



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

Trabajo Fin de Grado
CURSO 2020/2021

BULKCARRIER 100 000 T.P.M

Grado en Ingeniería Naval y Oceánica

ALUMNA/O

Sofia Fraga Ludeiro

TUTOR

Marcos Míguez González

FECHA

JUNIO 2021

1 RESUMEN

1.1 Castellano

En este cuaderno se presenta la definición de la planta propulsora, así como todos aquellos elementos auxiliares que serán limitantes y condicionantes para el óptimo funcionamiento del buque a proyectar. Además, en este cuaderno se dimensionará la cámara de máquinas

1.2 Gallego

Neste caderno presentase a definición da planta propulsora, así como todos aqueles elementos auxiliares que serán limitantes e condicionantes no funcionamento óptimo do buque a proxectar. Ademais neste caderno dimensionarase tamén a súa cámara de máquinas.

1.3 Inglés

In this notebook it's presented the definitions of the propulsion plant as well as all those auxiliary elements that will be determining for optimal operation of the ships to be projected. In addition, the engine room will be dimensions as well.



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

**TRABAJO FIN DE GRADO
CURSO 2020/2021**

BULKCARRIER 100 000 T.P.M

Grado en Ingeniería Naval y Oceánica

Cuaderno 10

**“DEFINICIÓN DE LA PLANTA PROPULSORA Y SUS
AUXILIARES”**



GRADO EN INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA
TRABAJO FIN DE GRADO

CURSO 2020-2021

PROYECTO NÚMERO

TIPO DE BUQUE: Bulkcarrier

CLASIFICACIÓN, COTA Y REGLAMENTOS DE APLICACIÓN: DNV, SOLAS y MARPOL

CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA: 100 000 T.P.M Grano/ mineral

VELOCIDAD Y AUTONOMÍA: 15 nudos en servicio al 85% MCR +15% y 15.000 millas a la velocidad de servicio

SISTEMAS Y EQUIPOS DE CARGA / DESCARGA: Escotillas de accionamiento hidráulico

PROPULSIÓN: Motor dual diésel y gas con hélice de paso fijo

TRIPULACIÓN Y PASAJE: 13 tripulantes

OTROS EQUIPOS E INSTALACIONES:

Lo habitual en este tipo de buques

Ferrol, 2 Octubre 2020

ALUMNO/A: **D^a SOFÍA FRAGA LUDEIRO**

Índice

1 Resumen	2
1.1 Castellano.....	2
1.2 Gallego	2
2 Introducción	7
3 Selección del motor principal	8
3.1 Justificación del Motor Principal.....	8
3.2 Justificación de la Potencia del Motor Principal.....	10
3.3 Selección de la Turbocompresor.....	10
4 Justificación de la Autonomía.....	12
5 Consumos del Motor	13
5.1 Justificación consumos	13
5.1.1 Tanques de Combustible.....	13
5.1.1 Capacidad diésel	13
5.1.2 Capacidad de almacenamiento del tanque de uso diario DO.....	14
5.1.3 Capacidad LNG	14
5.1.1 Capacidad de almacenamiento de tanque de reboses Do:	14
5.2 Capacidad de Aceite.....	15
5.2.1 Tanques de aceite	15
5.2.2 Tanques de aceite usado.....	15
5.3 Capacidad del tanque de Lodos.....	15
6 Sistemas auxiliares de la propulsión del buque.....	16
6.1 Sistemas de refrigeración	16
6.1.1 Sistema de refrigeración centralizado	17
6.1.2 Circuito de agua dulce de baja temperatura.....	17
6.1.3 Circuito de agua dulce para camisas del motor.....	17
6.1.4 Bombas y enfriadores de los sistemas auxiliares.....	18
6.2 Sistemas de lubricación por aceite.....	23
6.2.1 Componentes principales	23
6.2.2 Lubricación de los cilindros.....	26
6.3 Sistema de Exhaustación.....	28
6.4 Sistemas de combustible Diésel	29
6.4.1 Centrifugadoras de combustible	29
6.4.2 Bomba de suministro de fuel oil	29

6.4.3 Bomba de circulación de combustible	30
6.4.4 Pre calentador	31
6.4.5 Filtro de Combustible	32
6.4.6 Aireamiento del fuel	33
6.5 Sistema de Combustible Gas.....	34
6.5.1 Sistema de hidráulico de sellado	35
7 Disposición de la cámara de máquinas	37
8 Anexo I.....	39
8.1 Motor Principal.....	39
9 Anexo II.....	40

2 INTRODUCCIÓN

En este cuaderno se procede a describir la planta propulsora y la planta auxiliar necesarias para el buque de estudio, además de realizar la estimación de consumo y autonomía. Por último, se propondrá la disposición de la cámara de máquinas.

Parámetros de forma del buque	
Eslora entre Perpendiculares	241 m
Manga	38 m
Calado	15,15 m
Puntal	21 m
Desplazamiento (Δ)	119786 t
Superficie Mojada	14483,269 m ²
Coefficiente de Bloque	0,838
Coefficiente Prismático	0,845
Coefficiente de la Maestra	0,996
Coefficiente de Flotación	0,908
Velocidad	15 nudos
Semi ángulo de entrada	36°
Potencia al 85 % MCR	20291,8 Kw
RPM	87 rpm

Se llevará a cabo el estudio del motor propulsor principal seleccionado, así como:

- Servicio de Refrigeración
- Servicio de Lubricación
- Servicio de Combustible
- Servicio de Aire
- Servicio de Exhaustación

3 SELECCIÓN DEL MOTOR PRINCIPAL

3.1 Justificación del Motor Principal

Se ha escogido un solo motor para la planta propulsora debido a las ventajas que este con lleva, entre ellas destaca: la disminución de los costes de compra, instalación o mantenimiento.

Para la selección del motor se ha tenido en cuenta en primera instancia la RPA previamente establecida para el proyecto, además se efectuó una pre estimación en el Cuaderno 1, y posteriormente esta se ha rectificado y corregido con los datos adiciones conseguidos en el “Cuaderno 6”, obteniendo lo siguientes resultados de Navcad.

- **$P_{Btotal} = 20291,8 \text{ Kw}$**
- **$RPM \text{ óptimas} = 87 \text{ rpm}$**

SPEED [kt]	RPMPROP [RPM]	QPROP [kN-m]	QENG [kN-m]	PDPROP [kW]	PSPROP [kW]	PSTOTAL [kW]	PBTOTAL [kW]	TRANSP
12,00	70	1409,33	1409,33	10259,5	10576,8	10576,8	10576,8	685,6
12,50	72	1520,56	1520,56	11504,7	11860,5	11860,5	11860,5	636,9
13,00	75	1637,28	1637,28	12860,9	13258,6	13258,6	13258,6	592,5
13,50	78	1760,12	1760,12	14340,5	14784,0	14784,0	14784,0	551,8
14,00	81	1889,83	1889,83	15958,4	16452,0	16452,0	16452,0	514,3
14,50	84	2027,27	2027,27	17732,3	18280,8	18280,8	18280,8	479,3
+ 15,00 +	87	2173,45	2173,45	19683,1	20291,8	20291,8	20291,8	446,7
16,50	96	2676,08	2676,08	26857,7	27688,3	27688,3	27688,3	360,1

La propulsión se efectuará mediante un motor dual diesel-metano, lento de dos tiempos, directamente acoplado a una hélice de paso fijo de 6 palas. El buque navegará con una velocidad de servicio de 15 nudos en condiciones de servicio a un régimen del 85 % del MCR. En estas condiciones el buque dotará de una autonomía de 15 000 millas.

Como se ha mencionado en el estudio más reciente del “Cuaderno 6”, las necesidades de potencia y las rpm óptimas, se estudia una primera base de datos de motores lentos de dos tiempo debido a la alta potencia demandada :

$$BHP = \frac{PBtotal}{0.85} = 23872,7 \text{ Kw}$$

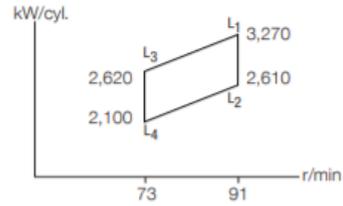
$$RPM \text{ óptimas} = 87 \text{ rpm} \text{ (Dato obtenido Cuaderno 6)}$$

Con este dato se debe de escoger un motor que entregue la potencia requerida, se ha escogido por tanto el siguiente modelo,

- Modelo: **s70ME-C8 de MAN B&W**
- Nº de cilindros: 8 cilindros
- Diámetro del pistón: 0.70 m
- Carrera del pistón: 2800 mm

A través del catálogo de MAN B&W se obtiene el área de trabajo del motor:

Cyl.	L ₁ kW	Stroke: 2,800 mm
5	16,350	
6	19,620	
7	22,890	
8	26,160	



Fuel Oil

L₁ MEP: 20.0 bar

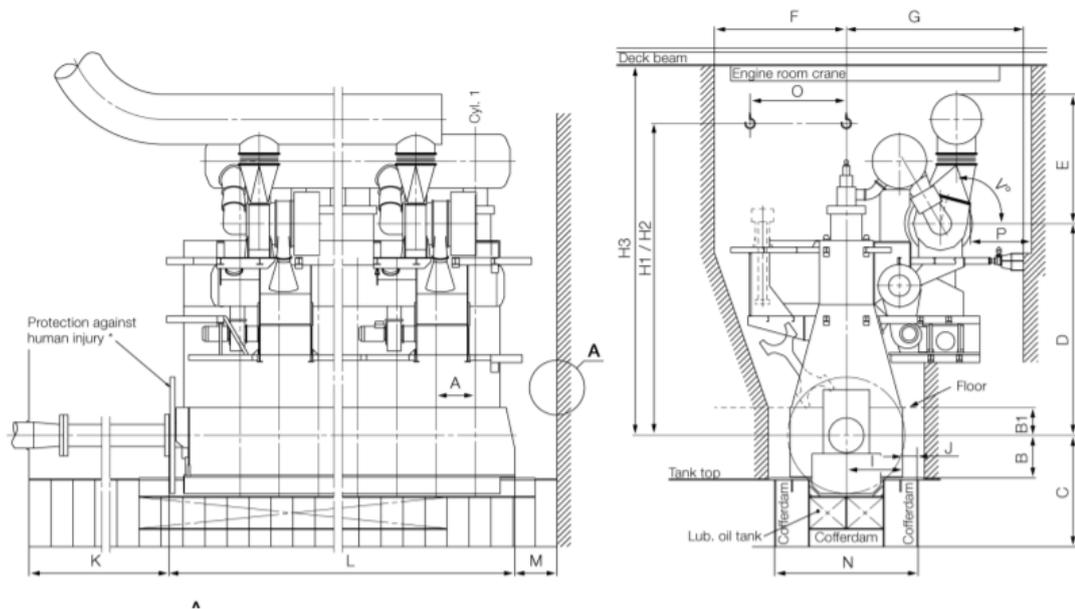
MAN B&W S70ME-C8.5

L₁ SFOC [g/kWh]

SFOC-optimised load range	Tuning	50%	75%	100%
High load	-	167.5	165.0	169.0
Part load	EGB	164.5	163.5	170.5
Low load	EGB	162.5	164.5	170.5

Como se puede observar se está dentro de los valores necesario y por tanto el motor se considera adecuado.

El peso del motor en seco es de 681 t y sus medidas principales para anticipar el espacio requerido para la cámara de máquinas se indican en el siguiente croquis obtenido del *Project Guide*.



Cyl. No.	5	6	7	8	
A	1,190				Cylinder distance
B	805				Distance from crankshaft centre line to foundation
C	4,072	4,162	4,202	4,267	The dimension includes a cofferdam of 600 mm and must fulfil minimum height to tank top according to classification rules
D *)	8,010	8,010	8,010	8,010	MAN TCA
	7,595	7,697	7,901	7,901	ABB A-L
	7,725	7,970	7,970	7,725	Mitsubishi MET
E *)	4,292	4,666	4,866	5,166	MAN TCA
	4,222	4,533	4,845	5,145	ABB A-L
	4,176	4,434	4,634	4,122	Mitsubishi MET
F	See text				See drawing: 'Engine Top Bracing', if top bracing fitted on camshaft side
G	5,775	5,775	5,775	5,775	MAN TCA
	5,275	5,385	5,625	5,775	ABB A-L
	5,625	5,775	5,775	5,275	Mitsubishi MET
H1 *)	12,550				Minimum overhaul height, normal lifting procedure
H2 *)	11,725				Minimum overhaul height, reduced height lifting procedure
H3 *)	11,500				The minimum distance from crankshaft centre line to lower edge of deck beam, when using MAN B&W Double Jib Crane
I	2,195				Length from crankshaft centre line to outer side bedplate
J	460				Space for tightening control of holding down bolts
K	See text				K must be equal to or larger than the propeller shaft, if the propeller shaft is to be drawn into the engine room

3.2 Justificación de la Potencia del Motor Principal

Se comprueba además el valor de la potencia en el punto, a partir de la siguiente expresión:

$$N = \frac{P_i * \pi * \left(\frac{D^2}{4}\right) * L * n_i}{0.45 * Z}$$

Donde:

- P_i : presión media indicada en bares → 20 bar
- D: Diámetro del pistón → 0.7 m
- L: Carrera del pistón → 2.800 m
- I: Número de cilindros → 8
- Z: Número de revoluciones por ciclo → 1 (para motores de dos tiempos)
- n: número de rpm → 87 rpm

Entonces la potencia efectiva de la condición de MCR quedaría:

$$N = \frac{20 * \pi * \left(\frac{0.7^2}{4}\right) * 2.8 * 87 * 8}{0.45 * 1} = 33332.71HP \rightarrow 24856.20 Kw$$

3.3 Selección de la Turbocompresor

Una vez escogido el motor, se procede a escoger un turbo compresor adecuado al motor seleccionado. Su elección se realiza con el fin de conseguir un consumo de combustible lo más bajo posible a la MCR nominal del motor, y así además obtener un rendimiento mayor.

Existen dos tipos de compresores:

- Los compresores de alta eficiencia.
- Los compresores convencionales.

El motor seleccionado forma parte de la gama de motores Man B&W los cuales están adaptados para acoplar un turbocompresor de alta eficiencia, a continuación se adjunta la hoja de opciones que se muestran en catálogo por el fabricante:

High efficiency turbochargers for the MAN B&W S70ME-C8.5 engines - L, output			
Cyl.	MAN	ABB	MHI
5	1 x TCA77	1 x A275-L	1 x MET71MA
6	1 x TCA88	1 x A280-L	1 x MET83MA
7	1 x TCA88	1 x A185-L	1 x MET83MA
8	1 x TCA88	1 x A285-L	2 x MET66MA

En este caso se escogerá el turbo compresor de 8 cilindros recomendado por el fabricante para el modelo que se ha escogido para el buque proyecto.

La ventaja principal que nos aporta el turbocompresor es que cumple los límites de emisiones tanto para Tier II (Emisiones de No_x) como para Tier III (No_x ECA).

4 JUSTIFICACIÓN DE LA AUTONOMÍA

Como se ha estipulado en la RPA del buque proyecto el barco se pretende diseñar para una autonomía de 15000 millas a una velocidad de servicio de 15 nudos.

Para que el buque cumpla este requisito es necesario comprobar que los tanques que se han definido previamente en el cuaderno 4 tiene la suficiente capacidad para albergar el combustible necesario para abarcar esas 15000 millas anteriormente mencionadas sin necesidad de repostar. Las necesidades de consumo son las que se exponen en el siguiente punto.

$$Autonomía = \frac{\text{millas}}{\text{velocidad} * 24h}$$
$$Autonomía = \frac{15000}{15 * 24} = 41.66 \approx \mathbf{42 \text{ días}}$$

5 CONSUMOS DEL MOTOR

En este apartado se comprueba que la capacidad de tanques que se tiene instalados en el buque de estudio cumpla con las capacidades requeridas para la autonomía que se le ha asignado en la RPA.

Estos datos se han obtenido en el “Cuaderno 4”, se muestra tabla de consumos a continuación:

Nombre tanque	Capacidad m ³
Combustible LNG	384,286
Combustible DO	3107,554
Combustible Do diario	72,908
Lodos	111,782
Agua dulce	90,16
Agua técnica	90,16
Aguas grises	90,803
aguas negras	90,16
Aceite	105,687
Aceite usado	105,687
Rebose	10,8

5.1 Justificación consumos

5.1.1 Tanques de Combustible

El motor de este buque utilizará principalmente diésel, el gas, para ser más concreto metano se utilizará principalmente para maniobras en puerto o bien en zonas de emisiones reducidas ya que la cantidad de gas que está disponible en el barco es reducida. El motor como se ha mencionado en el Cuaderno 6 es el modelo 7S70ME- C8 y consume la cantidad de 140 g/KW*h.

5.1.1 Capacidad diésel

El catálogo se indica que en consumo de diésel equivale a 140 g/KW, por tanto:

$$\text{Consumo diesel} = 1000 \text{ h} * 140 \frac{\text{g}}{\text{Kw} * \text{h}} * 20291.8 \text{ Kw} * \left(\frac{1}{10^6}\right) * 0.85 = 2414,65 \text{ t}$$

A este valor hay que añadirle un 5% de margen de seguridad por posibles emergencias

$$\text{Consumo diesel final} = 2328.4 \text{ t} * 1.05 = \mathbf{2535,38 \text{ t}}$$

Aplicando la densidad de 0.87 tn/m³ para diésel obtenemos el **volumen** necesario más:

$$V_{Do} = \left(\frac{2535,38}{0.84}\right) = \mathbf{3018 \text{ m}^3}$$

5.1.2 Capacidad de almacenamiento del tanque de uso diario DO

Según el reglamento Solas es necesario cubrir al menos 8 horas del funcionamiento del motor principal y deberán estar duplicados, para facilitar los cálculos se he decidido calcularlo para 16 horas.

$$\text{Consumo DO motor principal} = 24 \text{ h} * 140 \frac{\text{g}}{\text{Kw} * \text{H}} * 20291.8 \text{ Kw} * \frac{1}{10^6} * 0.85 = 57.9 \text{ t}$$

$$\text{Vol tanque diario} = \frac{57.9}{0.84} = 68.9 \text{ m}^3 \approx 70 \text{ m}^3$$

5.1.3 Capacidad LNG

El combustible LNG se utilizará para maniobrabilidad en el puerto y si fuera necesario para zonas de emisiones reducidas cuya travesía no supere las 600 millas o 40 horas de viaje.

En este caso como se ha decidido establecer depósitos comerciales. Se dispondrán de 2 **depósitos de gas metano del fabricante Wärtsilä**, modelo LNGPac194 cuya disposición se encontrará en la cubierta del buque, tendrán las siguientes características que se recogen en el catálogo:

Type		LNGPac 105	LNGPac 145	LNGPac 194	LNGPac 239	LNGPac 284
Geometric volume	[m3]	105	145	194	239	284
Net volume (90%)	[m3]	95	131	175	215	256
Diameter	[m]	3.5	4.0	4.3	4.3	4.3
Tank length	[m]	16.7	16.9	19.1	23.1	27.1
Tank room	[m]	2.5	2.5	2.7	2.7	3.0
Total length	[m]	19.2	19.4	21.8	25.8	30.1
LNGPac empty weight	[ton]	47	62	77	90	104
Tank full weight	[ton]	92	125	161	195	228
LNGPac max operating weight	[ton]	94	127	164	198	231
Theoretical Max. Autonomy	[MWh]	244	318	427	525	625

* Includes an estimate of the process skid weight.

Se comprueba que por tanto con los depósitos escogidos se dispone de la autonomía suficiente, tal que:

$$\text{Autonomía} = 427 * 10^3 \text{ KWh} * \frac{2 \text{ depósitos}}{20291.8 \text{ Kw}} = 42.08 \text{ horas}$$

Como se observa se dispone de 2 horas adicionales a lo que se proyecta en caso de emergencia o avería.

Por tanto, se obtiene un volumen:

$$\text{Ton LNG} = 161 * 2 = 322 \text{ t}$$

$$\text{Vol LNG} = 175 * 2 = 350 \text{ m}^3$$

5.1.1 Capacidad de almacenamiento de tanque de reboses Do:

Se supondrá una velocidad de llenado de 20 m³/h, y su volumen mínimo de almacenamiento es una estimación correspondiente al volumen de 10 minutos en tiempo de

carga del tanque de almacenamiento, este valor se toma de referencia y se modificará cuando se tengan datos más exactos.

$$V_{rebose} Do = V_{llenado} * Tiempo$$
$$V_{rebose} = \frac{20}{60} * 10 = 3.33 m^3 \approx 3 m^3$$

5.2 Capacidad de Aceite

En este apartado nos apoyaremos en los cálculos del cuaderno 2, en dicho cuaderno se establecida que el consumo de aceite sería el 3 % del consumo total de combustibles, es decir tanto diésel oil como GNL, por tanto, se obtendría lo siguiente:

5.2.1 Tanques de aceite

$$Consumo\ aceite = 0.03 * (2391.74 + 390) = 83.45t$$
$$V_{aceite} = \frac{83.45}{0.9} = 92.75 m^3 \approx 93 m^3$$

5.2.2 Tanques de aceite usado

Se ha de disponer del mismo espacio para estos tanques que para los de consumo de aceite limpio, por tanto, es necesario **93 m³**.

5.3 Capacidad del tanque de Lodos

Si se sigue la norma 17.1 del apartado del MARPOL este establece la capacidad de los tanques de lodos.

- 1 Respecto de los buques que no lleven agua de lastre en los tanques de combustible líquido, la capacidad mínima del tanque de fangos V_1 será calculada conforme a la fórmula siguiente:

$$V_1 = K_1 CD (m^3)$$

siendo : $K_1 = 0,01$ para los buques en los que se purifique fueloil pesado destinado a la

máquina principal, ó $0,005$ para los buques en que se utilice diesel oil o fueloil pesado que no haya de ser purificado antes de su uso,

C = consumo de fueloil diario (toneladas métricas),

D = periodo máximo de travesía entre puertos en que se puedan descargar los fangos a tierra (días). Si no se dispone de datos exactos se aplicará una cifra de 30 días.

Por tanto, el volumen de lodos será tal que:

$$V_{lodos} = K_1 * C * D$$

$$V_{lodos} = 0.05 * 47 * 42 = 98.7 \approx 99 m^3$$

6 SISTEMAS AUXILIARES DE LA PROPULSIÓN DEL BUQUE

A continuación, es necesario determinar una serie de características del conjunto de la maquinaria auxiliar. Por ello en el manual del motor proporciona diferentes consumos de combustible, aceite, etc.

Se describen en este apartado, por lo tanto:

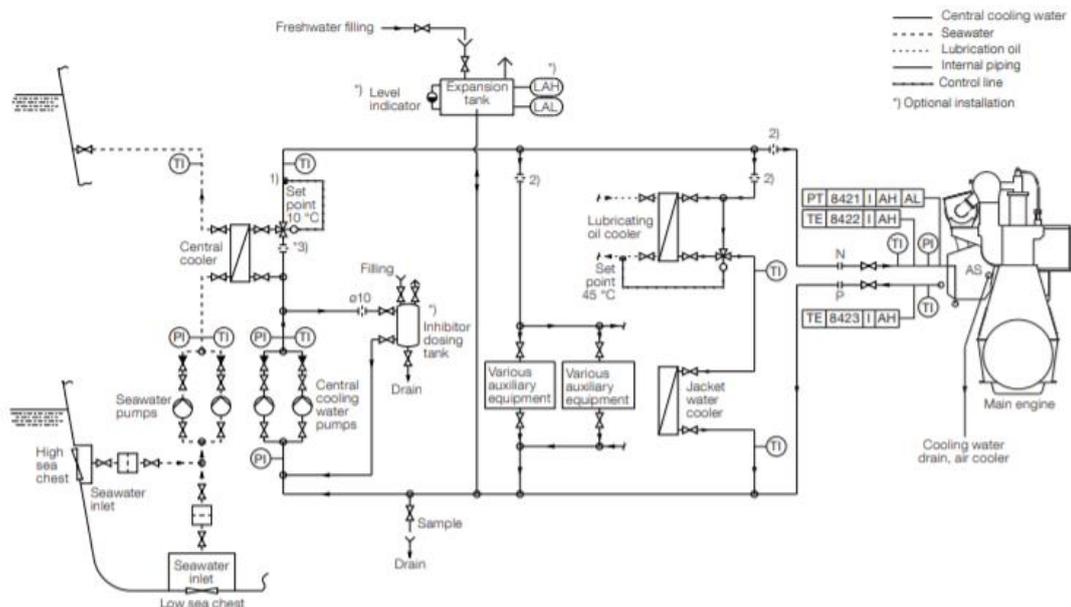
- Servicio de refrigeración
- Servicio de Lubricación
- Servicio de Combustible
- Servicio de Arranque e inversión de la marcha
- Sistema de Exhaustación

6.1 Sistemas de refrigeración

La refrigeración de un motor es imprescindible por varias razones:

- La resistencia de los materiales disminuye a elevadas temperaturas
- La viscosidad de los aceites de lubricación es sensible a la temperatura, y a elevadas temperaturas se pierden algunas de las propiedades lubricantes.
- A temperaturas excesivamente bajas también se ocasionan problemas, ya que causan un aumento excesivo de la viscosidad en los aceites lubricantes, además de facilitar la formación de ácido sulfúrico en el camino seguido por los gases de escape.

En este caso el medio de refrigeración escogido teniendo en cuenta las indicaciones del fabricante ha sido de un Sistema Central de Agua de Refrigeración. Según "Project Guide" del motor que se ha seleccionado, se muestra a continuación el esquema del Sistema de Refrigeración Central.



Observando el diagrama aportado por el “Project guide” del motor seleccionado se diferencian los 3 circuitos del sistema de refrigeración centralizado:

- Circuito de agua salada
- Circuito de agua dulce a baja temperatura
- Circuito de agua dulce de alta temperatura para refrigeración de las camisas del motor principal

Además, el project guide recomienda que las velocidades del fluido en las tuberías para el sistema de refrigeración tanto de agua salada como de agua dulce no superen la velocidad de 3m/s.

Este sistema tiene entre sus ventajas las siguientes:

- Menor tubería no corrosiva.
- Reduce el mantenimiento.
- Se consigue un mejor rendimiento del intercambiador de calor.

En cuanto a este sistema la desventaja frente a otro tipo de sistemas es el mayor coste inicial ya que contiene varios sets de bombas de refrigeración (agua salada, agua centra y de camisa).

6.1.1 Sistema de refrigeración centralizado

En el sistema de refrigeración centralizado, las bombas del circuito de **agua salada** impulsan el agua a través del enfriador, de donde se extrae el calor de esa agua salada para llegar posteriormente al circuito de agua dulce de baja temperatura.

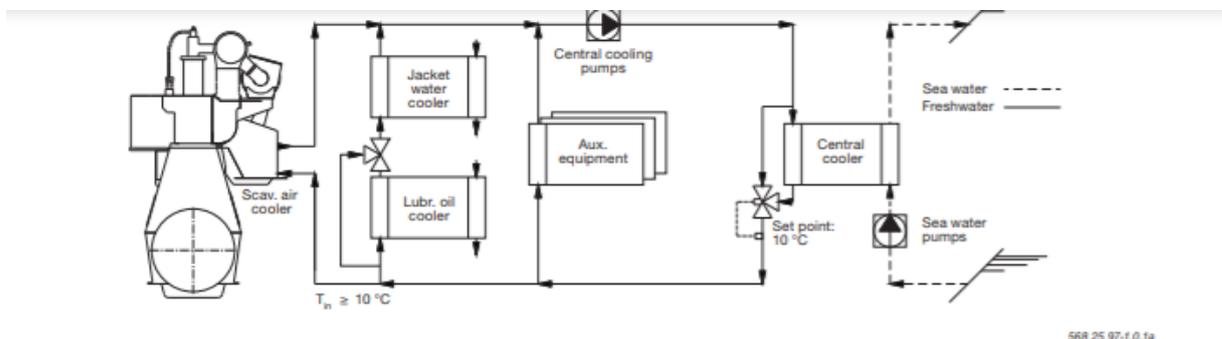


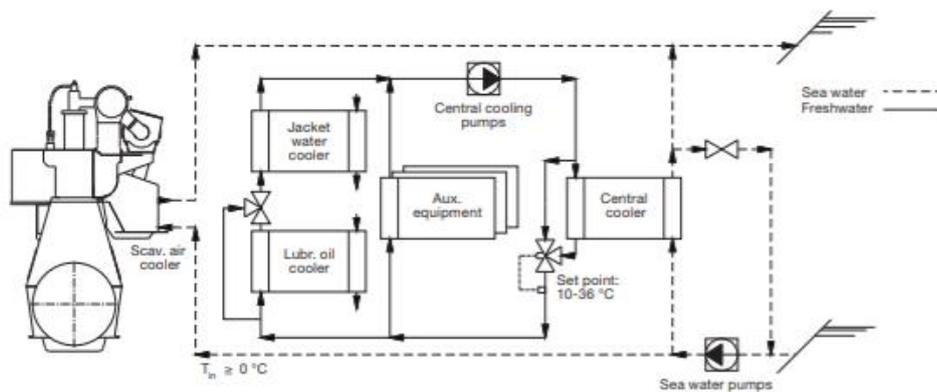
Fig. 11.01.01a: Principle diagram of central cooling water system

6.1.2 Circuito de agua dulce de baja temperatura

Este circuito dota de una válvula termostática que controlará la temperatura para que esta no sea inferior al valor que se observa en dicho diagrama 10°C.

6.1.3 Circuito de agua dulce para camisas del motor

El circuito de alta temperatura es un circuito independiente para como se ha mencionado anteriormente la refrigeración de las camisas, el agua caliente que se ha refrigerado los cilindros, se enfría en el intercambiador de las camisas para nuevamente volver al motor, este circuito al igual que el de baja temperatura tiene válvulas termostáticas que controlan que la temperatura no supere los 80°C a la salida del motor. Esto lo hace mezclando agua enfriada con otra sin refrigerar que no ha pasado todavía por el enfriador de aguas de camisas.



568 25 97-1.0.1c

Fig. 11.01.01c: Principle diagram of combined cooling water system

6.1.4 Bombas y enfriadores de los sistemas auxiliares

6.1.4.1 Bomba de agua salada

Se instalarán dos bombas centrífugas para la refrigeración del agua salada de una capacidad de 760 m³/h, se he optado por el modelo Modelo 1xTCA88-26, unidades de bombeo de alta eficiencia debido a las mejores prestaciones que estas presentan.

Las bombas tendrán una presión de descarga de 2 bares y contarán con una temperatura máxima de trabajo de 50° como se indica en el *Project guide* del motor, a continuación, se deja las características de diseño de estos sistemas:

	Seawater cooling						Central cooling					
	Conventional TC			High eff. TC			Conventional TC			High eff. TC		
	1 x TCA88-21	1 x A285-L	1 x MET83-MA	1 x TCA88-26	1 x A285-L	2 x MET66-MA	1 x TCA88-21	1 x A285-L	1 x MET83-MA	1 x TCA88-26	1 x A285-L	2 x MET66-MA
Pumps												
Fuel oil circulation	m ³ /h	11.6	11.6	11.6	11.6	11.6	11.6	11.6	11.6	11.6	11.6	11.6
Fuel oil supply	m ³ /h	7.1	7.1	7.1	7.0	7.0	7.0	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1
Jacket cooling	m ³ /h	190	190	190	180	180	180	190	190	190	190	190
Seawater cooling *	m ³ /h	740	750	750	760	770	780	730	730	740	750	750
Main lubrication oil *	m ³ /h	520	510	510	520	510	520	520	510	510	520	510
Central cooling *	m ³ /h	-	-	-	-	-	-	580	580	580	590	590

Seawater cooling pumps

The pumps are to be of the centrifugal type.

Seawater flow..... see 'List of Capacities'
 Pump head2.0 bar
 Test pressure.....according to Class rules
 Working temperature, normal0-32 °C
 Working temperature maximum 50 °C

The flow capacity must be within a range from 100 to 110% of the capacity stated.

The pump head of the pumps is to be determined based on the total actual pressure drop across the seawater cooling water system.

La potencia que se obtiene con esta bomba es la siguiente:

$$P = \frac{Q_b * \gamma * H}{3600 * 75 * \eta} * 0.75$$

$$P = 61.82Kw$$

Donde,

- Q_b es el caudal de la bomba m^3/h
- P presión en bar
- N es el rendimiento, con calor de 0.7
- γ es la densidad del fluido, en este caso $1025 t/m^3$

6.1.4.2 Enfriador central

Con el objeto de que el agua dulce del circuito principal cerrado de refrigeración refrigere el agua salada, este dotará de un intercambiador de calor de placas, con las siguientes especificaciones según el *Project guide*:

- Modelo 1xTCA88-26
- Disipación de ce calor: 15030 Kw
- Caudal de refrigeración sistema centralizado: $590 m^3/h$
- Caudal de refrigeración de agua salada: $730 m^3/h$
- Caída de presión en el intercambiador: 0.7 bar
- Caída de presión en la parte de agua salada: 1 bar
- Temperatura de salida del intercambiador: $36^{\circ}C$
- Temperatura del agua salada del intercambiador: $32^{\circ}C$

	Seawater cooling						Central cooling					
	Conventional TC			High eff. TC			Conventional TC			High eff. TC		
	1 x TCA88-21	1 x A285-L	1 x MET83-MA	1 x TCA88-26	1 x A285-L	2 x MET66-MA	1 x TCA88-21	1 x A285-L	1 x MET83-MA	1 x TCA88-26	1 x A285-L	2 x MET66-MA
Pumps												
Fuel oil circulation m^3/h	11.6	11.6	11.6	11.6	11.6	11.6	11.6	11.6	11.6	11.6	11.6	11.6
Fuel oil supply m^3/h	7.1	7.1	7.1	7.0	7.0	7.0	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1
Jacket cooling m^3/h	190	190	190	180	180	180	190	190	190	190	190	190
Seawater cooling * m^3/h	740	750	750	760	770	780	730	730	740	750	750	760
Main lubrication oil * m^3/h	520	510	510	520	510	520	520	510	510	520	510	520
Central cooling * m^3/h	-	-	-	-	-	-	580	580	580	590	590	600

Central cooler

The cooler is to be of the shell and tube or plate heat exchanger type, made of seawater resistant material.

- Heat dissipation see 'List of Capacities'
- Central cooling water flow see 'List of Capacities'
- Central cooling water temperature, outlet 36 °C
- Pressure drop on central cooling side max. 0.7 bar
- Seawater flow see 'List of Capacities'
- Seawater temperature, inlet 32 °C
- Pressure drop on seawater side maximum 1.0 bar

The pressure drop may be larger, depending on the actual cooler design.

The heat dissipation and the seawater flow figures are based on MCR output at tropical conditions, i.e. a seawater temperature of 32 °C and an ambient air temperature of 45 °C.

6.1.4.3 Bomba de refrigeración de agua dulce de baja temperatura

Se instalará una bomba centrífuga de una capacidad de 590 m³/h, del modelo 1xTCA88-26, el cual contará con una presión de descarga de 2.5 bar y una temperatura de trabajo de 80°C.

	Seawater cooling						Central cooling					
	Conventional TC			High eff. TC			Conventional TC			High eff. TC		
	1 x TCA88-21	1 x A285-L	1 x MET83-MA	1 x TCA88-26	1 x A285-L	2 x MET66-MA	1 x TCA88-21	1 x A285-L	1 x MET83-MA	1 x TCA88-26	1 x A285-L	2 x MET66-MA
Pumps												
Fuel oil circulation m³/h	11.6	11.6	11.6	11.6	11.6	11.6	11.6	11.6	11.6	11.6	11.6	11.6
Fuel oil supply m³/h	7.1	7.1	7.1	7.0	7.0	7.0	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1
Jacket cooling m³/h	190	190	190	180	180	180	190	190	190	190	190	190
Seawater cooling * m³/h	740	750	750	760	770	780	730	730	740	750	750	760
Main lubrication oil * m³/h	520	510	510	520	510	520	520	510	510	520	510	520
Central cooling * m³/h	-	-	-	-	-	-	580	580	580	590	590	600

Central cooling water pumps

The pumps are to be of the centrifugal type.

- Central cooling water flow see 'List of Capacities'
- Pump head 2.5 bar
- Delivery pressure depends on location of expansion tank
- Test pressure according to Class rules
- Working temperature 80 °C
- Design temperature 100 °C

The flow capacity must be within a range from 100 to 110% of the capacity stated.

The 'List of Capacities' covers the main engine only. The pump head of the pumps is to be determined based on the total actual pressure drop across the central cooling water system.

La potencia que se obtiene con esta bomba es la siguiente, siguiendo el mismo esquema presentado en los apartados anteriores:

$$P = \frac{Q_b * \gamma * H}{3600 * 75 * \eta} * 0.75$$

Con una densidad de 1000 t/m³ y rendimiento de 0.7 se obtiene lo siguiente,

$$P = 58.53 \text{ Kw}$$

6.1.4.4 Válvula de control automático de temperatura

La válvula es del tipo tres vías, montada con una válvula mezcladora, que pasa por todo o por parte del agua dulce alrededor del refrigerador central. El sensor que se encuentra al final de la salida de la válvula termostática, está ajustado para que la temperatura mínima sea de 10°C y un máximo de 36°C.

Central cooling water thermostatic valve

The low temperature cooling system is to be equipped with a three-way valve, mounted as a mixing valve, which bypasses all or part of the freshwater around the central cooler.

The sensor is to be located at the outlet pipe from the thermostatic valve and is set to keep a temperature of minimum 10 °C and maximum 36 °C.

6.1.4.5 Bombas de agua dulce de alta temperatura para las camisas

Se instalarán dos bombas centrífugas modelo Modelo 1xTCA88-26, con una capacidad de 190 m³/h, con una temperatura de trabajo de 90 °C y una presión de descarga de 3 bar.

	Seawater cooling						Central cooling					
	Conventional TC			High eff. TC			Conventional TC			High eff. TC		
	1 x TCA88-21	1 x A285-L	1 x MET83-MA	1 x TCA88-26	1 x A285-L	2 x MET66-MA	1 x TCA88-21	1 x A285-L	1 x MET83-MA	1 x TCA88-26	1 x A285-L	2 x MET66-MA
Pumps												
Fuel oil circulation m ³ /h	11.6	11.6	11.6	11.6	11.6	11.6	11.6	11.6	11.6	11.6	11.6	11.6
Fuel oil supply m ³ /h	7.1	7.1	7.1	7.0	7.0	7.0	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1
Jacket cooling m ³ /h	190	190	190	180	180	180	190	190	190	190	190	190
Seawater cooling * m ³ /h	740	750	750	760	770	780	730	730	740	750	750	760
Main lubrication oil * m ³ /h	520	510	510	520	510	520	520	510	510	520	510	520
Central cooling * m ³ /h	-	-	-	-	-	-	580	580	580	590	590	600

Jacket water cooling pump

The pumps are to be of the centrifugal type.

Pump flow rate/Jacket water

flow see 'List of Capacities'

Pump head (see below note).....3.0 bar

Delivery pressuredepends on location of the expansion tank

Test pressure.....according to Class rules

Working temperature 90 °C

Max. temperature (design purpose)..... 100 °C

The flow capacity must be within a range from 100 to 110% of the capacity stated.

La potencia que se obtiene con esta bomba es la siguiente, siguiendo el mismo esquema presentado en los apartados anteriores y teniendo en cuenta un rendimiento de 0.7 y una densidad de 1000 t/m³:

$$P = \frac{Q_b * \gamma * H}{3600 * 75 * \eta} * 0.75$$

$$P = 22.61 \text{ Kw}$$

6.1.4.6 Enfriador de agua dulce de camisas

Se obtiene a través del Project guide del motor escogido para el buque proyecto las siguientes características para el enfriador de agua dulce para la refrigeración de las camisas:

- Modelo 1xTCA88-26
- Disipación de calor de 3570 Kw
- Caudal de agua de camisas de 190 m³/h
- Caudal de agua dulce de refrigeración de 240 m³/h
- Temperatura de agua de las camisas a la salida de 90°C
- Caída de presión de 0.5 bar

Jacket water cooler

Normally the jacket water cooler is most likely to be of the plate heat exchanger type but could also be of the shell and tube type.

Heat dissipation see 'List of Capacities'
 Jacket water flow see 'List of Capacities'
 Jacket water temperature, inlet.....90 °C
 Max. working temperatureup to 100 °C
 Max. pressure drop
 on jacket water side0.5 bar

6.1.4.7 Enfriador de barrido

Siguiendo la misma dinámica que los puntos anteriores y teniendo en cuenta lo estipulado en el Project guide se establece un enfriador del aire de barrido con las siguientes características:

- Disipación de calor: 9480 Kw
- Caudal de agua dulce de refrigeración: 340 m³/h
- Temperatura de refrigeración a la entrada del intercambiador: 36°C

Seawater cooling						Central cooling					
Conventional TC			High eff. TC			Conventional TC			High eff. TC		
1 x TCA88-21	1 x A285-L	1 x MET83-MA	1 x TCA88-26	1 x A285-L	2 x MET86-MA	1 x TCA88-21	1 x A285-L	1 x MET83-MA	1 x TCA88-26	1 x A285-L	2 x MET86-MA

Scavenge air cooler(s)

Heat diss. app.	kW	9,510	9,510	9,510	9,910	9,910	9,910	9,480	9,480	9,480	9,880	9,880	9,880
Central water flow	m ³ /h	-	-	-	-	-	-	340	340	340	350	350	350
Seawater flow	m ³ /h	460	460	460	480	480	480	-	-	-	-	-	-

Scavenge air cooler

The scavenge air cooler is an integrated part of the main engine.

Heat dissipation see 'List of Capacities'
 Central cooling water
 flow see 'List of Capacities'
 Central cooling temperature, inlet..... 36 °C
 Pressure drop on FW-LT water side 0.3-0.8 bar

6.2 Sistemas de lubricación por aceite

En este apartado se desglosa los diferentes elementos que componen la lubricación del buque proyecto:

6.2.1 Componentes principales

El project guide indica un esquema general de la distribución de los diferentes elementos del sistema de lubricación.

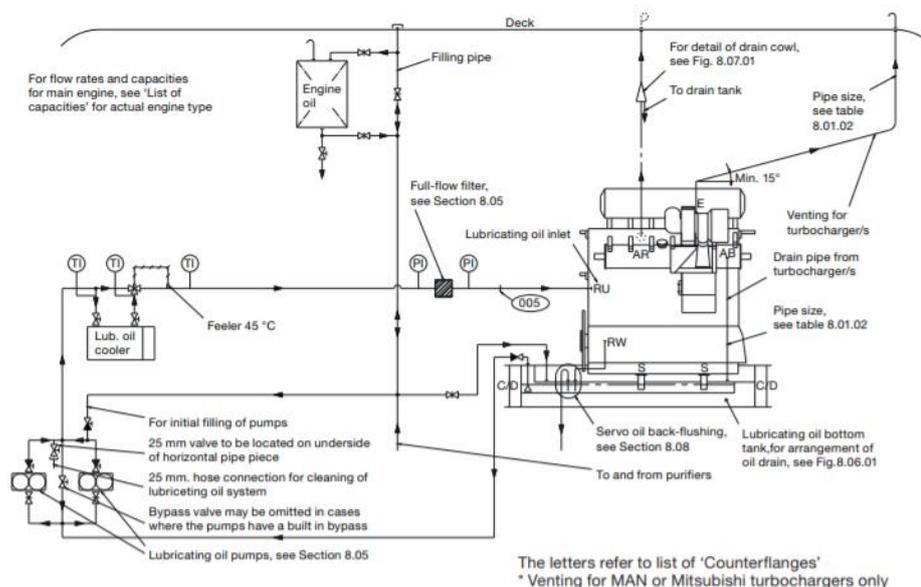


Fig. 8.01.01 Lubricating and cooling oil system

Como se puede observar en el esquema el aceite lubricante se almacena en un tanque del doble fondo debajo del motor principal. El aceite lubricante se bombeará al enfriador desde dicho tanque y una vez que este está a la temperatura óptima atraviesa un filtro que se encarga de eliminar las posibles impurezas que este pueda tener, para posteriormente introducirlo en el motor, una vez utilizado pasa al cárter para ser purificado y volver a realizar el mismo ciclo aquí descrito.

Se debe destacar que MAN establece una serie de propiedades que deben cumplir los aceites de lubricación para que sean óptimos a la hora de trabajar con sus sistema entre ellos destacan los siguientes:

- SAE level 30 (grado de viscosidad)
- BN level 5-10
- Inhibidores de corrosión y oxidación adecuados

Man también ofrece una serie de fabricantes de aceite lubricante que han sido comprobados que cumplen con las especificaciones de la compañía.

Company	Circulating oil SAE 30, BN 5 - 10
Aegean	Alfasys 305
Castrol	CDX 30
Chevron	Veritas 800 Marine 30
ExxonMobil	Mobilgard 300
Gulf Oil Marine	GulfSea Superbear 3006
Indian Oil Corp.	Servo Marine 0530
JX Nippon Oil & Energy	Marine S30
Lukoil	Navigo 6 SO
Shell	Melina S 30
Sinopec	System Oil 3005
Total	Atlanta Marine D3005

Para este caso se ha decidido utilizar el aceite de Melina S30 de la compañía Shell.

6.2.1.1 Purificadora centrífuga de aceite

Se utilizarán purificadora centrífuga de aceite con sistema de limpieza automático

Lubricating oil centrifuges

Automatic centrifuges are to be used, either with total discharge or partial discharge.

The nominal capacity of the centrifuge is to be according to the supplier's recommendation for lubricating oil, based on the figure:

0.136 litre/kWh

The Nominal MCR is used as the total installed power.

Además, el caudal deberá ser de la magnitud de 0.136 l/kWh.

6.2.1.2 Bombas de circulación de aceite lubricante

Como su nombre indica son las encargadas de bombear el aceite en el sistema de lubricación. Se dispondrá de 1 bombas centrifugas, escogidas teniendo en cuenta las recomendaciones del *Project guide* tiene las siguientes características:

- Modelo 2 TAC88-26
- Caudal de 510 m³/h
- Presión de descarga de 4.4 bar
- Temperatura máxima de trabajo de 70°C

	Seawater cooling						Central cooling					
	Conventional TC			High eff. TC			Conventional TC			High eff. TC		
	1 x TCA88-21	1 x A285-L	1 x MET83-MA	1 x TCA88-26	1 x A285-L	2 x MET66-MA	1 x TCA88-21	1 x A285-L	1 x MET83-MA	1 x TCA88-26	1 x A285-L	2 x MET66-MA
Pumps												
Fuel oil circulation m³/h	11.6	11.6	11.6	11.6	11.6	11.6	11.6	11.6	11.6	11.6	11.6	11.6
Fuel oil supply m³/h	7.1	7.1	7.1	7.0	7.0	7.0	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1
Jacket cooling m³/h	190	190	190	180	180	180	190	190	190	190	190	190
Seawater cooling * m³/h	740	750	750	760	770	780	730	730	740	750	750	760
Main lubrication oil * m³/h	520	510	510	520	510	520	520	510	510	520	510	520
Central cooling * m³/h	-	-	-	-	-	-	580	580	580	590	590	600

Lubricating oil pump

The lubricating oil pump can be of the displacement wheel, or the centrifugal type:

Lubricating oil viscosity, specified...75 cSt at 50 °C
 Lubricating oil viscosity..... maximum 400 cSt *
 Lubricating oil flow see 'List of capacities'
 Design pump head.....4.4 bar
 Delivery pressure4.4 bar
 Max. working temperature..... 70 °C

La potencia que se obtiene con esta bomba es la siguiente, siguiendo el mismo esquema presentado en los apartados anteriores y teniendo en cuenta una densidad de 0.94 t/m³ y un rendimiento de 0.7:

$$P = \frac{Q_b * \gamma * H}{3600 * 75 * \eta} * 0.75$$

$$P = 83.7 \text{ Kw}$$

6.2.1.3 Enfriador de aceite

Si siguiendo las recomendaciones como en los apartados anteriores se obtiene,

- Modelo TCA88-26
- Disipación de calor: 1930 Kw
- Caudal de flujo del aceite: 520 m³/h
- Caudal del agua: 240 m³ /h
- Presión de trabajo: 4.4 bar
- Presión de descarga: 0.5 bar
- Temperatura del agua de refrigeración: 36 °C, en este caso se ha escogido refrigerar el aceite con agua dulce.
- Máxima presión de caída del agua: 0.2 bar

Lubricating oil cooler		1,920	1,970	1,990	1,920	1,970	2,030	1,930	1,980	1,990	1,930	1,980	2,030
Heat diss. app. *	kW												
Lube oil flow *	m³/h	520	510	510	520	510	520	520	510	510	520	510	520
Central water flow	m³/h	-	-	-	-	-	-	240	240	240	240	240	250
Seawater flow	m³/h	280	290	290	280	290	300	-	-	-	-	-	-

Lubricating oil cooler

The lubricating oil cooler must be of the shell and tube type made of seawater resistant material, or a plate type heat exchanger with plate material of titanium, unless freshwater is used in a central cooling water system.

Lubricating oil viscosity, specified...75 cSt at 50 °C
Lubricating oil flow see 'List of capacities'
Heat dissipation see 'List of capacities'
Lubricating oil temperature, outlet cooler..... 45 °C
Working pressure on oil side.....4.4 bar
Pressure drop on oil sidemaximum 0.5 bar
Cooling water flow..... see 'List of capacities'
Cooling water temperature at inlet:
seawater.....32 °C
freshwater..... 36 °C
Pressure drop on water sidemaximum 0.2 bar

The lubricating oil flow capacity must be within a range from 100 to 112% of the capacity stated.

The cooling water flow capacity must be within a range from 100 to 110% of the capacity stated.

To ensure the correct functioning of the lubricating oil cooler, we recommend that the seawater temperature is regulated so that it will not be lower than 10 °C.

6.2.1.4 Filtro del aceite lubricante

El filtro del aceite lubricante se encarga de separar las impurezas del aceite antes de introducirlo en el motor, el filtro debe estar colocado la más próximo a el motor principal.

Lubricating oil full flow filter

Lubricating oil flow see 'List of capacities'
Working pressure4.4 bar
Test pressure.....according to class rules
Absolute fineness.....40 μm^*
Working temperature approximately 45 °C
Oil viscosity at working temp. 90 - 100 cSt
Pressure drop with clean filtermaximum 0.2 bar
Filter to be cleaned
at a pressure drop.....maximum 0.5 bar

Como se indica por el fabricante el filtro tiene dos indicadores de presión, para comprobar el nivel de limpieza.

- La presión de trabajo es de 4.4 bar
- La finura absoluta es de 40 μm .
- La temperatura de trabajo ha de ser de 45°C
- Máxima caída de presión con el filtro limpio: 0.2 bar
- Máxima caída de presión antes de limpiar: 0.5 bar

6.2.2 Lubricación de los cilindros

El esquema que se proporciona en el *Projet guide* es el siguiente:

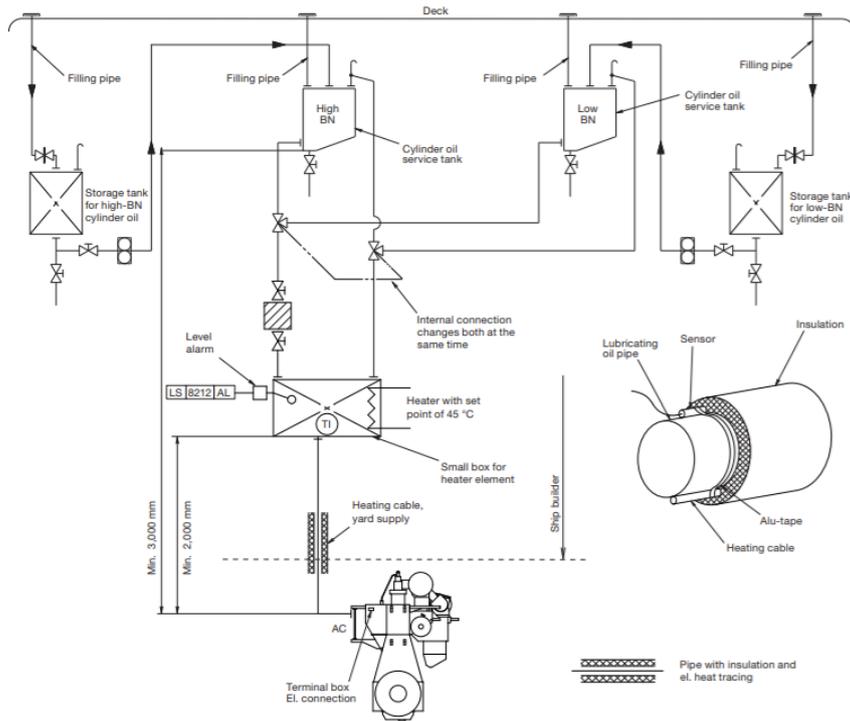


Fig. 9.02.02a: Cylinder lubricating oil system with dual storage and service tanks

Además, también se proporciona recomendaciones de los diferentes fabricantes de aceite para cilindros, ya que estos deben cumplir el SAE 50, que indica el grado de viscosidad del aceite, así como deben de dotar de un alto grado de alcalinidad y cualidades de resistencia al desgaste.

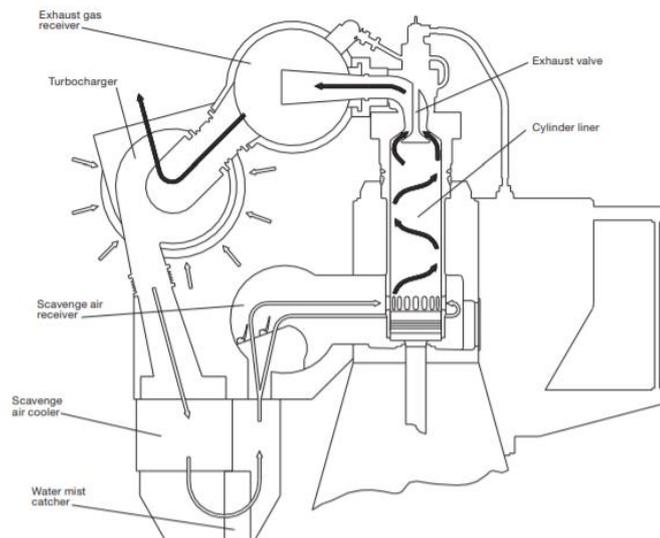
Company	Cylinder oil name, SAE 50	BN level
Aegean	Alfacylo 525 DF	25
	Alfacylo 540 LS	40
	Alfacylo 100 HS	100
Castrol	Cyltech 40SX	40
	Cyltech 100	100
Chevron	Taro Special HT LF	25
	Taro Special HT LS 40	40
	Taro Special HT 100	100
ExxonMobil	Mobilgard 525	25
	Mobilgard 5100	100
Gulf Oil Marine	GulfSea Cylcare ECA 50	17
	GulfSea Cylcare DCA 5040H	40
	GulfSea Cylcare 50100	100
Indian Oil Corp.	Servo Marine LB 1750	17
JX Nippon Oil & Energy	Marine C255	25
	Marine C405	40
	Marine C1005	100
Lukoil	Navigo 40 MCL	40
	Navigo 100 MCL	100
Shell	Alexia S3	25
	Alexia S6	100
Sinopec	Marine Cylinder Oil 5025	25
	Marine Cylinder Oil 5040	40
	Marine Cylinder Oil 50100	100
Total	Talusia LS 25	25
	Talusia LS 40	40
	Talusia Universal 100	100

Se he escogido es este caso Alexia S6 por su alto valor de BN.

6.3 Sistema de Exhaustación

El motor dispondrá de su propio sistema de escape aislado térmicamente, se sitúa una vez pasado los turbocompresores, la resistencia de los conductos con respecto a los gases tiene gran importancia en la carga térmica y en los consumos de los motores, según el fabricante del motor no debe exceder una caída de presión de 0.030 bar para su correcto funcionamiento.

A continuación se muestra un esquema obtenido del “Projet Guide del motor elegido y sus características:



178 07 27-4.1

Fig. 15.01.01: Exhaust gas system on engine

Other values														
Fuel oil heater	kW	204	204	204	203	203	203	205	205	205	204	204	204	
Exh. gas temp. **	°C	251	251	251	231	231	231	251	251	251	231	231	231	
Exh. gas amount **	kg/h	202,427	202,427	202,427	215,598	215,598	215,598	202,427	202,427	202,427	215,598	215,598	215,598	
Air consumption **	kg/s	55.0	55.0	55.0	58.7	58.7	58.7	55.0	55.0	55.0	58.7	58.7	58.7	

Las características de los gases de exhaustación de forma aproximada so las siguientes:

- Caudal de gases de escape: 215.598 kg/h
- Temperatura: 231 °C
- Consumo de Aire: 58.7 kg/s
- Caldera de exhaustación: 204 Kw

Está compuesto por:

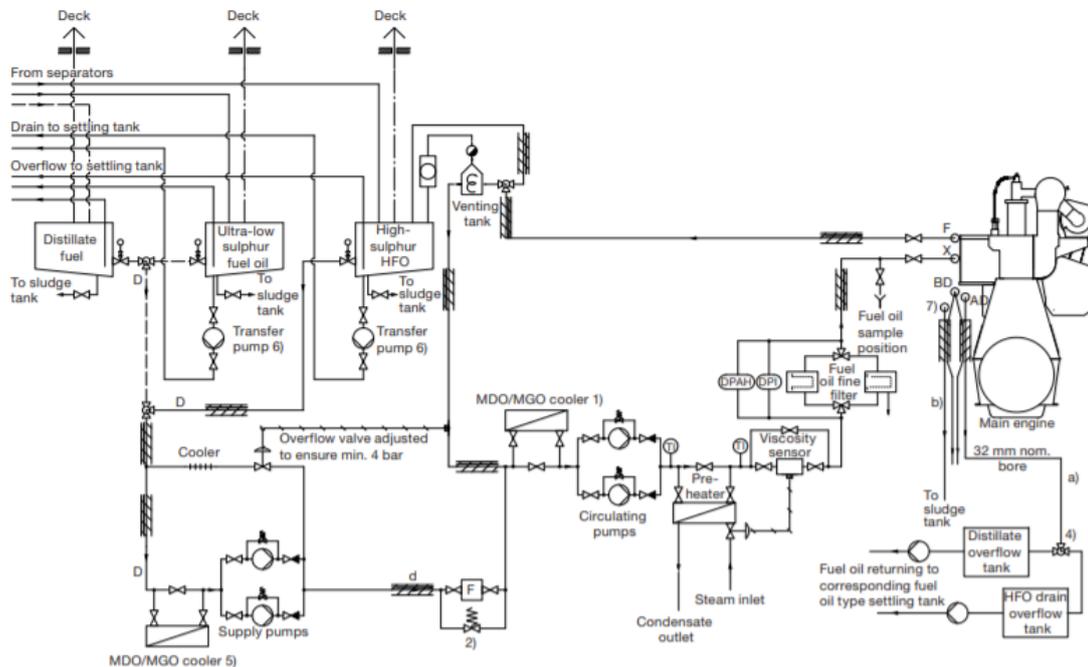
- una caldera de exhaustación
- un silenciador
- un eliminador de partículas o cenizas.

Los gases de escape se conducen desde los cilindros al receptor de los gases donde las presiones fluctuantes de los cilindros se igualan y de ahí pasa a los turbocompresores con una presión constante.

La principal función del sistema de exhaustación es recuperar una pequeña parte de la energía primaria del motor principal que en última instancia se perdería en la atmósfera.

6.4 Sistemas de combustible Diésel

Este sistema tiene como misión proveer de combustible a el Motor Principal en las condiciones requeridas, por lo que el servicio de combustible almacena y suministra el combustible en las condiciones óptimas que se requieren para un buen funcionamiento.



El combustible procedente de los sus respectivos tanques y tras haber pasado por las centrífugas, se almacena en los tanques de servicio.

6.4.1 Centrifugadoras de combustible

Las centrifugadoras se encuentran situadas a la entrada de cada uno de los tanques de servicio del diésel, son las encargadas de separar el combustible del agua y de los residuos que no se han conseguido separar mediante decantación.

El caudal viene indicado en el *Project Guide* tal que:

The separator should be able to treat approximately the following quantity of oil:

**0.23 litres/kWh in relation to CFR
(certified flow rate)**

Además, en el project guide se establecen una serie de márgenes a tener en cuenta tal que;

- Contenido del agua en el fueloil
- Posibles lodos
- Mayor consumo de combustible debido a la conexión en condiciones diferentes a las que se establece en la ISO
- Servicio de auto limpieza

6.4.2 Bomba de suministro de fuel oil

Se dotará al buque de dos bombas de suministro, estas se encargan de presurizar e introducir el combustible necesario al motor principal.

Siguiendo el mismo esquema que los apartados anteriores el Project guide establece lo siguiente:

- Presión de la bomba: 4 bar
- Cauda del combustible: 11.6
- Temperatura de trabajo máxima: 110°
- Temperatura mínima: 50°C

Seawater cooling						Central cooling					
Conventional TC			High eff. TC			Conventional TC			High eff. TC		
1 x TCA88-21	1 x A285-L	1 x MET83-MA	1 x TCA88-26	1 x A285-L	2 x MET66-MA	1 x TCA88-21	1 x A285-L	1 x MET83-MA	1 x TCA88-26	1 x A285-L	2 x MET66-MA

Pumps

Fuel oil circulation	m³/h	11.6	11.6	11.6	11.6	11.6	11.6	11.6	11.6	11.6	11.6
Fuel oil supply	m³/h	7.1	7.1	7.1	7.0	7.0	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1
Jacket cooling	m³/h	190	190	190	180	180	190	190	190	190	190
Seawater cooling *	m³/h	740	750	750	760	770	730	730	740	750	760
Main lubrication oil *	m³/h	520	510	510	520	510	520	510	520	510	520
Central cooling *	m³/h	-	-	-	-	-	580	580	580	590	600

Fuel oil supply pump

This is to be of the screw or gear wheel type.

Fuel oil viscosity, specified....up to 700 cSt at 50 °C
 Fuel oil viscosity, maximum 700 cSt
 Fuel oil viscosity, minimum 2 cSt
 Pump head4 bar
 Fuel oil flow see 'List of Capacities'
 Delivery pressure4 bar
 Working temperature, maximum 110 °C *)

La potencia que se obtiene con esta bomba es la siguiente, siguiendo el mismo esquema presentado en los apartados anteriores y teniendo en cuenta una densidad de 0.94 t/m³ y un rendimiento de 0.7:

$$P = \frac{Q_b * \gamma * H}{3600 * 75 * \eta} * 0.75$$

$$P = 1.39 Kw$$

6.4.3 Bomba de circulación de combustible

Estas bombas se encargan de impulsar el combustible al pre calentador de fuel, elevando así la presión del combustible hasta una presión de 10 bar, esto se realiza para garantizar una presión mínima de entre 6-7 bar a la entrada de los motores, el buque proyecto dotará de dos.

Teniendo en cuenta la información aportada por el fabricante se establece lo siguiente:

	Seawater cooling						Central cooling					
	Conventional TC			High eff. TC			Conventional TC			High eff. TC		
	1 x TCA88-21	1 x A285-L	1 x MET83-MA	1 x TCA88-26	1 x A285-L	2 x MET66-MA	1 x TCA88-21	1 x A285-L	1 x MET83-MA	1 x TCA88-26	1 x A285-L	2 x MET66-MA
Pumps												
Fuel oil circulation	m³/h	11.6	11.6	11.6	11.6	11.6	11.6	11.6	11.6	11.6	11.6	11.6
Fuel oil supply	m³/h	7.1	7.1	7.1	7.0	7.0	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1
Jacket cooling	m³/h	190	190	190	180	180	190	190	190	190	190	190
Seawater cooling *	m³/h	740	750	750	760	770	730	730	740	750	750	760
Main lubrication oil *	m³/h	520	510	510	520	510	520	510	510	520	510	520
Central cooling *	m³/h	-	-	-	-	-	580	580	580	590	590	600

Fuel oil circulating pump

This is to be of the screw or gear wheel type.

Fuel oil viscosity, specified....up to 700 cSt at 50 °C
 Fuel oil viscosity normal..... 20 cSt
 Fuel oil viscosity, maximum 700 cSt
 Fuel oil viscosity, minimum 2 cSt
 Fuel oil flow see 'List of Capacities'
 Pump head.....6 bar
 Delivery pressure10 bar
 Working temperature 150 °C

La potencia que se obtiene con esta bomba es la siguiente, siguiendo el mismo esquema presentado en los apartados anteriores y teniendo en cuenta una densidad de 0.94 t/m³ y un rendimiento de 0.7:

$$P = \frac{Q_b * \gamma * H}{3600 * 75 * \eta} * 0.75$$

$$P = 2.3 \text{ Kw}$$

6.4.4 Pre calentador

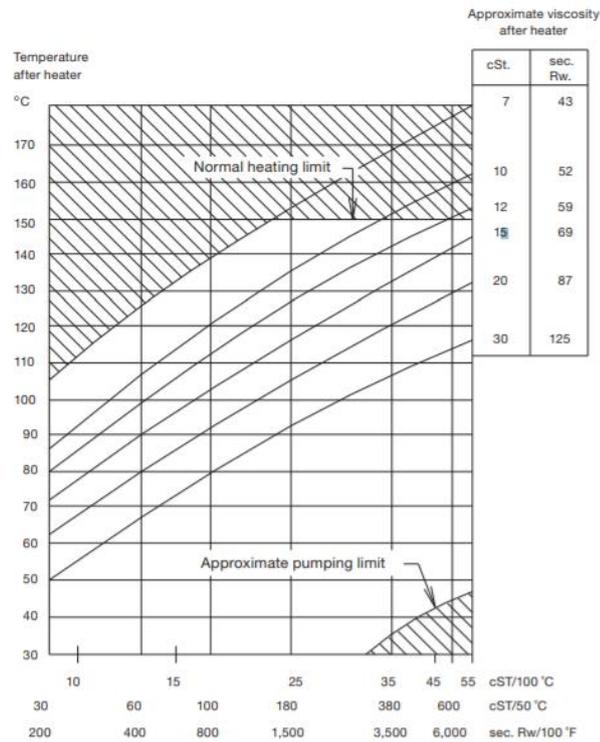
Como su nombre indica el precalentador se utiliza para calentar el combustible y así reducir su viscosidad. Esto es posible mediante un termómetro a la entrada y otro a la salida, esto controla ambas temperaturas. El pre calentador consume **205 KW**.

Las características del pre calentador según el Project guide son las siguientes:

Fuel oil heater

The heater is to be of the tube or plate heat exchanger type.

The required heating temperature for different oil viscosities will appear from the 'Fuel oil heating chart', Fig. 7.05.01. The chart is based on information from oil suppliers regarding typical marine fuels with viscosity index 70-80.



Esta gráfica relaciona la viscosidad con su temperatura.

Other values

Fuel oil heater	kW	206	206	206	204	204	204	206	206	206	205	205
Exh. gas temp. **	°C	255	255	255	235	235	235	255	255	255	235	235
Exh. gas amount **	kg/h	203,260	203,260	203,260	216,320	216,320	216,320	203,260	203,260	203,260	216,320	216,320
Air consumption **	kg/s	50.4	50.4	50.4	53.7	53.7	53.7	50.8	50.8	50.8	54.2	54.2

6.4.5 Filtro de Combustible

La función de este filtro al igual que la del filtro del aceite es limpiar el combustible que va a ser inyectado al motor principal, pues de llevar algún tipo de impurezas podría perjudicar el funcionamiento del mismo.

Según el Project Guide el filtro tiene las siguientes características:

- Presión de trabajo 10 bar
- Finura máxima admisible por el filtro: $10\mu m$
- Temperatura de trabajo: $150^{\circ}C$
- Máxima caída de presión en el filtro: 0.3 bar
- Máxima caída de presión con el filtro sin limpiar: 0.5 bar

The fuel oil filter should be based on heavy fuel oil of: 130 cSt at 80 °C = 700 cSt at 50 °C = 7,000 sec Redwood l/100 °F.

Fuel oil flowsee 'Capacity of fuel oil circulating pump'
 Working pressure 10 bar
 Test pressure..... according to Class rule
 Absolute fineness, maximum..... 10 µm
 Working temperature, maximum 150 °C
 Oil viscosity at working temperature, maximum20 cSt
 Pressure drop at clean filter, maximum0.3 bar
 Filter to be cleaned at a pressure drop of0.5 bar

6.4.6 Aireamiento del fuel

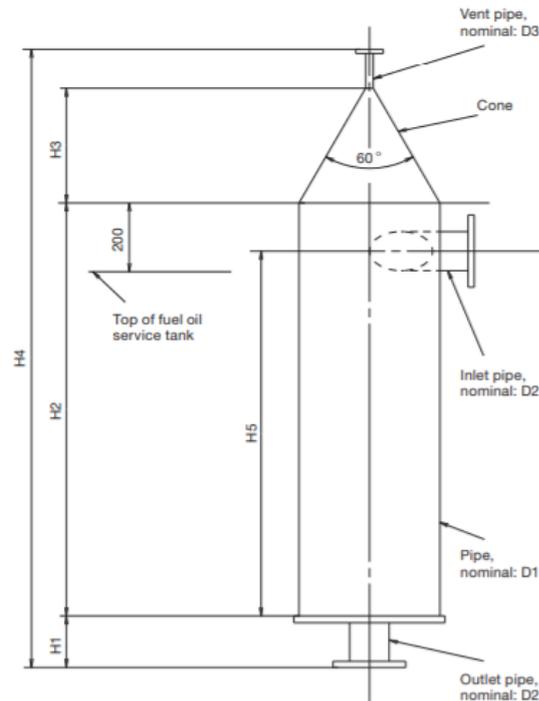
Por último es necesario escoger el aireamiento, esto se hace en función del caudal máximo de la bomba de circulación que en este caso tiene un valor de 11.6 m³/h, se escoge primeramente el tamaño del aireamiento:

Flow m³/h Q (max.)*	Dimensions in mm							
	D1	D2	D3	H1	H2	H3	H4	H5
1.3	150	32	15	100	600	171.3	1,000	550
2.1	150	40	15	100	600	171.3	1,000	550
5.0	200	65	15	100	600	171.3	1,000	550
8.4	400	80	15	150	1,200	333.5	1,800	1,100
11.5	400	90	15	150	1,200	333.5	1,800	1,100
19.5	400	125	15	150	1,200	333.5	1,800	1,100
29.4	500	150	15	150	1,500	402.4	2,150	1,350
43.0	500	200	15	150	1,500	402.4	2,150	1,350

* The maximum flow of the fuel oil circulation pump

Se tendrá que tomar el tamaño de 19.5 m³/h y se obtiene las siguientes medidas que se muestran en la tabla, correspondientes al siguiente esquema.

- D1 (pipe nominal):400 mm
- D2 (Inlet pipe, nominal-Outlelet pipe , nominal): 125 mm
- D3 (Vent pipe, nominal): 15 mm
- H1: 150 mm
- H2: 1200 mm
- H3: 333.5 mm
- H4: 1800 mm
- H5: 1100 mm



6.5 Sistema de Combustible Gas

El sistema del motor principal proporciona la opción de trabajar de manera dual, para ello requiere primero de la inyección de diésel para empezar la combustión y después introduce el gas en la cámara de combustible.

The ME-GI fuel injection system

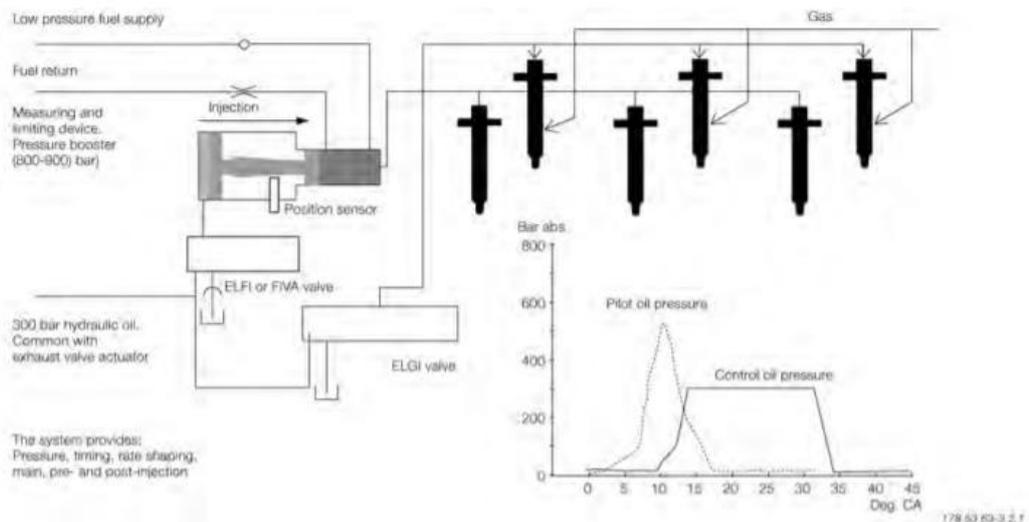


Fig. 7.00.02a: The ME-GI fuel injection system

Se utilizan diferentes válvulas dependiendo de si la inyección es gas o es fuel.

Como se puede ver en el esquema, la válvula que se encarga de presurizar el sistema de fuel durante el funcionamiento del motor con gas está conectado a una válvula multidireccional. Un sistema hidráulico presuriza la válvula de inyección de gas a 300 bar y controla la inyección del mismo.

- Además, en el Project Guide se establecen una serie de márgenes, teniendo en cuenta la utilización de gas natural, en caso de utilizar otro tipo se deberá comunicar a la empresa. A tener en cuenta tal que;
- La válvula de seguridad se abre a 330 bar
- El máximo requisito de flujo se establece al 110% SMCR y a una presión de 315 bar
- La temperatura deberá rondar $40^0 \pm 10^0 C$
- Los límites de temperatura donde saltarán las alarmas estarán entre 30 y 50 °C
- El motor se apagará entre los rangos de temperatura de 0 a 60 °C
- El sistema de combustible de gas permite tres tipos de sistemas de abastecimiento de gas, en el siguiente esquema se representan los 3.

Fuel Gas Supply Systems

Examples of Fuel Gas Supply Systems

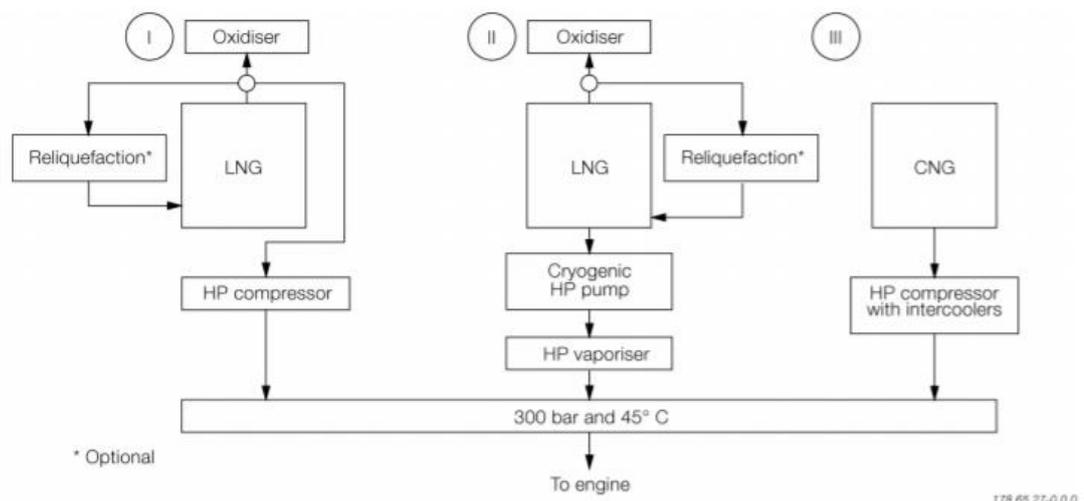


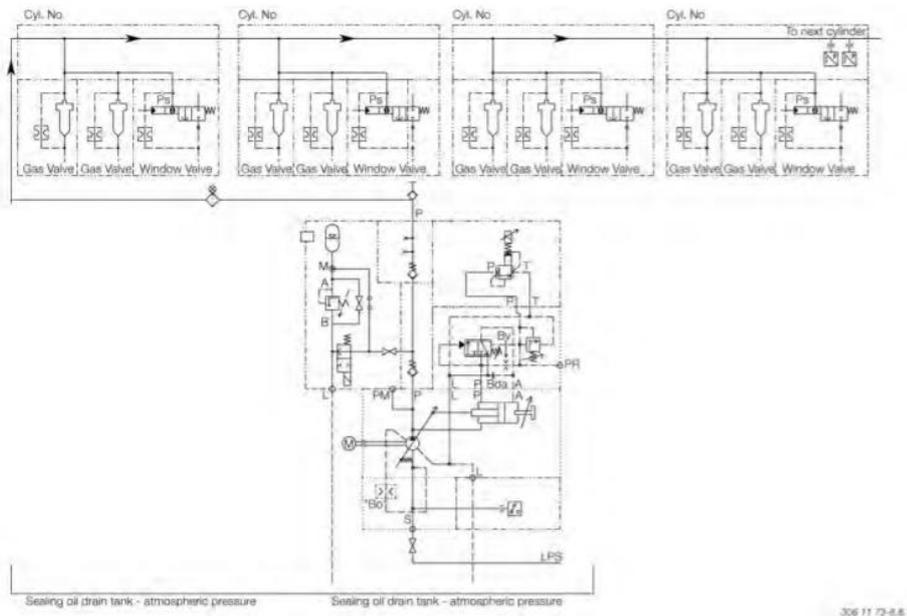
Fig. 7.08.01: Three most commonly used gas supply systems

En este caso el buque a proyectar utilizará el sistema compuesto por LNG con un compresor de altas presiones.

6.5.1 Sistema de hidráulico de sellado

El sistema hidráulico de sellado se encarga de inyectar el gas y de cerrar y abrir las válvulas intermedias. Consiste en una bomba y un bloque de seguridad con acumulador. El sistema de aceite de sellado está presurizado de forma hidráulica, con una presión constante superior al sistema de gas para así prevenir que este entre en sistema hidráulico.

Sealing oil system



Este sistema trabaja a una presión de entre 20 y 25 bares más que el sistema de gas para prevenir posibles fugas.

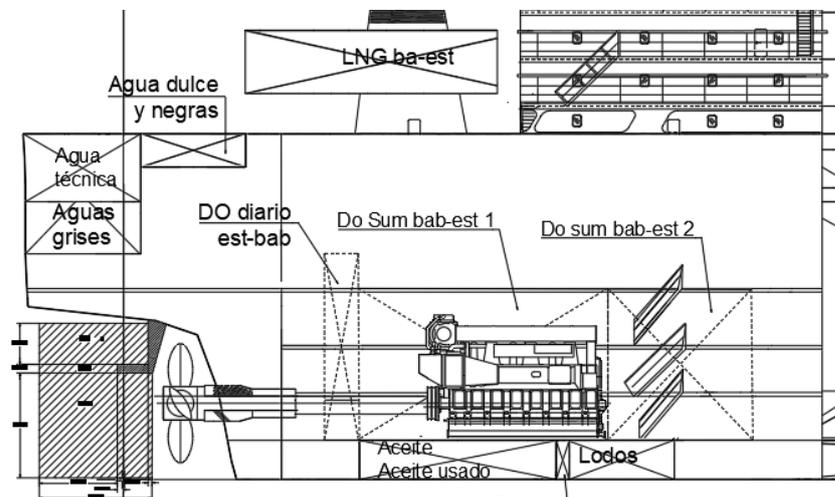
Además se utilizará una bomba de 7.4 Kw para el sellado como indica el fabricante.

Sealing pump motors

Three different electric motors can be used on the sealing oil pumps:

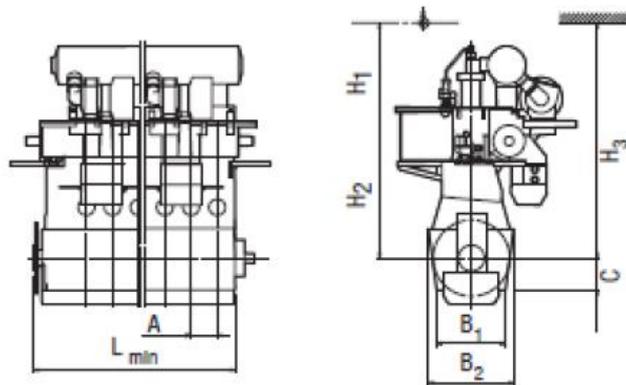
- Pump displacement mechanically limited to 9 ccm/rev.:
 - 7.4 kW, 1,450 rpm M3AA 132 M, 50 Hz

7 DISPOSICIÓN DE LA CÁMARA DE MÁQUINAS



Los espacios de máquinas están principalmente situados en la zona de cámara de máquinas, aunque la maquinaria hidráulica, generador de emergencia, depuradora e incinerador se encuentran en la cubierta principal.

La cámara de máquinas tiene una extensión de 22.5 metros y abarca desde la cuaderna 12 a la 42. En ella se instalan los 3 generadores para la planta eléctrica de inserta modelo, el motor principal de Man modelo 8S70ME-C8 y la zona del servo. La cámara de máquinas dispondrá de 3 cubiertas de 2.8 m cada una.



Specifications							
Dimensiones:	A	B ₁	B ₂	C	H ₁	H ₂	H ₃
mm	1,190	4,390	4,454	1,521	12,550	11,725	11,500
Cylinders:	5	6	7	8			
L _{min} mm	7,781	8,971	10,161	11,351			

Los elementos que componen la cámara de máquinas son los siguientes que se adjuntan en esta tabla:

Nº	ELEMENTO	Nº	ELEMENTO
1	MOTOR PRINCIPAL	8	BOTELLAS AIRE ARRANQUE
2	BOMBAS FUEL	9	BOMBAS DE LASTRE
3	BOMBAS SUMINISTRO	10	BOMBAS DE SENTINAS
4	BOMBAS CI	11	BOMBAS DE ACEITE
5	P. TRATAMIENTO AGUAS SUCIAS	12	BOMBAS DE REGRIGERACIÓN Y ACEITE
6	LOCAL SERVOMOTORES	13	CALENTADORES
7	ENFRIADORES	14	CALDERA EXHAUSTACIÓN

El plano de la cámara de máquinas se puede ver en el Anexo III. *Plano disposición de la cámara de máquinas* del presente cuaderno.

8 ANEXO I

8.1 Motor Principal

MAN Diesel & Turbo

MAN B&W S70ME-C8 **Tier III**

Stroke: 2,800 mm

Cyl.	L ₁ kW
5	16,350
6	19,620
7	22,890
8	26,160

Dual Fuel Mode for GI (Methane) L₁ MEP: 20.0 bar

MAN B&W S70ME-C8-GI-EGRTC

	L ₁ SFDC equivalent gas + pilot fuel (42,700 kJ/kg) [g/kWh]*		
	50%	75%	100%
Tier II mode	162.5	164.5	171.0
Tier III mode	170.5	169.0	174.0

L₁ SGC 50,000 kJ/kg (SPOC pilot fuel 42,700 kJ/kg) [g/kWh]

Tier II mode	131.8 (8.1)	135.3 (6.2)	141.7 (5.1)
Tier III mode	138.5 (8.3)	139.0 (6.3)	144.1 (5.2)

MAN B&W S70ME-C8-GI-HPSCR

	L ₁ SFDC equivalent gas + pilot fuel (42,700 kJ/kg) [g/kWh]*		
	50%	75%	100%
Tier II mode	162.5	164.5	170.5
Tier III mode	164.0	165.5	171.0

L₁ SGC 50,000 kJ/kg (SPOC pilot fuel 42,700 kJ/kg) [g/kWh]

Tier II mode	131.8 (8.1)	135.3 (6.2)	141.2 (5.1)
Tier III mode	133.1 (8.2)	136.1 (6.2)	141.7 (5.1)

MAN B&W S70ME-C8-GI-LPSCR

	L ₁ SFDC equivalent gas + pilot fuel (42,700 kJ/kg) [g/kWh]*		
	50%	75%	100%
Tier II mode	162.5	164.5	170.5
Tier III mode	163.5	165.5	171.5

L₁ SGC 50,000 kJ/kg (SPOC pilot fuel 42,700 kJ/kg) [g/kWh]

Tier II mode	131.8 (8.1)	135.3 (6.2)	141.2 (5.1)
Tier III mode	132.7 (8.2)	136.1 (6.2)	142.1 (5.1)

* Gas fuel LCV (50,000 kJ/kg) is converted to fuel oil LCV (42,700 kJ/kg) for comparison with fuel oil operated engine.
Note: Also available for GIE, LGIM and LGIP, except GIE and EGR, see page 10 and 12.

46

MAN Diesel & Turbo

MAN B&W S70ME-C8

Engine Dimensions

Specifications

Dimensions:	A	B ₁	B ₂	C	H ₁	H ₂	H ₃
mm	1,190	4,390	4,454	1,521	12,550	11,725	11,500

Cylinders:	5	6	7	8
L _{min} mm	7,781	8,971	10,161	11,351

Tier II

Dry mass:	t	451	534	605	681
-----------	---	-----	-----	-----	-----

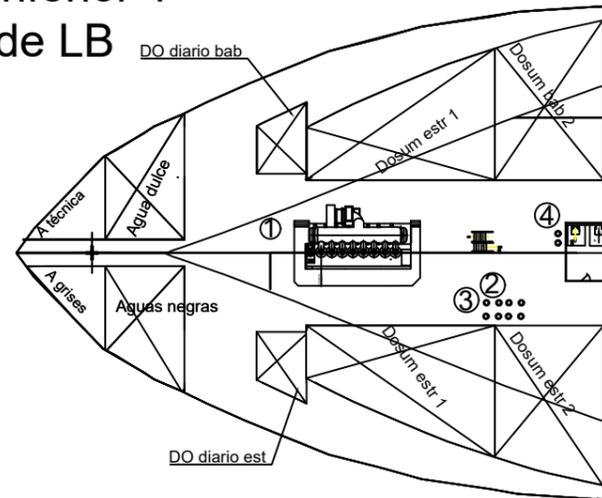
Tier III

Dry mass (added):					
EGR	t	15	16	17	18
HP SCR	t	4	5	6	6
LP SCR	t	-	-	-	-

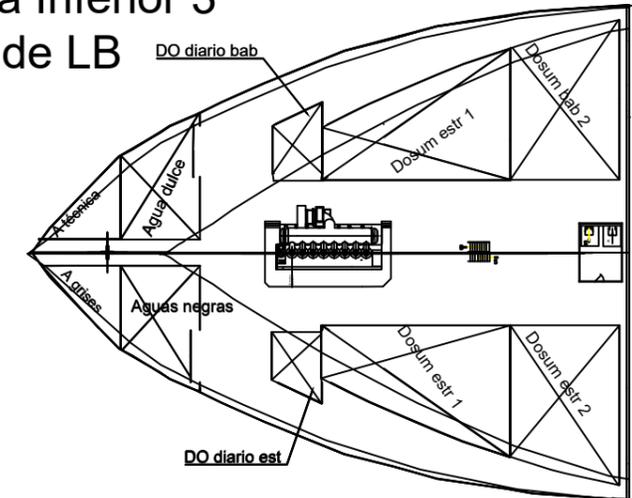
47

9 ANEXO II

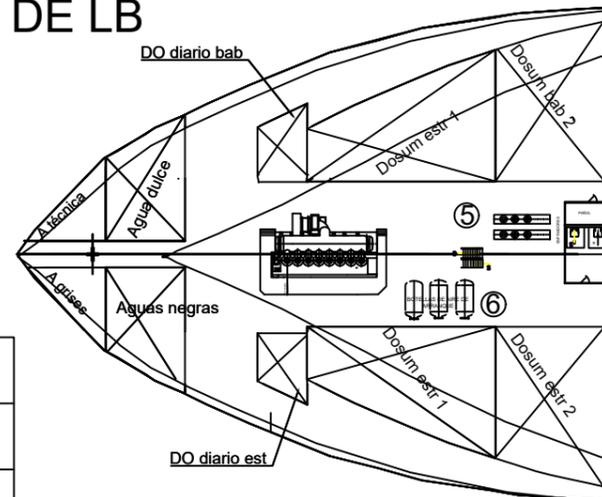
Cubierta Inferior 1
a 2.25 m de LB



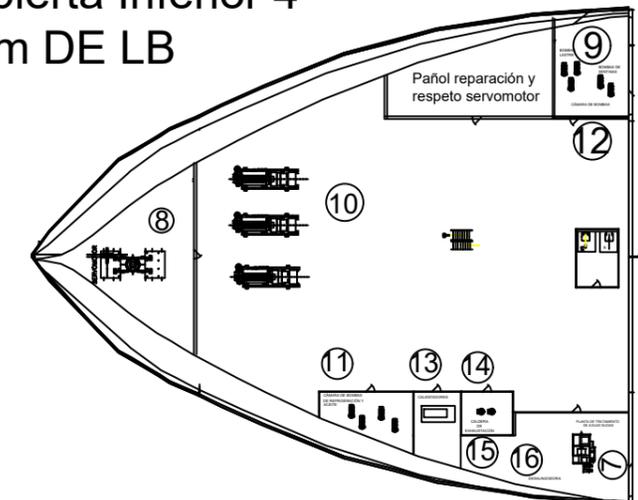
Cubierta Inferior 3
7.85 m de LB



Cubierta Inferior 2
5.05 m DE LB



Cubierta Inferior 4
12 m DE LB



Nº	ELEMENTO	Nº	ELEMENTO
1	MOTOR PRINCIPAL	9	BOMBAS DE LASTRE
2	BOMBAS FUEL	10	BOMBAS DE SENTINAS
3	BOMBAS SUMINISTRO	11	BOMBAS DE ACEITE
4	BOMBAS CI	12	BOMBAS DE REGRIGERACIÓN Y ACEITE
5	ENFRIADORES	13	CALENTADORES
6	BOTELLAS AIRE ARRANQUE	14	CALDERA EXHAUSTACIÓN
7	P. TRATAMIENTO AGUAS SUCIAS	15	LOCAR TAR
8	LOCAL SERVOMOTORES	16	DESALINIZADORA



GRADO EN INGENIERIA
NAVAL Y OCEÁNICA

BUQUE BULKARRIER 100000 D.W.T

ESCALA: 1:250 Nº PROYECTO: Nº PLANO: FECHA: JUNIO 2021

TÍTULO: Distribución Cámara de Máquinas

AUTOR: SOFÍA FRAGA LUDEIRO FIRMA:

ESCUOLA POLITÉCNICA SUPERIOR DE FERROL