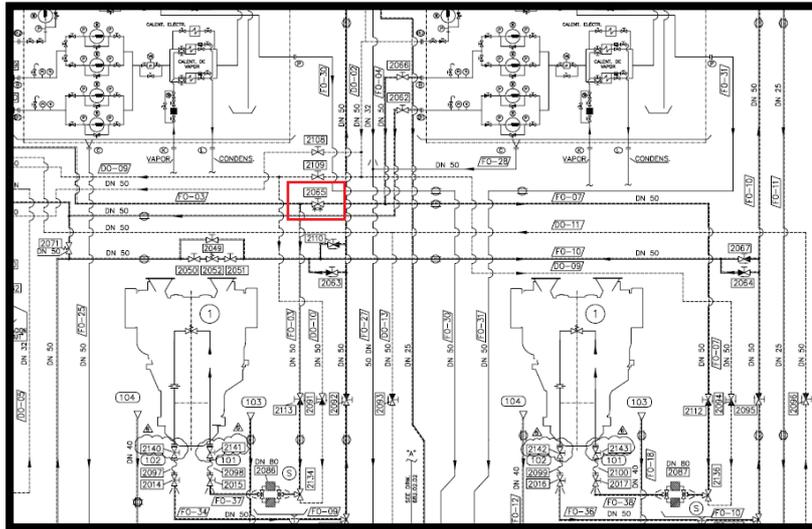
Estos módulos también cuentan con unos calentadores, uno eléctrico y dos de vapor, de los cuales solo suele tenerse en funcionamiento uno de los de vapor. Tras calentarlo y conseguir la temperatura y viscosidad adecuada el combustible es aspirado por las bombas Booster, estas son las encargadas de mandar el combustible a los motores. Tenemos dos pares de bombas, donde un par es para los motores principales y el otro para los auxiliares.



**Ilustración 27: Calentadores de módulos de combustible.**

**Fuente: Trabajo de campo.**

Cada módulo alimenta a un motor (a una presión de 7-9 bar) por lo que la válvula 2065 deberá estar cerrada en condiciones normales. Y de aquí a la entrada del motor nos encontraremos los filtros dúplex.



**Ilustración 28: Sistema de combustible.**

**Fuente [6]**



**Ilustración 29: Filtro dúplex de FO.**

**Fuente: Trabajo de campo.**

En cuanto al retorno del combustible sobrante pueden ir al tanque de uso diario o al tanque de mezcla de los módulos, cada uno a su respectivo, en este caso el combustible retornará a los módulos. Lo único que habría que tener en consideración son válvulas de tres vías (2138, 2139), que estén abiertas hacia donde queremos retornar el combustible y los dos pares de válvulas (2110, 2063) y (2067, 2064) las cuales nos permiten comunicar o incomunicar los retornos a un mismo módulo, es decir, en caso de que queramos mandar ambos retornos a un mismo módulo tendremos que abrir y cerrar estas válvulas según nuestra necesidad. Esto ocurre con los motores auxiliares los cuales son alimentados por el módulo de estribor y por lo tanto los retornos también van a este.

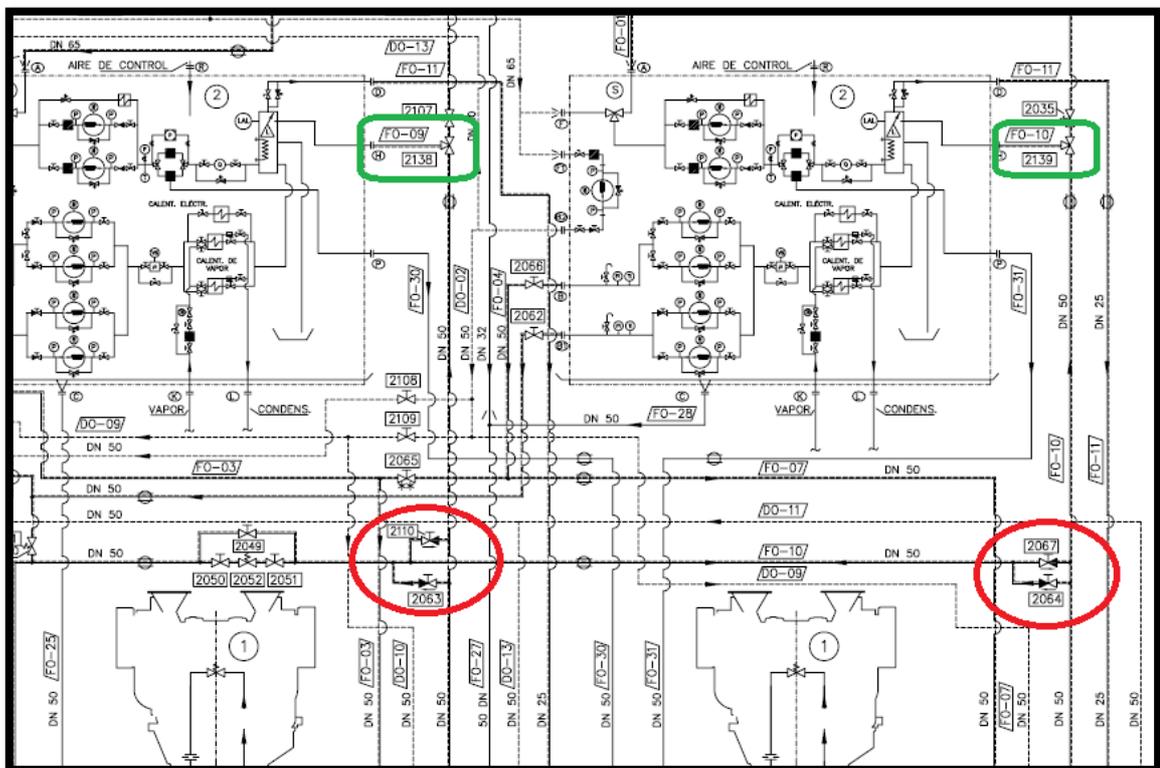
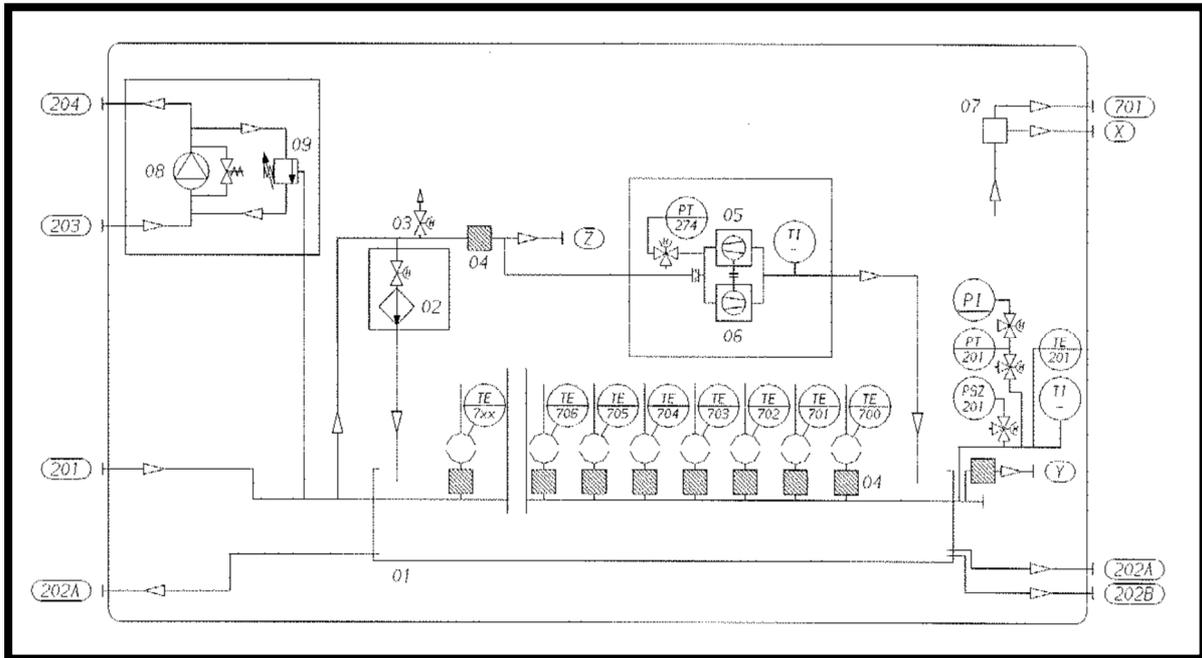


Ilustración 30: Sistema de combustible.

Fuente [6]

### 5.3 SISTEMA DE LUBRICACIÓN

En el siguiente esquema aparece una información general sobre el sistema de aceite de lubricación del motor.



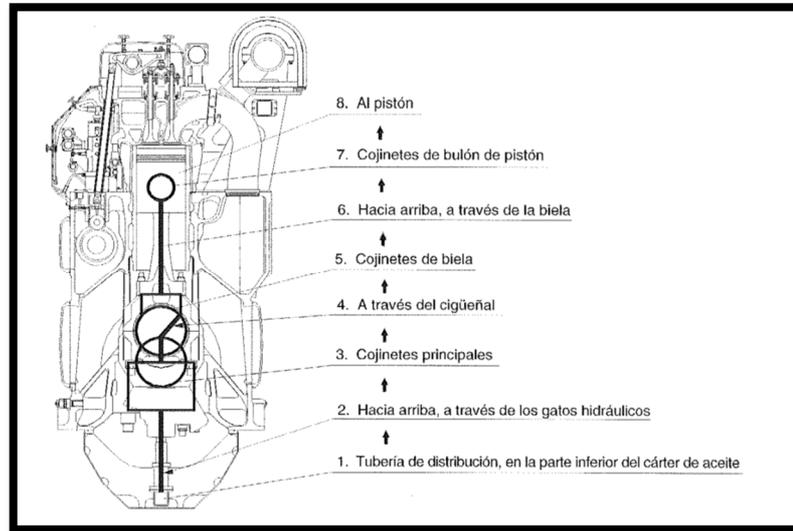
**Ilustración 31: Esquema de aceite propio del motor.**

Fuente [7]

COMPONENTES DEL SISTEMA	
1	Cárter de aceite
2	Filtro centrífugo
3	Grifo de muestreo
4	Filtro de rodaje
5	Turbina (turbocompresor conectado al sistema de aceite de lubricación del motor)
6	Compresor (turbocompresor conectado al sistema de aceite de lubricación del motor)
7	Respiradero del cárter
8	Bomba principal de presión
9	Válvula de control de presión

Fuente [7]

Desde la tubería de distribución (1), que se encuentra en la parte inferior del cárter de aceite, el aceite es enviado según se indica en la siguiente imagen. [7]

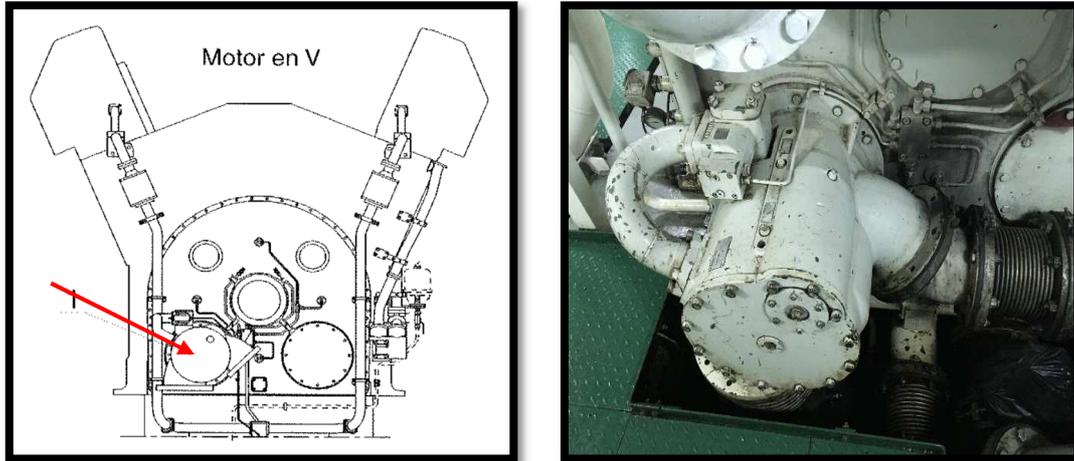


**Ilustración 32: Alimentación de aceite a los cojinetes y al pistón.**

**Fuente [7]**

El aceite de lubricación es enviado, a través del bulón y el pistón, hacia el conducto de refrigeración de la corona del pistón, desde este regresa al cárter de aceite. Parte del aceite de lubricación se une a la lubricación de la faldilla, antes de regresar al cárter.

La bomba impulsora de aceite de lubricación es una bomba de tronillo, de tres tornillos, accionada por un mecanismo de engranajes montado en el extremo libre del motor. [7]



**Ilustración 33: Bomba de aceite accionada por el motor.**

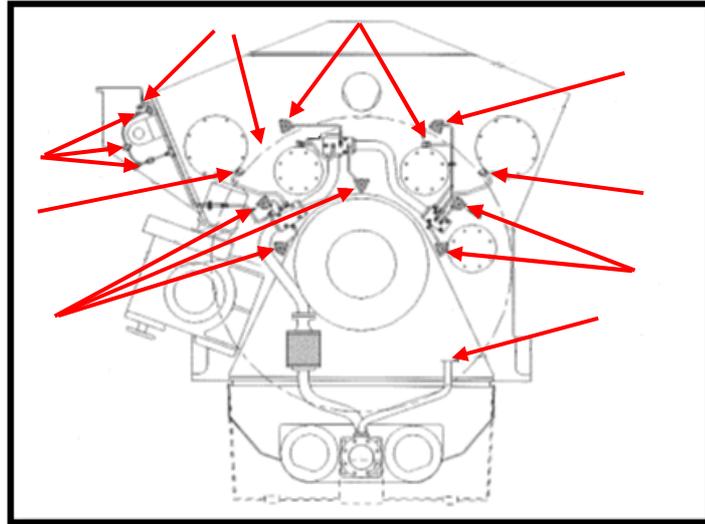
**Fuente [7] y trabajo de campo.**

El sistema de aceite de lubricación está equipado con una válvula reguladora de presión para mantener una presión de aceite constante en la tubería de alimentación de aceite de lubricación, en condiciones variables, por ejemplo, cambios de presión después de la bomba de alimentación, caídas de presión, cambios en los enfriadores y filtros, etc.

De manera opcional, el motor puede ser equipado con un filtro de derivación centrífugo, como complemento del filtro principal de aceite de lubricación. La función principal de estos filtros centrífugos es indicar la calidad del aceite de lubricación. [7]

### **5.3.1 LUBRICACIÓN EN PUNTOS ESPECIALES.**

El sistema de aceite de lubricación del motor incorpora tuberías que suministran lubricante a los puntos más importantes. Las tuberías están situadas en ambos extremos del motor, desde donde el aceite es llevado o atomizado a diversos puntos. [7]

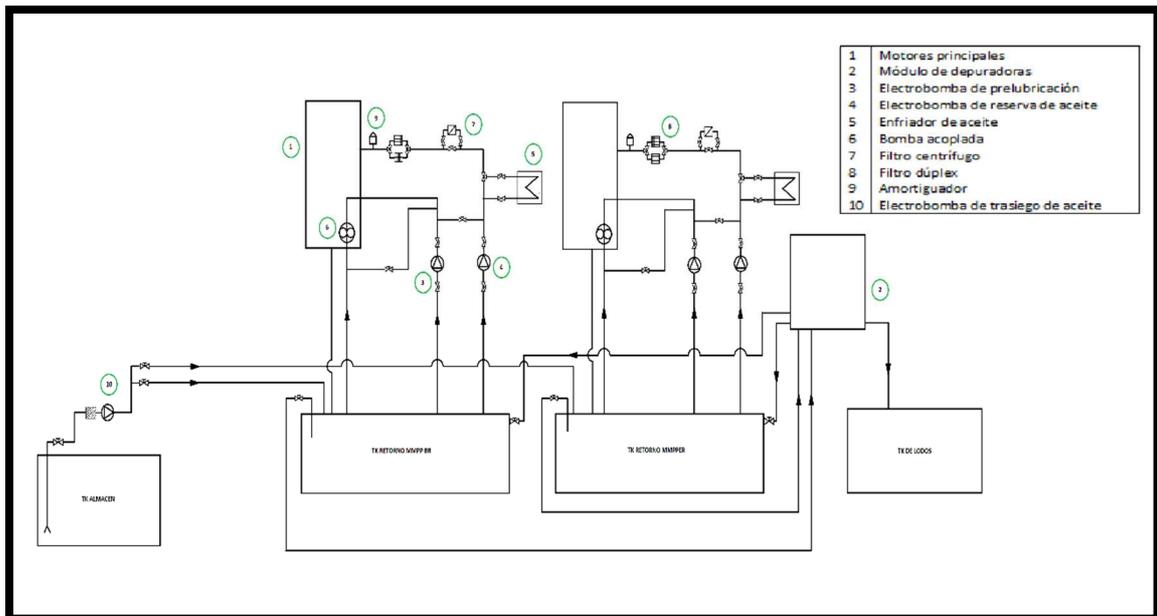


**Ilustración 34: Lubricación en puntos especiales.**

**Fuente [7]**

### 5.3.2 ELEMENTOS EXTERNOS.

El sistema de aceite se encuentra ubicado por completo en la sala de máquinas, a continuación, mostraremos un esquema básico de este para un mejor entendimiento:



**Ilustración 35: Sistema de aceite lubricante.**

**Fuente: elaboración propia.**

El aceite lubricante se almacena en el tanque almacén y de este se pasa a los tanques de retorno en función de las necesidades con la ayuda de la bomba de trasiego de aceite. Y de estos tanques aspiran las depuradoras para refinar el aceite y posteriormente ser devuelto a los tanques de retorno. Las impurezas que separen las depuradoras irán a un tanque destinado para ello, tanque de lodos.



**Ilustración 36: Depuradoras de aceite.**

**Fuente: Trabajo de campo.**

El equipo externo al motor consta de dos bombas, ambas eléctricas una de reserva por si fallara la acoplada y la de prelubricación, para mantener la circulación de aceite lubricante mientras el motor está parado.



Presión de trabajo: 3.5 – 4 bar.

Alarma por baja presión: 3 bar.

Parada por baja presión: 2 bar.

**Ilustración 37: Bombas de reserva de aceite.**

**Fuente: Trabajo de campo.**



Presión de trabajo: 1 bar.

**Ilustración 38: Bomba de prelubricación.**

**Fuente: Trabajo de campo.**

Con el motor parado la bomba de prelubricación aspira del tanque de retorno de aceite para hacerlo pasar por el enfriador de aceite si es necesario, esto lo controla una termostática en función de la temperatura que tenga el aceite en cada momento.







**Ilustración 43: Enfriador de aceite.**

**Fuente: Trabajo de campo.**



**Ilustración 44: Filtros de aceite (automático y dúplex).**

**Fuente: Trabajo de campo.**

#### **5.4 SISTEMA DE AGUA DE REFRIGERACIÓN**

El sistema de refrigeración del motor es un circuito cerrado de agua tratada, dividido en dos: un circuito de alta temperatura (AT) y otro de baja temperatura (BT). El agua de refrigeración es enfriada en un enfriador central independiente.

El motor está equipado, de serie, con un enfriador de aire de carga integrado, de dos etapas, para lograr una mayor recuperación de calor o calentamiento del aire de combustión frío. De manera opcional, el enfriador de aire de carga puede estar equipado con dos circuitos de baja temperatura (BT1) y (BT2), pero en este caso los motores solo cuentan con uno (BT1).

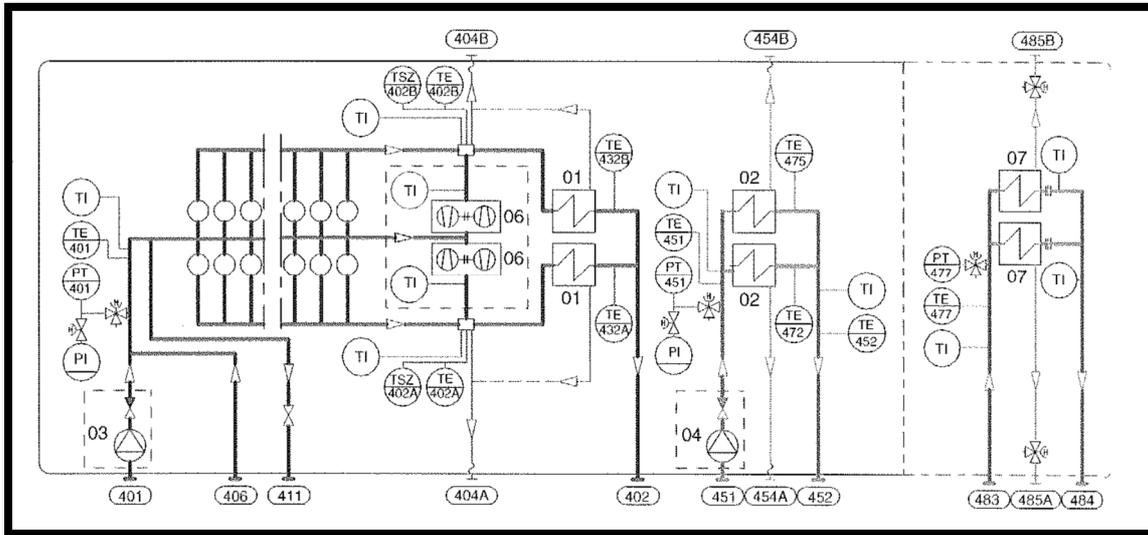
Las bombas de agua accionadas por el motor son bombas centrífugas accionadas por un mecanismo de engranajes montados en el extremo libre del motor. [7]



**Ilustración 45: Bombas acopladas de AT y BT.**

**Fuente: Trabajo de campo.**

La siguiente imagen muestra el ejemplo de un sistema de agua de refrigeración interno.



**Ilustración 46: Esquema de agua propio del motor.**

**Fuente [7]**

COMPONENTES DEL SISTEMA		CONEXIONES DE TUBERÍAS	
01	Enfriador del aire de carga (AT).	401	Entrada de agua de AT.
02	Enfriador del aire de carga (BT).	402	Salida de agua de AT.
03	Bomba de agua de refrigeración (AT) (opcional).	404	Purga de aire de AT.
04	Bomba de agua de refrigeración (BT) (opcional).	406	Agua de precalentamiento al circuito de AT (opcional).
06	Turbocompresor (si es refrigerado por agua).	411	Purga de agua de AT.
07	Enfriador de aire de carga (BT2) (opcional)	451	Entrada de agua de BT (BT1).
		452	Salida de agua BT (BT1).
		454	Purga de aire de BT (BT1).
		483	Entrada de agua de BT2 (opcional).
		484	Salida de agua de BT2 (opcional).
		485	Purga de aire del refrigerador de aire de BT2.

**Fuente [7]**

<b>INSTRUMENTOS ELÉCTRICOS</b>	
PT401	Presión de entrada de agua de AT
TE401	Temperatura de entrada del agua de AT
TE402	Temperatura de salida del agua de AT
TSZ402	Temperatura de salida del agua de AT
PT451	Presión de entrada de agua de BT (BT1)
TE451	Temperatura de entrada del agua de BT (BT1)
TE452	Temperatura de salida del agua de BT (BT1)
PT477	Presión de entrada de agua de BT2
TE477	Temperatura de entrada del agua de BT2
P1	Manómetro
T1	Termómetro

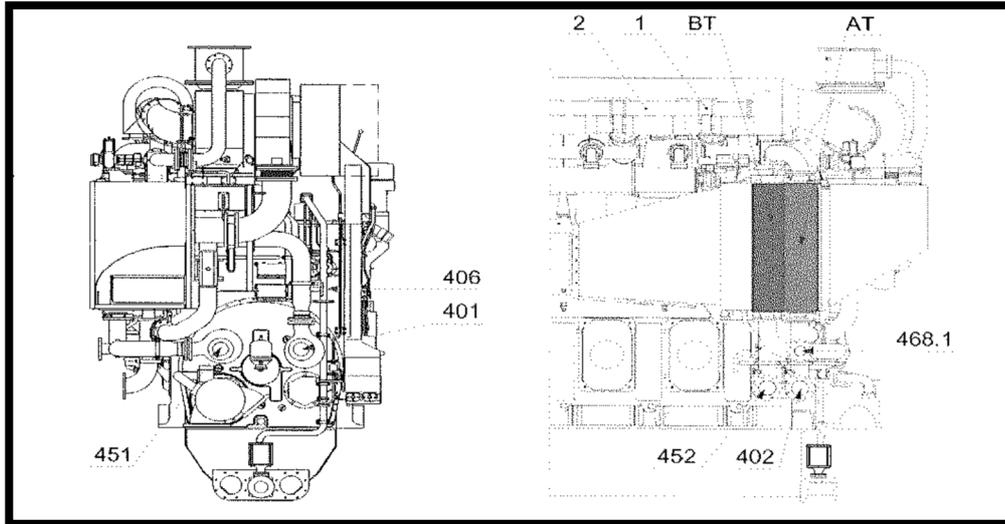
**Fuente [7]**

#### **5.4.1 CIRCUITO DE AT.**

El circuito de AT incluye los cilindros, las culatas, el aire de carga y el turbocompresor. Desde la bomba, el agua fluye al conducto de distribución, el agua fluye a través de los orificios de agua de refrigeración de las camisas de los cilindros, hasta las culatas, donde es obligada, por el tabique intermedio, a fluir a lo largo de la chapa de fuego, alrededor de las válvulas, a los asientos de las válvulas de escape, y hacia arriba, por el casquillo del inyector de combustible.

Desde la culata, el agua fluye, a través de un racor (1), a la tubería de recolección (2) y, a través de la primera etapa del enfriador de aire de carga o a la unidad de precalentamiento.

Antes de que arranque el motor, este calentador independiente calienta el circuito de AT hasta una temperatura mínima de 70°C, esto es para que al arrancar no haya una diferencia muy grande de temperatura. Si por el contrario el motor no estuviera a una cierta temperatura, al arrancar y haber una diferencia de temperatura en tan poco tiempo, podría producir fisuras en culatas y camisas. Esto tiene una gran importancia cuando se arranca el motor y se deja en ralentí, utilizando combustible pesado. [7]



**Ilustración 47: Conexiones de agua de refrigeración, AT y BT.**

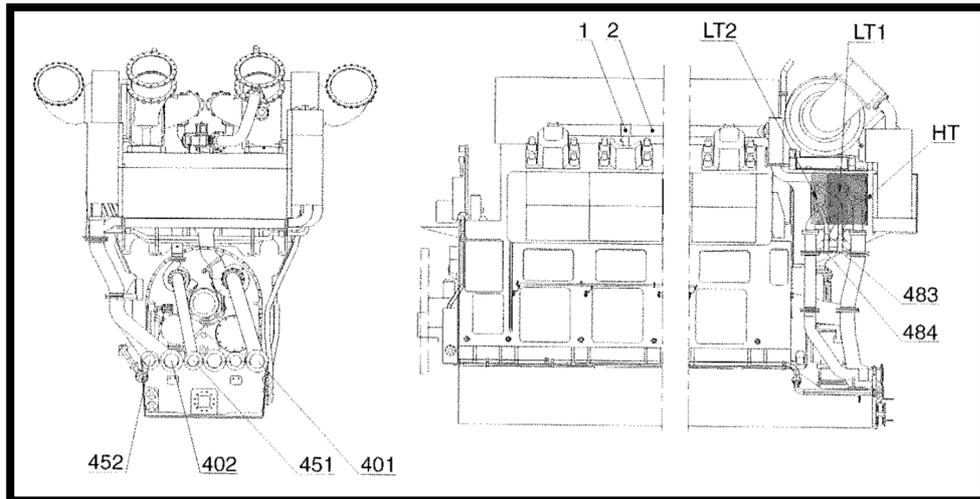
**Fuente [7]**

<b>401</b>	Entrada de agua de AT.
<b>402</b>	Salida de agua de AT.
<b>451</b>	Entrada de agua de BT.
<b>452</b>	Salida de agua de BT.
<b>406</b>	Agua procedente del precalentador.
<b>468.1</b>	Agua de BT a la derivación del enfriador de aire o al generador.
<b>AT</b>	Lado de AT del enfriador de aire de carga.
<b>BT</b>	Lado de AT del enfriador de aire de carga.

**Fuente [7]**

#### **5.4.2 CIRCUITO DE BT.**

El circuito de BT refrigera el aire de carga y el aceite de lubricación. El agua de BT fluye, primeramente, a través de la segunda etapa del enfriador de aire de carga, al enfriador de aceite de lubricación independiente, y a través de la válvula de control de temperatura independiente. [7]



**Ilustración 48: Conexiones de agua de refrigeración, AT y BT.**

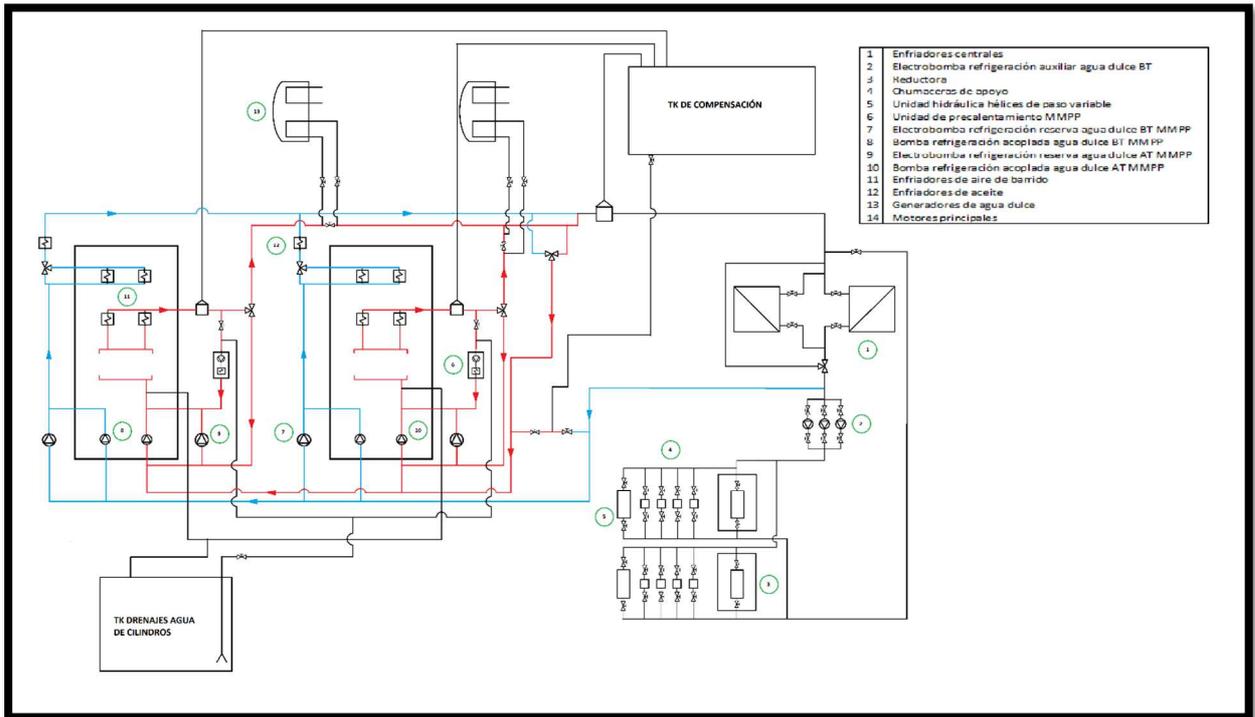
**Fuente [7]**

<b>401</b>	Entrada de agua de AT.	<b>402</b>	Salida de agua de AT.
<b>451</b>	Entrada de agua de BT.	<b>452</b>	Salida de agua de BT (BT1).
<b>483</b>	Entrada de agua de BT2.	<b>484</b>	Salida de agua de BT2
<b>AT</b>	Lado de AT del enfriador de aire de carga.		
<b>BT1</b>	Lado de BT del enfriador de aire de carga, primera etapa.		
<b>BT2</b>	Lado de BT del enfriador de aire de carga, segunda etapa.		

**Fuente [7]**

### 5.4.3 ELEMENTOS EXTERNOS.

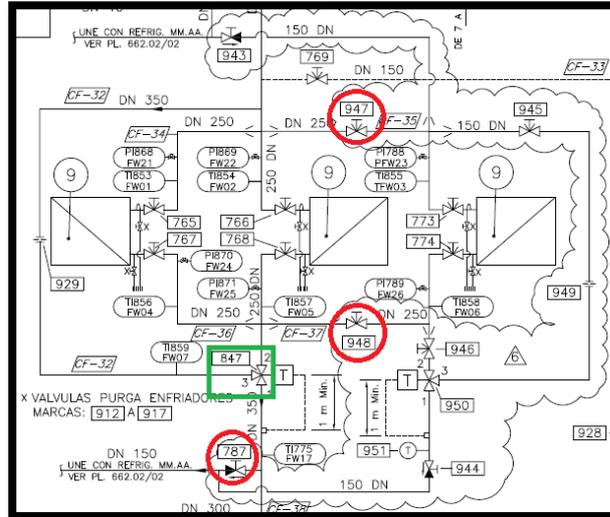
Este sistema se encuentra ubicado por completo en la sala de máquinas, a continuación, mostraremos un esquema básico de este para un mejor entendimiento:



**Ilustración 49: Sistema de agua dulce de refrigeración.**

**Fuente: elaboración propia.**

En cuanto al sistema externo de refrigeración del motor nos encontramos, primeramente, con tres enfriadores centrales (9), los cuales en condiciones normales se usan dos para la refrigeración de los motores principales y el otro para la refrigeración de los motores auxiliares por lo que las válvulas 947, 948 y 787 deberán de estar cerradas para el correcto funcionamiento.



**Ilustración 50: Sistema de refrigeración.**

Fuente [6]



**Ilustración 51: Enfriadores centrales.**

Fuente: Trabajo de campo.

Circuito AT.

Temperatura AT: 85-90°C

Alarma: 105°C

Parada por alta temperatura: 110°C

Circuito BT.

Temperatura BT: 35-45°C

A la salida de los enfriadores centrales nos encontramos con una válvula termostática de tres vías (847), esta es la encargada de regularnos la temperatura a la salida en función del set point que se le haya establecido, en este caso son 65°C, esta temperatura estará en función de la temperatura exterior para evitar que se produzca una condensación excesiva; por lo que habrá que estar “jugando” con el set point. Y a partir de aquí ya se pueden distinguir dos caminos AT y BT.

Una parte del agua de BT es aspiradas por las bombas (8) las cuales envían el agua a la refrigeración de los equipos auxiliares como son reductoras (2), chumaceras de apoyo (3), unidades hidráulicas de las hélices de paso variables (5) y el tanque cisterna y observación de purgas (14) y de estos vuelve a los enfriadores.

La otra parte del agua de BT se va a refrigerar los motores, aquí tenemos dos bombas, una eléctrica (10) que la tendremos de reserva y la acoplada al motor que será la que trabaje en condiciones normales. El agua es conducida hasta la etapa de BT de los enfriadores del aire de carga y de aquí pasa a los enfriadores de aceite lubricante (15) siendo controlada siempre por una válvula termostática de tres vías (845, 844), donde en función de la temperatura enfriará más o menos el aceite lubricante.

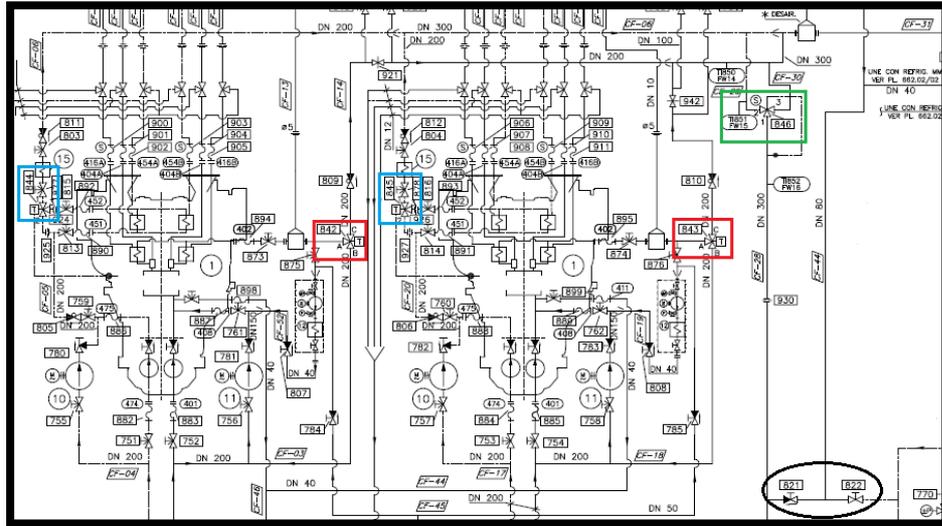


Presión de trabajo: 2.8 - 4.4 bar.

Alarma: 2 bar.

**Ilustración 52: Bomba de reserva de BT.**

**Fuente: Trabajo de campo.**



**Ilustración 53: Sistema de refrigeración / termostáticas.**

**Fuente [6]**

A través de las válvulas 822 y 821 que siempre están abiertas pasamos al circuito de AT, al igual que el circuito de BT nos encontramos con dos bombas, la acoplada al motor y la eléctrica (11) que tendremos de reserva. Esta agua fluye a través de las camisas y culatas hasta llegar a la etapa de AT del enfriador de aire de carga, tras este se hace pasar por un desaireador y llegamos a la termostática (843, 842) la cual puede retornar el agua de vuelta al motor si no está lo suficientemente caliente, o mandarla a los enfriadores.



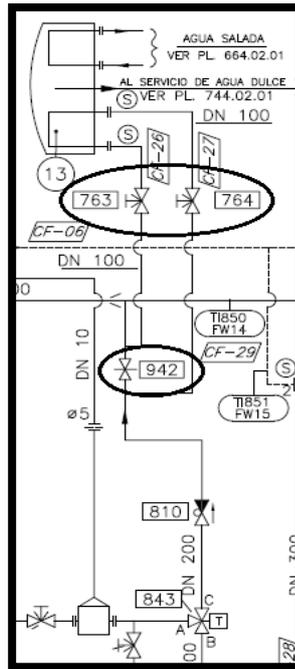
Presión de trabajo: 3.2 – 4.8 bar.

Alarma: 2 bar.

**Ilustración 54: Bomba de reserva de AT.**

**Fuente: Trabajo de campo.**

Ambos circuitos van a un mismo punto, a un desaireador común o a la válvula termostática (846), esta trabaja como si fuera un enfriador más, ya que en función del set point establecido ella controlará el caudal tanto de BT como de AT consiguiendo así la temperatura deseada que en este caso es de 65°C. Esta agua de AT se puede aprovechar para generar agua dulce también, estrangulando la válvula (942, 921) y abriendo la entrada y salida a los evaporadores (764/763 y 919/920) conseguiremos la circulación a través de este, el cual, en funcionamiento actúa como otro enfriador más.



**Ilustración 55: Sistema de refrigeración / generadores de agua dulce.**

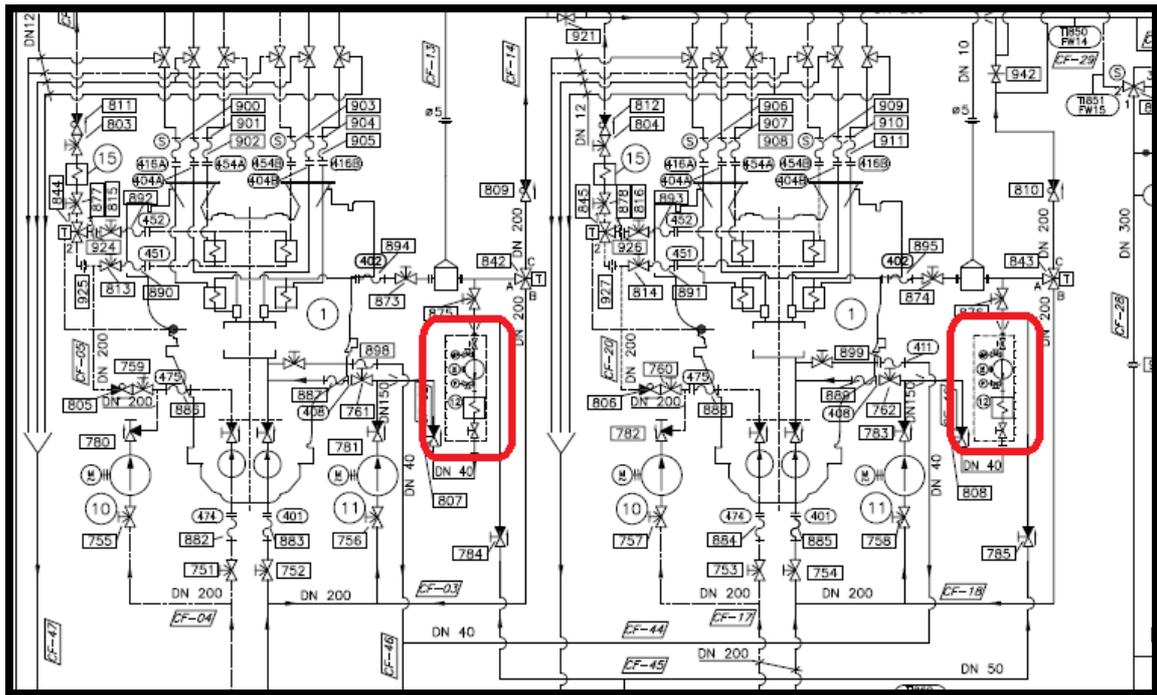
**Fuente [6]**



**Ilustración 56: Generadores de agua dulce.**

**Fuente: Trabajo de campo.**

Todo lo que hemos hablado hasta ahora sobre el sistema de refrigeración es estando la máquina arrancada, lo único a tener en cuenta cuando la máquina está parada es que en lugar de enfriar tenemos que calentar para mantener una temperatura adecuada en los motores, y esto se consigue con los precalentadores de vapor (12), en este caso la bomba arranca automáticamente al parar los motores y solo habría que abrirle la entrada de vapor para que este en correcto funcionamiento.

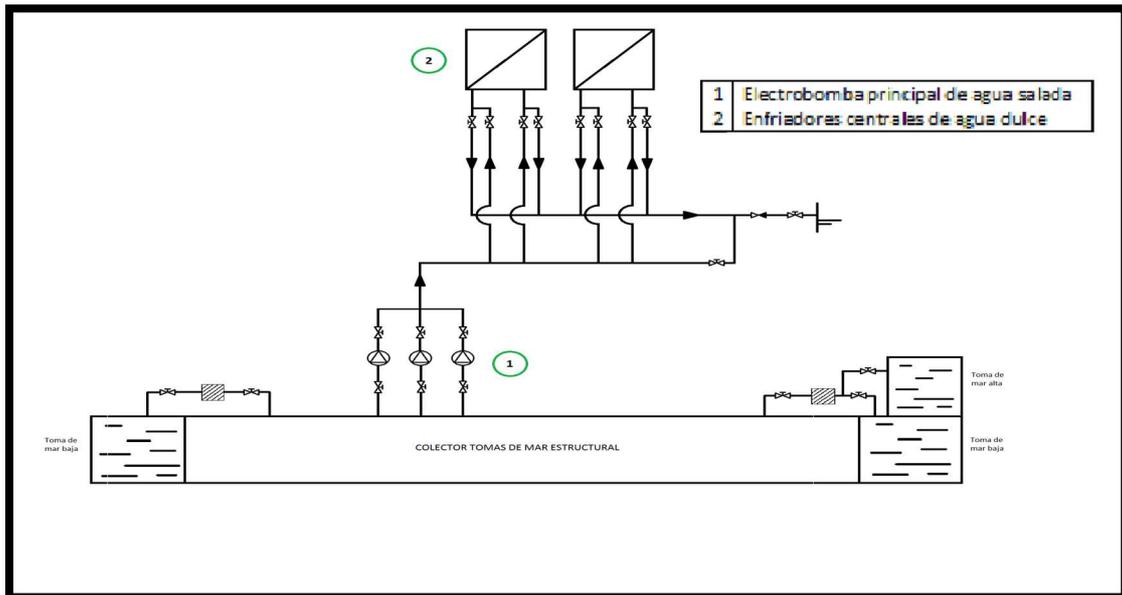


**Ilustración 57: Sistema de refrigeración / precalentadores.**

Fuente [6]

## 5.5 SISTEMA DE AGUA SALADA

Este sistema es el más sencillo de todos ya que solo utilizamos el agua salada para enfriar el agua dulce que se encargará luego de refrigerar todos los elementos del motor. Esto se hace por varios motivos, el más importante, utilizar lo menos posible el agua salada y con esto evitar problemas de corrosión, incrustaciones y demás en las tuberías implicadas.



**Ilustración 58: Sistema de agua salada.**

**Fuente: Elaboración propia.**

Además, si hay una fuga de agua en el aceite, no es lo mismo con agua dulce que con agua salada, ya que, con esta última es peor puesto que emulsiona el aceite lo que implica su inmediata renovación. Algo que es poco probable puesto que la presión de aceite siempre será mayor para evitar este problema.

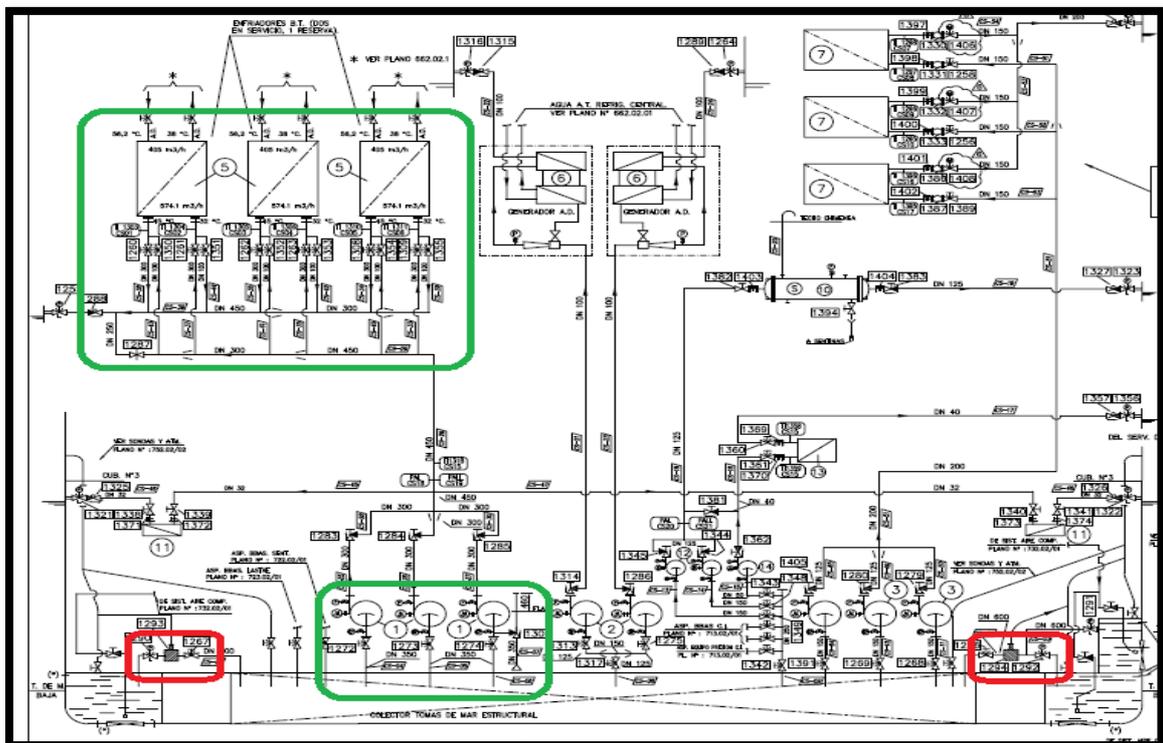
El sistema cuenta con tres bombas eléctricas las cuales aspiran de un colector común y mandan el agua a los enfriadores centrales para luego ser devuelta al mar. El sistema cuenta con unos filtros para el agua salada a la que se le hace pasar antes de ser introducida en el colector común.



**Ilustración 59: Enfriadores centrales.**  
**Fuente: Trabajo de campo.**



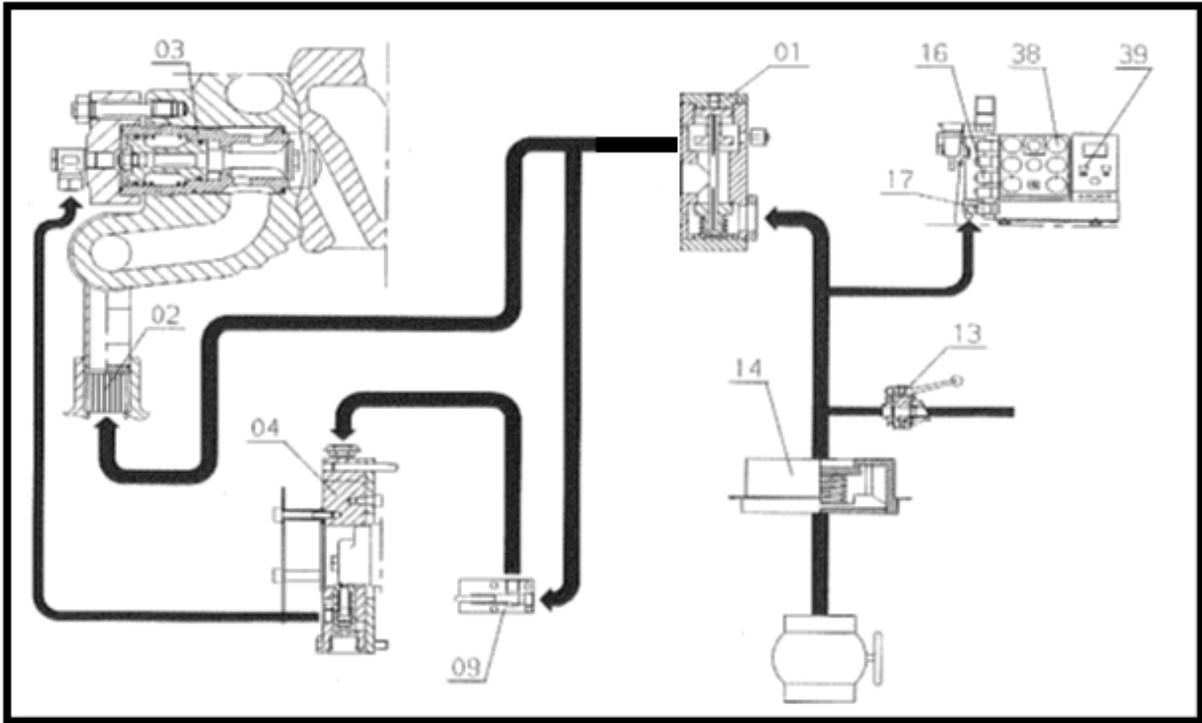
**Ilustración 60: Bombas principales de agua salada.**  
**Fuente: Trabajo de campo.**



**Ilustración 61: Sistema de agua salada.**

**Fuente [6]**

## 5.6 SISTEMA DE AIRE DE ARRANQUE.



**Ilustración 62: Esquema de sistema de arranque.**

**Fuente [7]**

El motor se arranca con aire comprimido a una presión máxima de 30 bar. La presión mínima requerida es de 15 bar. La válvula de arranque principal (01) es de un diseño especial. Un manómetro (38) montado en el panel de control local indica la presión antes de la válvula principal de arranque. La tubería de admisión de aire, desde la botella de aire de arranque, viene equipada con una válvula de retención (14) y una válvula de descarga (13) antes de la válvula principal de arranque (01).

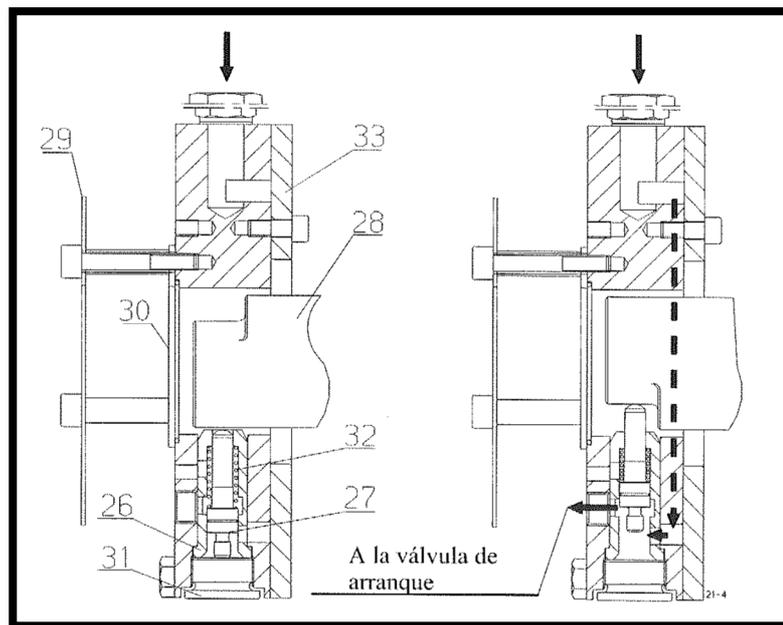
La válvula principal de arranque, se acciona neumáticamente por medio de la válvula de solenoide (16). Se activa al presionar el pulsador de arranque (39) en el panel local de instrumentos o activando la solenoide con el control en remoto.

Al abrir la válvula principal de arranque el aire entra y pasa parcialmente a través del apagachispas (02) a la válvula de arranque (03) en las culatas. Parte del aire entra por la válvula (09) del virador (si no está engranado) y por el distribuidor de aire (04) para

abrir las válvulas de arranque de las culatas. El distribuidor del aire de arranque controla el momento de apertura y la secuencia de las válvulas de arranque.

La válvula de seguridad (09) del virador impide que el motor arranque con el virador engranado. [7]

### 5.6.1 DISTRIBUIDOR DE AIRE DE ARRANQUE.



**Ilustración 63: Distribuidor de aire de arranque.**

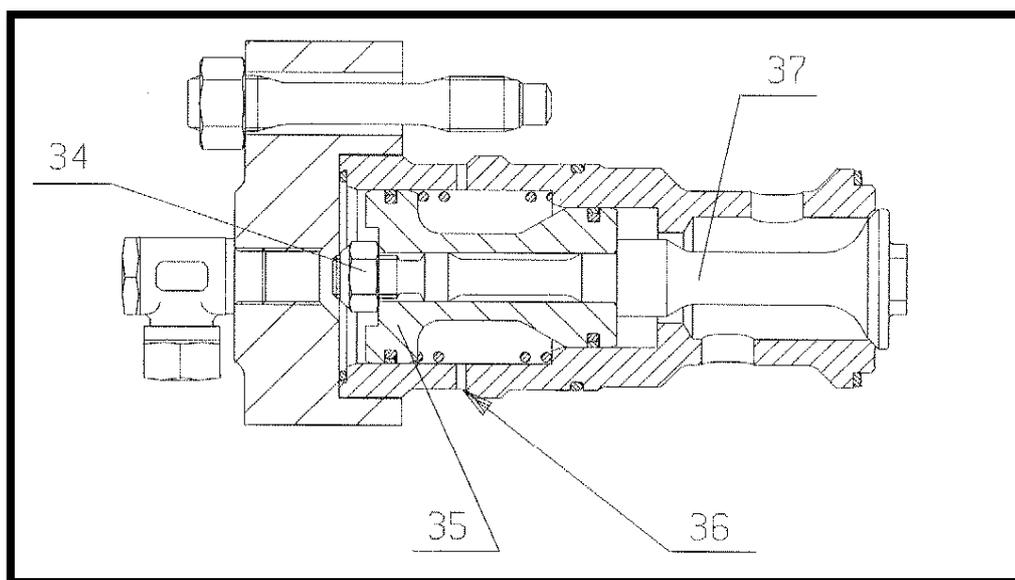
**Fuente [7]**

El distribuidor de aire de arranque es del tipo de pistón con camisas intercambiables mecanizadas con precisión (26). Las camisas, así como los pistones son de materiales resistentes a la corrosión. Los pistones del distribuidor están controlados por una leva (28). Cuando se abre la válvula de arranque principal, los pistones de control (27) son presionados contra la leva de manera que el pistón de control para el cilindro del motor que está en la posición de arranque admite aire de control al pistón (35) de la

válvula de arranque. La válvula de arranque se abre y permite que pase aire a presión al interior del cilindro del motor.

El procedimiento se repetirá mientras la válvula de arranque principal esté abierta o hasta que la velocidad del motor sea tan alta que se produzca el arranque del motor. Después de que la válvula de arranque se ha cerrado, la presión cae rápidamente y los muelles (32) levantan los pistones separándolos de la leva. Esto implica que los pistones tocan la leva solamente durante el ciclo de arranque y, por consiguiente, el desgaste es insignificante. [7]

### 5.6.2 VÁLVULA DE ARRANQUE.



**Ilustración 64: Válvula de arranque.**

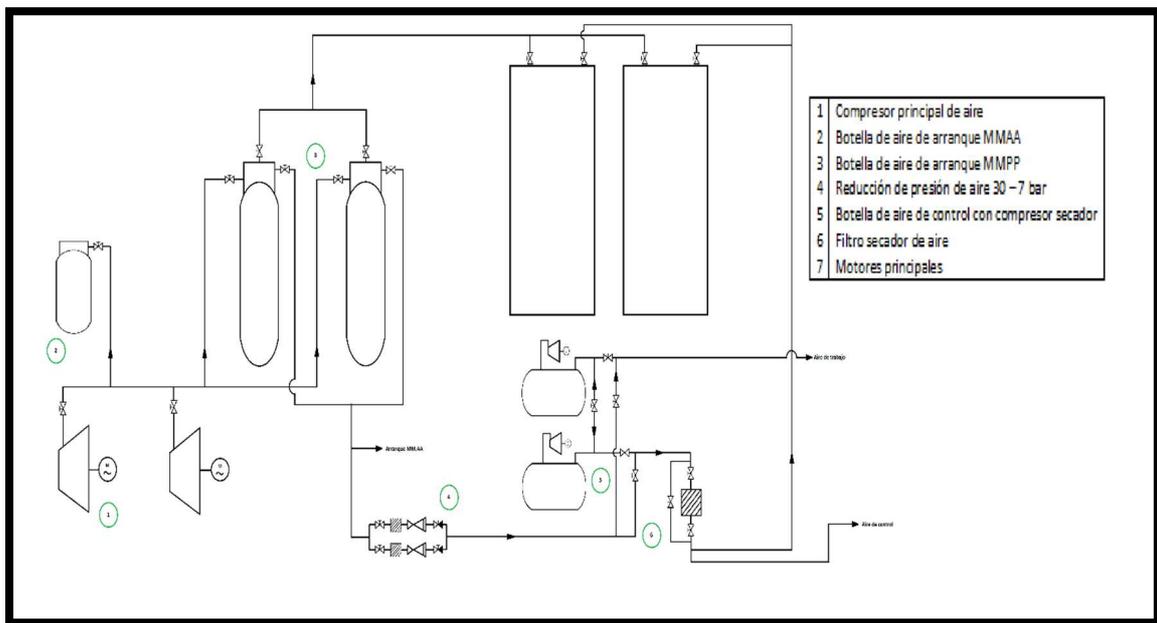
**Fuente [7]**

La válvula de arranque se acciona por medio del aire a presión de control, proveniente del distribuidor de aire de arranque, este aire que lo acciona es aire de arranque a 30 bar, al que se le ha reducido la presión a 7 bar por medio de una reductora

de presión que tiene incorporada el propio motor. La válvula consta de un vástago (37) con un pistón (35), cargado por un muelle, montados en alojamientos separados. [7]

### 5.6.3 ELEMENTOS EXTERNOS.

El sistema de aire se encuentra ubicado por completo en la sala de máquinas, a continuación, mostraremos un esquema básico de este para un mejor entendimiento:



**Ilustración 65: Sistema de aire de arranque.**

**Fuente: Elaboración propia.**

En el sistema de aire comprimido se distinguen tres tipos de aire: de arranque a 30 bar de presión y aire de trabajo y control ambos a 7 bar de presión.

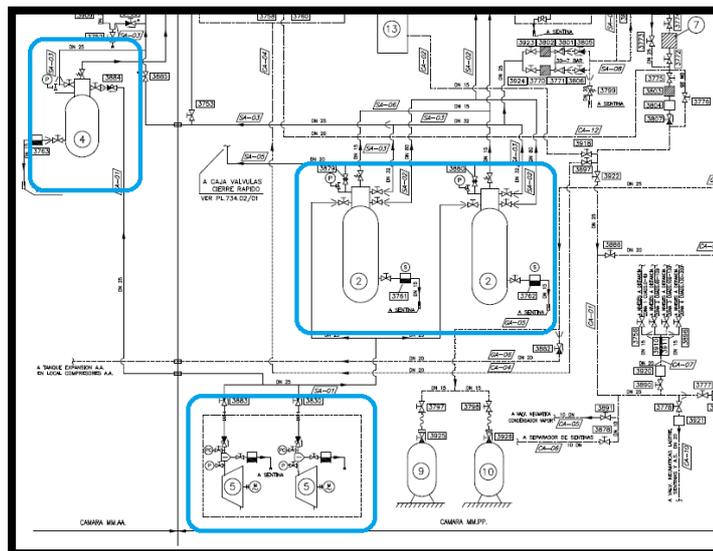
El aire de arranque se usa principalmente, como su propio nombre indica, para el arranque de los motores, tanto los principales como los auxiliares. Este sistema consta de dos compresores principales (5) los cuales van a dos botellas de aire de arranque de los motores principales (2) de 2000 litros cada una a 30 bar de presión y a una botella para el

arranque de los motores auxiliares (4) de 250 litros y 30 bar de presión. Este aire también es usado para el tífón (6).



**Ilustración 66: Compresores de aire de arranque.**

**Fuente: Trabajo de campo**



**Ilustración 67: Sistema de aire/Botellas y compresores principales.**

**Fuente [6]**



**Ilustración 68: Botellas aire de arranque MMPP.**

**Fuente: Trabajo de campo.**



**Ilustración 69: Botella aire de arranque MMAA.**

**Fuente: Trabajo de campo.**

El aire a 7 bar es producido por dos compresores de baja los cuales tienen su propia botella (8) de 125 litros cada una, la diferencia entre el aire de control y aire de trabajo es el filtro secador (7) que tiene el aire de control, esto se debe a que sus usos son diferentes y el contenido en agua podría perjudicar los equipos, aparte de esto el aire de control también está lubricado. También existe una reductora de presión que comunica las botellas de 30 bar con la línea de aire de baja, esto se usa en caso de emergencia o que haya mucha demanda de aire de trabajo.



**Ilustración 70: Compresores de aire de baja.**

**Fuente: Trabajo de campo.**



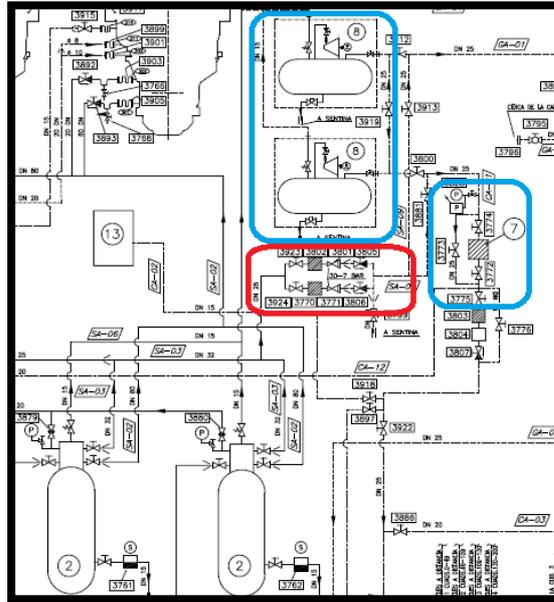
**Ilustración 71: Filtro secador de aire.**

**Fuente: Trabajo de campo**



**Ilustración 72: Reductora de presión 30-7 bar.**

**Fuente: Trabajo de campo.**



**Ilustración 73: Sistema de aire/Compresores de baja, filtro secador y reductora de presión.**

**Fuente [6]**

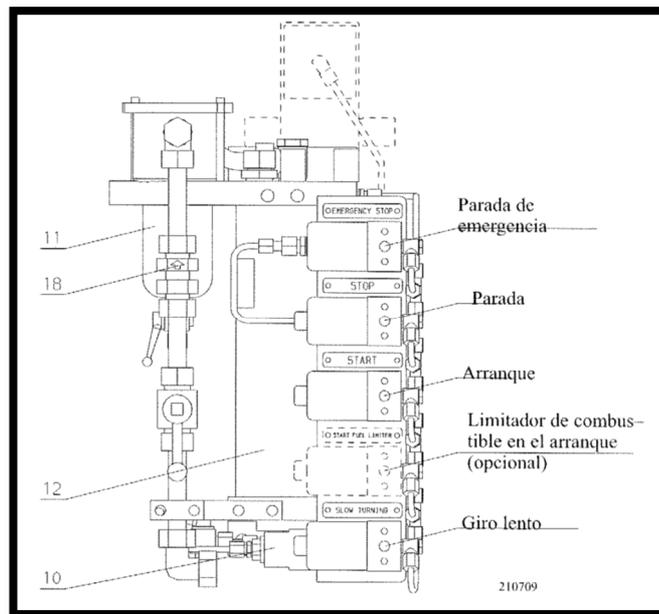
El aire de control se usa en los motores principales para el detector de niebla en el cárter y para el suministro de aire a la unidad de alimentación de agua para la limpieza de las turbinas y compresores (13). A parte de esto también se usa para el accionamiento de válvulas neumáticas, separador de sentinas, trompetas de alarma, módulos de combustible y depuradoras.

El aire de trabajo tiene otros usos como son: todas las tomas de aire a lo largo de las distintas cubiertas, a las válvulas de rociadores de garajes, a las distintas tomas de mar, al tanque de presión de sprinklers y a los diferentes hidrofornos: agua destilada (9), sistema de contraincendios (10) y agua sanitaria (11).

#### 5.6.4 SISTEMA NEUMÁTICO DE ARRANQUE.

El motor está equipado con un sistema neumático para el control de las siguientes funciones mediante electroválvulas idénticas:

- Giro lento del motor.
- Limitación del combustible de arranque (opcional).
- Arranque del motor.
- Parada del motor (disparo por sobrevelocidad).
- Parada de emergencia.



**Ilustración 74: Electroválvulas.**

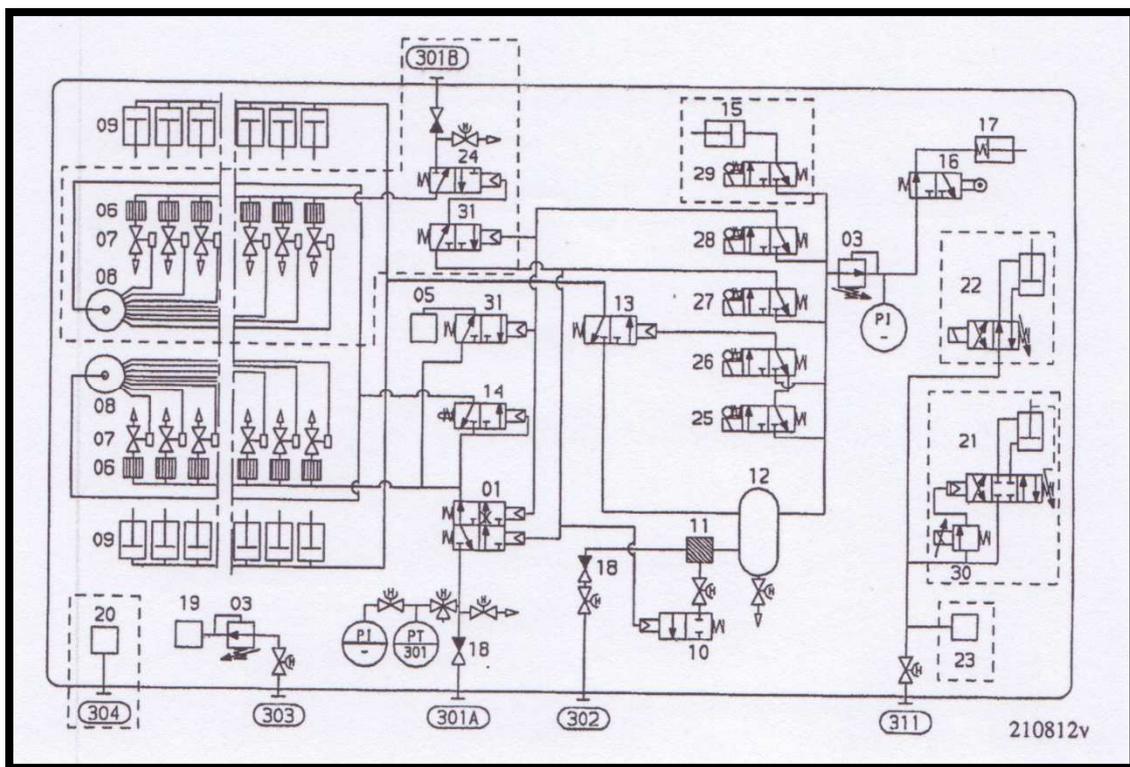
**Fuente [7]**

Existen diversas formas del sistema neumático propio del motor, esto dependerá de lo que el fabricante decida que es mejor, ya que hay que tener en cuenta muchos aspectos: el tipo de motor, si es en línea o en V, de las características que se quieran, del tamaño del motor, etc.

Este motor, Wärtsilä 12V46, tiene dos variantes del sistema neumático de arranque:

- a. Sistema de aire de arranque con válvula de arranque principal y la válvula de giro lento integradas en una misma unidad.

La siguiente imagen muestra el ejemplo de un sistema de aire de arranque interno, con la válvula de aire de arranque principal y la válvula de giro lento integradas en la misma unidad. [7]



**Ilustración 75: Sistema de aire de arranque interno.**

**Fuente [7]**

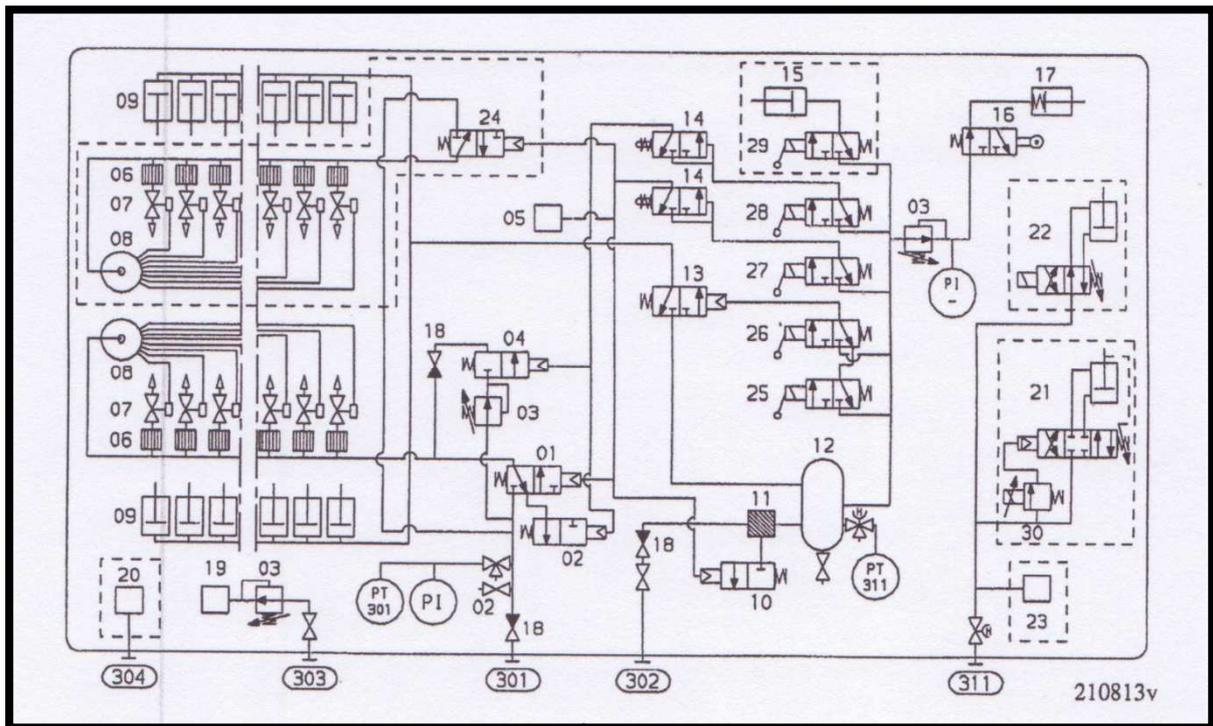
01	Válvula de arranque principal		
03	Válvula de control de presión		
05	Servoarranque del regulador de velocidad		
06	Apagallamas		
07	Válvula de aire de arranque, de la culata		
08	Distribuidor de aire de arranque		
09	Cilindro neumático de cada bomba de inyección		
10	Válvula de purga automática		
11	Filtro de alta presión		
12	Depósito de aire		
13	Válvula de parada		
14	Válvula de bloqueo, cuando el virador está engranado		
15	Limitador del combustible de arranque		
16	Válvula de cierre		
17	Dispositivo mecánico de disparo por sobrevelocidad		
18	Válvula antirretorno		
19	Detector de niebla de aceite		
20	Regulador de velocidad		
21	Válvula waste-gate		
22	Válvula de derivación		
23	Unidad de limpieza de la turbina y el compresor		
31	Válvula de paso		
<b>INTRUMENTOS ELÉCTRICOS</b>		<b>CONEXIONES DE TUBERÍAS</b>	
25	Parada automática	301	Entrada de aire de arranque
26	Parada de emergencia	302	Entrada de aire de control
27	Arranque	303	Aire de acondicionamiento al detector de niebla de aceite
28	Giro lento	304	Aire de ajuste de velocidad al regulador
30	Convertidor I/P	PI	Manómetro
PT301	Presión de entrada del aire de arranque		

Fuente [7]

El sistema incluye un filtro (11), una válvula de purga automática (10) y además un depósito de aire (12), así como las válvulas antiretorno (18) para garantizar la presión del sistema en caso de una caída de la presión de alimentación. La válvula de arranque principal (01), descrita detalladamente en el apartado 1.4.2, es accionada por las electroválvulas (28) y (27) para el giro lento, y por la (27) para el arranque a distancia. Al mismo tiempo que se acciona la válvula de arranque principal, se envía un impulso al separador de agua automático, que se abre durante el ciclo de arranque para expulsar el agua condensada separada por el filtro de aire (11). [7]

- b. Sistema de aire de arranque con la válvula de arranque principal y la válvula de giro lento separadas.

La siguiente imagen muestra el ejemplo de un sistema de arranque interno con la válvula de arranque principal y la válvula de giro lento separadas.



**Ilustración 76: Sistema de aire de arranque interno.**

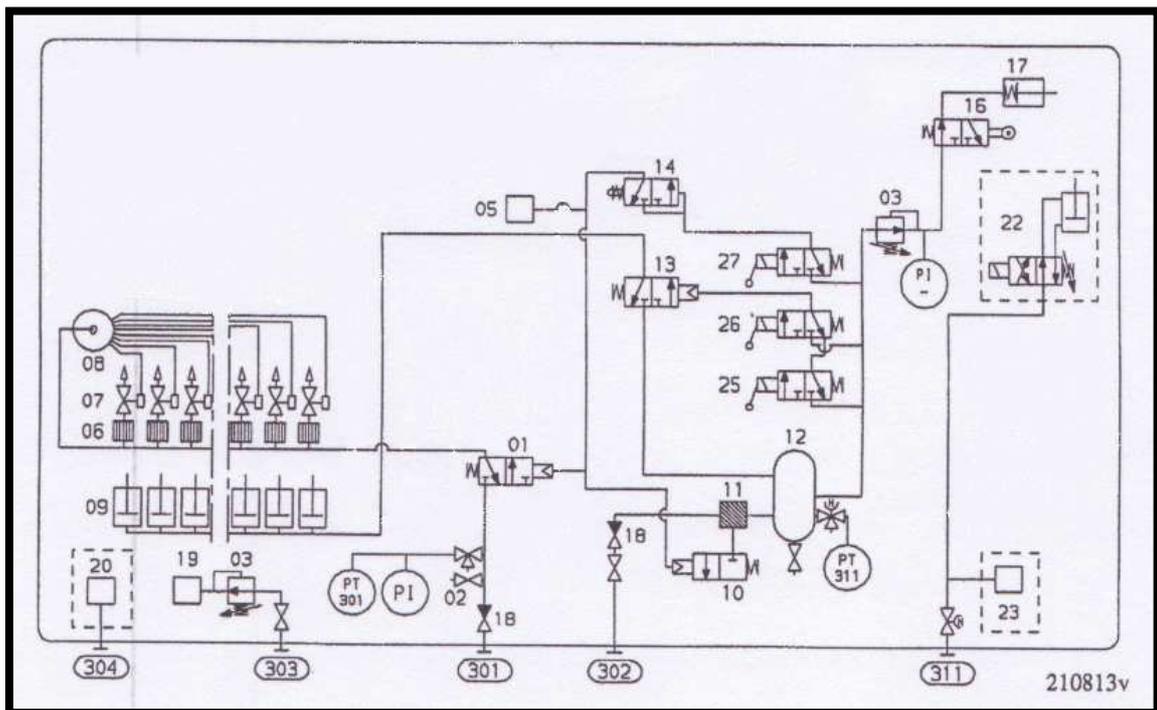
Fuente [7]

01	Válvula de aire de arranque principal		
02	Válvula de purga		
03	Válvula de control de presión		
04	Válvula de giro lento		
05	Servoarranque del regulador de velocidad		
06	Apagallamas		
07	Válvula de aire de arranque, de la culata		
08	Distribuidor del aire de arranque		
09	Cilindro neumático de cada bomba de inyección		
10	Válvula de purga automática		
11	Filtro de alta presión		
12	Depósito de aire		
13	Válvula de parada		
14	Válvula de bloqueo, cuando el virador está engranado		
15	Limitador de combustible		
16	Válvula de cierre		
17	Dispositivo mecánico de disparo por sobrevelocidad		
18	Válvula antirretorno		
19	Detector de niebla de aceite		
20	Regulador de velocidad		
21	Válvula waste-gate		
22	Válvula de derivación		
23	Unidad de limpieza de la turbina y el compresor		
<b>INSTRUMENTOS ELÉCTRICOS</b>		<b>CONEXIONES DE TUBERÍAS</b>	
25	Parada automática	301	Entrada de aire de arranque
26	Parada de emergencia	302	Entrada de aire de control
27	Arranque	303	Aire de acondicionamiento al detector de niebla de aceite
28	Giro lento	304	Aire de ajuste de velocidad al regulador
30	Convertidor I/P	311	Aire de control
PT301	Presión de entrada del aire de arranque	PI	Manómetro

Fuente [7]

El sistema incluye un filtro (11), una válvula de purga automática (10) y además un depósito de aire (12), así como las válvulas antiretorno (18) para garantizar la presión del sistema en caso de una caída de la presión de alimentación. La válvula de giro lento (04) es accionada por la electroválvula (28) para el giro lento, y la válvula de arranque principal (01) es accionada por la electroválvula (27) para el arranque a distancia. Al mismo tiempo que se acciona la válvula de arranque principal, se envía un impulso al separador de agua automático, que se abre durante el ciclo de arranque para expulsar el agua condensada separada por el filtro de aire (11). [7]

Pero el sistema neumático de arranque que tiene estos motores tiene algunas modificaciones con respecto a los anteriores, ya que, por motivos de diseño o porque durante su uso se ha visto que estos elementos no eran necesarios.



**Ilustración 77: Sistema de arranque interno.**

**Fuente [7]**

Como se puede ver en el esquema anterior el sistema de arranque queda mucho más simplificado que los dos anteriores. Esto se debe a que se han suprimido dos de las solenoides, la de giro lento y la de limitador de combustible de arranque. La de giro lento se ha desinstalado con el tiempo ya que no se usaba y la de limitador de combustible de arranque desde un principio se ha prescindido de ella, por motivos del fabricante. Por motivos del fabricante también solo se ha instalado el distribuidor de aire de arranque en una de las bancadas solamente.

Y por último la waste-gate, que no es más que una válvula de desahogo la cual comunica la línea de aire de barrido con la línea de gases de escape, para evitar sobrepresiones en el lado del compresor de la turbo, a modo de válvula de seguridad. Esta se decidió quitar con el tiempo ya que en el régimen que trabajan estos motores nunca se producirá una sobrepresión como para activar esta válvula.

## **VI. CONCLUSIONES**



## **VI. CONCLUSIONES**

Con este apartado finalizaremos el contenido de este trabajo de fin de grado hablando de las conclusiones que hemos obtenido con la relación del mismo:

- Hemos conocido el barco tanto a nivel general como en lo que se refiere a la máquina, características de los elementos más importantes como son motores principales, reductora y alternadores de cola. Al igual que la distribución de la sala de máquinas.
  
- Hemos diferenciado cuales son los diferentes sistemas de los que constan los motores principales para su correcto funcionamiento.
  
- Hemos identificado los sistemas de los que consta y los hemos conocido a nivel del propio del motor.
  
- Hemos entendido el correcto funcionamiento de los sistemas esenciales en lo que se refiere a todos los elementos externos al motor.



## **VII. BIBLIOGRAFIA**



## VII. BIBLIOGRAFIA

- [1] <http://www.navieraarmas.com/es/>.
- [2] [http://www.buques.org/Navieras/Armas/Armas-1\\_E.htm](http://www.buques.org/Navieras/Armas/Armas-1_E.htm).
- [3] [https://es.wikipedia.org/wiki/Naviera\\_Armas](https://es.wikipedia.org/wiki/Naviera_Armas).
- [4] <http://www.baixamar.com/buques.php>.
- [5] <https://www.marinetraffic.com>.
- [6] Datos pertenecientes al buque.
- [7] Manual instrucciones WÄRTSILÄ 12V46.
- [8] <http://www.castrol.com>.
- [9] Manual REINTJES BV-K70 629/2007-02.
- [10] Manual Alternador ES-2327j.