



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

Trabajo Fin de Grado
CURSO 2021/22

BUQUE PORTACONTENEDORES
16000 TEUs

Grado en Ingeniería Naval y Oceánica

ALUMNA/O

Javier García Ávila

TUTORAS/ES

Alicia Munín Doce

FECHA

Septiembre 2022



Escola Politécnica Superior

**TRABAJO FIN DE GRADO
CURSO 2020/21**

*BUQUE PORTACONTENEDORES
16000 TEUs*

Grado en Ingeniería Naval y Oceánica

**CUADERNO 10.
DEFINICIÓN DE LA PLANTA PROPULSORA Y SUS AUXILIARES**



TIPO DE BUQUE: Portacontenedores Suezmax

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

CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA: 16000 TEUS

VELOCIDAD Y AUTONOMÍA: 22 nudos de velocidad de servicio con una autonomía de 20000 millas.

SISTEMAS Y EQUIPOS DE CARGA / DESCARGA: Sin grúas

PROPULSIÓN: Motor Diesel acoplado a línea de ejes

TRIPULACIÓN Y PASAJE: 30

OTROS EQUIPOS E INSTALACIONES:

ALUMNO: D. Javier García Ávila

ÍNDICE

Índice	4
Gráficos	6
Ilustraciones.....	6
Tablas.....	7
Acrónimos usados	8
1. Introducción	9
2. Selección y justificación de la planta propulsora	10
2.1 Selección de puesta a punto	12
2.2 Turbocompresor	12
3. Servicio de combustible.....	13
3.1 Consumo de combustible	13
3.2 Diseño del sistema de combustible	14
3.2.1 Bombas.....	16
3.1.2 Unidad de mezclado (7).....	17
3.1.3 Calentador (9).....	18
3.1.4 Viscosímetro (11).....	18
3.1.5 Intercambiador de calor (11).....	18
3.1.5 Filtros	20
3.1.6 Tratamiento de fuel.....	21
4. Servicio de lubricación.....	22
4.1 Consumo de aceite.....	22
4.2 Diseño del sistema de lubricación	22
4.2.1 Aceite	23
4.2.2 Bombas.....	23
4.2.3 Enfriador de aceite de lubricación (3)	24
4.2.4 Filtro (5)	25
4.2.5 Separador centrífugo y calentador de aceite.....	25
4.2.6 Tanque de drenaje.....	25
5. Servicio de refrigeración	26
5.1 Circuito de baja temperatura	27
5.1.1 Filtros a la salida de los tanques (12)	28
5.1.2 Bomba de circulación de agua salada (9).....	28
5.1.3 Enfriador central de agua salada (8).....	28
5.1.4 Válvula de control automático de temperatura (6).....	28

5.1.5 Bombas de agua dulce (7).....	29
5.1.6 SAC (1).....	29
5.1.7 Enfriador del aceite (3)	29
5.1.7 Enfriador de combustible (4).....	29
4.1.8 Enfriador del circuito de alta temperatura (2).....	29
5.1.9 Enfriador auxiliar (5).....	29
5.2 Circuito de refrigeración de alta temperatura	30
5.2.1 Separador de aire	30
5.2.2 Generador de agua dulce	30
5.2.3 Válvula automática de control de temperatura (5).....	31
5.2.4 Enfriador del circuito de alta temperatura (4).....	31
5.2.5 Tanque de expansión (8).....	31
5.2.6 Bomba de agua del circuito de alta temperatura (1).....	31
5.2.7 Precalentador (3).....	31
6. Servicio de aire de arranque.....	33
6.1 Compresores	34
6.2 Botellas	34
7. Servicio de gases de exhaustación	35
8. Sistema de vapor.....	36
8.1 Calefacción de tanques	37
8.2 Balance de vapor.....	39
8.2.1 Situación de puerto.....	40
8.2.2 Situación de navegación.....	41
9. Estimación de potencia y selección de bombas	42
10. Disposición de la cámara de máquinas	43
Bibliografía.....	53
Anexo 1. Reporte obtenido de GTD WinGD.....	54
Anexo 2. Tanques obtenidos	73
Anexo 3. Calor requerido para calentar tanques	75
Anexo 4. Catálogo caldera grupo ATTSU	81
Anexo 5. Catálogo bombas de tornillo autocebantes	82
Anexo 6. Catálogo de bombas centrífugas.....	83

GRÁFICOS

Gráfico 1. Relación temperatura-viscosidad.....	19
Gráfico 2. Potencia del precalentador por cilindro.....	32
Gráfico 3. Calor específico gases de exhaustación.....	36

ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Dimensiones principales	9
Ilustración 2. Curva rpm-potencia WinGD X92DF-2.0 de 12 cilindros.....	10
Ilustración 2. Esquema preliminar planta propulsora y línea de ejes	11
Ilustración 3. Esquema del sistema de combustible.....	15
Ilustración 4. Parámetros del sistema de combustible.	16
Ilustración 5. Unidad de mezclado.....	17
Ilustración 6. Opciones del filtro.....	20
Ilustración 7. Esquema del sistema de lubricación.....	22
Ilustración 8. Parámetros del sistema de lubricación	23
Ilustración 9. Esquema del sistema de refrigeración	26
Ilustración 11. Parámetros del circuito de baja temperatura.	26
Ilustración 10. Esquema del circuito de baja temperatura.....	27
Ilustración 11. Esquema del circuito de alta temperatura.....	30
Ilustración 12. Esquema del sistema de aire comprimido	33
Ilustración 13. Parámetros del sistema de arranque	34
Ilustración 14. Servicio de gases de exhaustación.....	35

TABLAS

Tabla 1. Tipos de puesta a punto	12
Tabla 2. Rendimiento del turbocompresor.....	12
Tabla 3. Consumos del motor.....	13
Tabla 4. Conductos de exhaustación	35
Tabla 5. Tanques que requieren de calefacción.....	38
Tabla 6. Coeficientes de transmisión de calor.....	38
Tabla 7. Calor necesario para calefactar los tanques.	39
Tabla 8. Consumidores de vapor.....	40
Tabla 9. Consumo de vapor en puerto	40
Tabla 10. Consumo de vapor en navegación	41
Tabla 11. Generación de vapor por el motor propulsor	41
Tabla 12. Estimación del rendimiento de bombas centrífugas	42
Tabla 13. Potencia de las bombas.	43
Tabla 14. Bombas comerciales	43

ACRÓNIMOS USADOS

SÍMBOLO	SIGNIFICADO	UNIDADES
Δ	Desplazamiento	Tn
B	Manga del buque	m
Cb	Coeficiente de bloque	-
Cf	Coeficiente de la flotación	-
Cm	Coeficiente de la maestra	-
Cp	Coeficiente prismático	-
D	Puntal	m
Dp	Diámetro Hélice	m
Fb	Francobordo	m
Fn	Número de Fraude	-
g	Gravedad	m/s^2
GM	Radio metacéntrico	m
KB	Posición vertical del centro de carena	-
KG	Posición vertical del centro de gravedad	-
KM	Posición vertical del metacentro	-
Lpp	Longitud entre perpendiculares del buque	-
Loa	Longitud total del buque	-
P	Potencia	KW
PM	Peso muerto	Tn
PR	Peso en Rosca	Tn
T	Calado	m
Vmx	Velocidad máxima	m/s o Kn
Vsv	Velocidad servicio	m/s o Kn
XB, XC	Posición longitudinal del centro de carena	m
XG	Posición longitudinal del centro de gravedad	m

1. INTRODUCCIÓN

En el presente cuaderno, se procede a la justificación y definición de la planta propulsora, y de todos los sistemas que son necesarios para su funcionamiento.

En primer lugar se justificará la selección de la planta propulsora, realizada en el “Cuaderno 6. Predicción de potencia y selección de planta propulsora”, para que el buque cumpla con los requisitos estipulados en el RPA.

A continuación, a partir de la información proporcionada por el fabricante se diseñarán los distintos sistemas auxiliares que acompañan al motor propulsor. Estos sistemas serán el servicio de combustible, servicio de lubricación, servicio de refrigeración y servicio de arranque.

Finalmente, se realizarán los planos que justifiquen la disposición de los equipos en la cámara de máquinas.

Las características del buque principal son las que se muestran a continuación:

TEUs Totales	16000 TEUs	Cb	0,7 [-]
TEUs Bodega	6963 TEUs	Cm	0,998[-]
Lpp	356 [m]	Cp	0,7 [-]
Loa	377 [m]	V	22 [Kn]
B	53 [m]	Fn	0.192 [-]
D	31 [m]	Δ	210413 [t]
T	15,5 [m]		

Ilustración 1. Dimensiones principales

2. SELECCIÓN Y JUSTIFICACIÓN DE LA PLANTA PROPULSORA

En el Cuaderno 6 “*Predicción de potencia y selección de planta propulsora*” se realizó una predicción de la potencia necesaria para el propulsor para alcanzar una velocidad de 24 nudos con el máximo calado, correspondiente a la situación de plena carga.

Tras esta predicción de potencia se obtuvo una potencia necesaria de 71525 [kW], a partir de esta potencia se seleccionó un motor del fabricante Wärtsilä, concretamente el X92 de 12 cilindros R1 que aporta una potencia de 73560 [kW] a 76 [rpm].

En el momento de realización del cuaderno se observa que el motor seleccionado en el Cuaderno 6 cambió de fabricante mediante la escisión de la empresa *Winterthur Gas & Diesel Ltd*, de Wärtsilä. Por tanto el modelo de motor seleccionado pasa a denominarse WinGD X92DF-2.0. Que comparte las características del motor anteriormente mencionado.

Se adjunta a continuación la curva de revoluciones-potencia del motor seleccionado de manera que se permita encajar las necesidades calculadas en el Cuaderno 6:

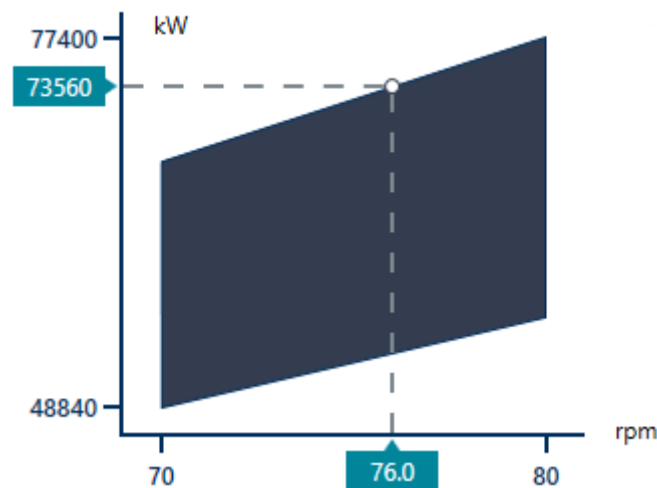


Ilustración 2. Curva rpm-potencia WinGD X92DF-2.0 de 12 cilindros

A partir de los datos obtenidos del motor se decide calcular la potencia a partir de una formulación teórica que permita definir si el motor es adecuado y cumple con los requerimientos de potencia. Para ello se calcula la potencia al freno:

$$N_b = \frac{P_e \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot L \cdot n \cdot i}{0,6 \cdot z}$$

Donde:

- $P_e = 20,98$ [bar], la presión media efectiva.
- $D = 0,92$ [m], el diámetro del cilindro.
- $L = 3,468$ [m], la carrera del pistón.
- $n = 76$ [rpm], el número de revoluciones por minuto.

- $i = 12$, el número de cilindros
- $z = 1$, el número de revoluciones por ciclo.

Se obtiene entonces la siguiente potencia al freno:

$$N_b = \frac{20,98 \cdot \frac{\pi \cdot 0,92^2}{4} \cdot 3,468 \cdot 76 \cdot 12}{0,6 \cdot 1} = 105439[BHP] = 78603 [kW]$$

Luego se observa que aplicando la formulación teórica el buque cumple con lo calculado en el Cuaderno 7.

El buque se proyecta con una línea de ejes acoplada directamente al motor propulsor, por lo que no será necesaria la presencia de otros sistemas de transmisión mecánica como reductoras, y con una hélice de paso fijo.

Se muestra a continuación un esquema básico de la planta propulsora en vista longitudinal:

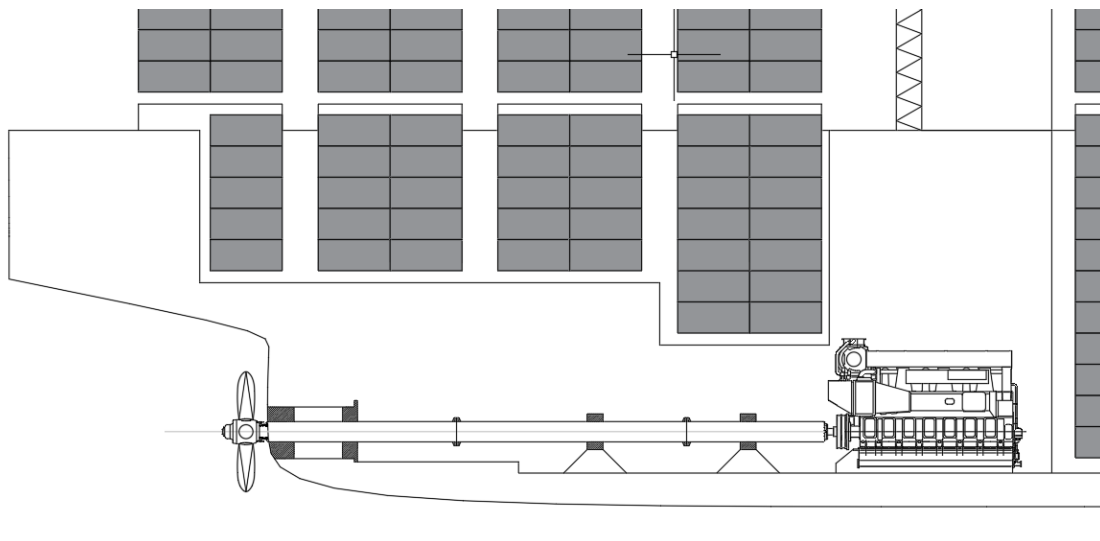


Ilustración 2. Esquema preliminar planta propulsora y línea de ejes

A continuación el fabricante ofrece distintos componentes a escoger para complementar la selección del motor.

2.1 Selección de puesta a punto

Existen tres tipos de configuraciones para el motor principal:

Table 1-5 Available basic tunings

Tuning	Description	Application	Additional components
Delta tuning	Part load tuning	When the ship operates most of the time between 75 and 90% engine power	None
Delta bypass tuning	Part load tuning with increased steam power production	For increased steam production between 50 and 100% engine power. Consequently, this enables reducing the economiser size and minimising the use of the auxiliary boiler	Exhaust gas waste gate
Low load tuning	Lowest possible BSFC in the operating range of 40-70% engine power	When the ship operates most of the time at less than 75% engine power	Exhaust gas waste gate

Tabla 1. Tipos de puesta a punto

El fabricante indica que todas las opciones cumplen con las regulaciones de la IMO referentes a las emisiones de NOx Tier II, para cumplir con las emisiones Tier III se requiere un tratamiento en el gas de exhaustación, pero este tema se tratará más adelante.

Se decide optar por la configuración “*Delta tuning*”, al observarse que el motor escogido estará trabajando en el intervalo del 75-90% de potencia del motor.

2.2 Turbocompresor

El fabricante del motor ofrece tres opciones de turbocompresores, dos fabricados por Mitsubishi Heavy Industries y uno fabricado por ABB.

Se opta por escoger el modelo MET83MBII del fabricante Mitsubishi siguiendo las indicaciones de la Project Guide del motor.

El motor llevará por tanto 3 turbocompresores MET83MBII, obteniendo los siguientes datos de rendimiento:

Performance			Scavenge air side				Exhaust gas side				EtaTC [%]
Power [%]	Power [kW]	Speed [rpm]	pScav [bar]	tAaC [°C]	tScav [°C]	Com Flow [kg/s]	pExh [bar]	tEbT [°C]	tEaT [°C]	Tur Flow [kg/s]	
100.0	73560	76.0	4.70	223	35.0	143.7	4.41	417	236	147.1	68.0
95.0	69882	74.7	4.49	217	34.5	139.0	4.21	401	226	142.1	68.9
90.0	66204	73.4	4.28	210	33.9	133.6	4.00	387	218	136.5	69.7
85.0	62526	72.0	4.06	202	33.3	128.1	3.79	373	211	130.8	70.3
80.0	58848	70.6	3.89	196	32.8	123.3	3.62	364	208	125.8	70.7
75.0	55170	69.1	3.72	190	32.4	118.4	3.46	356	205	120.8	70.9
70.0	51492	67.5	3.53	182	31.9	112.8	3.27	348	204	115.0	71.1
60.0	44136	64.1	3.06	163	31.0	98.7	2.83	331	205	100.6	70.9
50.0	36780	60.3	2.65	145	30.2	85.3	2.45	321	212	86.9	70.1
40.0	29424	56.0	2.13	117	29.5	67.0	1.97	316	232	68.3	68.2

Tabla 2. Rendimiento del turbocompresor.

3. SERVICIO DE COMBUSTIBLE

Se procede a continuación a diseñar el servicio de combustible, para ello se estimará el consumo del motor propulsor seleccionado, para a continuación seleccionar el diagrama del servicio.

3.1 Consumo de combustible

El consumo de combustible fue calculado anteriormente en el Cuaderno 4 de manera orientativa, a continuación se procede a recalcularlo el consumo de combustible de acuerdo con las especificaciones del motor.

Table 1-3 Rating points

Bore x stroke: 920 x 3,468 [mm]				
No. of cylinders	R1	R2	R3	R4
	Power [kW]			
6	38,700	27,900	33,900	24,420
7	45,150	32,550	39,550	28,490
8	51,600	37,200	45,200	32,560
9	58,050	41,850	50,850	36,630
10	64,500	46,500	56,500	40,700
11	70,950	51,150	62,150	44,770
12	77,400	55,800	67,800	48,840
Speed [rpm]				
All	80	80	70	70
Brake Specific Fuel Consumption (BSFC) [g/kWh] 100% power				
All	162.8	156.8	161.8	157.8
Mean Effective Pressure (MEP) [bar]				
All	21.0	15.1	21.0	15.1
Lubricating oil consumption (for fully run-in engines under normal operating conditions)				
System oil	Approximately 9kg/cylinder per day			
Cylinder oil	Guide feed rate of 0.6g/kWh			
BSFC data are quoted for fuel of Lower Heating Value (LHV _{MDO}) 42.7 MJ/kg All other reference conditions refer to ISO standard (ISO 3046-1)				
For BSFC, the following tolerances must be considered: + 5% for 100-85% engine power + 6% for <85-65% engine power + 7% for <65-50% engine power				
The data provided in this table is for delta tuning				

Tabla 3. Consumos del motor

Al estar el motor trabajando en valores de aproximadamente el 85% de la potencia del motor se añade al valor de consumo específico al freno (BSFC) un valor del 5% de tolerancia especificado en la Tabla 2.

$$BSFC = 162,8 \cdot 1,05 = 170,94 [g/kWh].$$

A partir del RPA se calculan las horas de funcionamiento en ruta:

$$\text{Horas de funcionamiento} = \frac{20000 [NM]}{24 \left[\frac{MN}{h} \right]} = 834 [h]$$

Calculando el consumo al 100%, considerando una potencia de 73560 [kW]:

$$C_{combustible} = 834 \cdot 73560 \cdot 170,94 \cdot 10^{-6} = 10487 [t]$$

En el cuaderno 4 se obtuvo una capacidad de almacenaje total de combustible de 12007 [t] de fuel oil marino y 3788 [t] para zonas ECA, tal y como se muestra en el desglose de tanques, adjunto en el anexo 2.

Por lo que, en un principio, se cumple con los requisitos de consumo de combustible.

3.2 Diseño del sistema de combustible

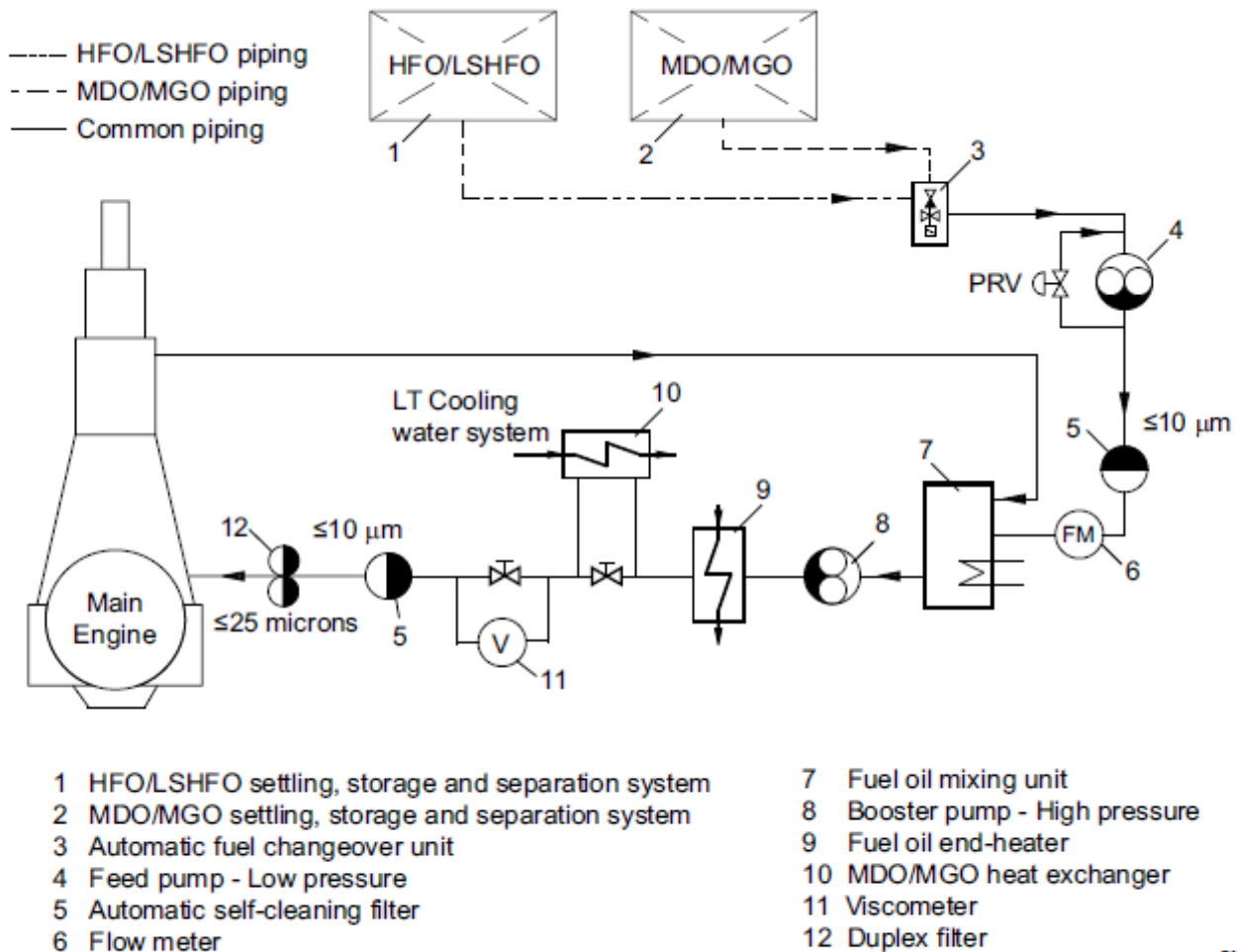
El primer parámetro de diseño resulta establecer una viscosidad de diseño, debido a que en el caso de usar combustibles pesados será necesario calefactar los tanques para que el combustible fluya correctamente.

Se establece de esta manera como viscosidad máxima 700 [cSt], se considera una temperatura adecuada para el sistema 50 [°C], según las especificaciones de diseño de la Project Guide.

Así mismo se establecerán un sistema de filtrado (5 y 12) con una tolerancia máxima de 10 [µm] y un calentador intermedio (9) controlado por un viscosímetro (11), que permite regular la temperatura de combustible a la entrada del motor para que la viscosidad sea adecuada.

Finalmente se incluye un intercambiador de calor (10) que emplea agua de refrigeración para disminuir la temperatura en la entrada del motor.

A partir de la Project Guide del motor seleccionado se escoge el siguiente esquema del circuito de combustible que alimentará el motor:



SM-0300

Figure 4-12 Fuel oil system

Ilustración 3. Esquema del sistema de combustible

Se procede a continuación a dimensionar cada uno de los distintos componentes del sistema.

Para ello se ha empleado el software *GTD for Win GD 2-Stroke Engines*, que permite a partir de ciertos parámetros de diseño obtener los valores recomendados para los equipos que componen el sistema.

Se adjunta la especificación técnica completa de todos los sistemas en el anexo.

Se obtienen los siguientes valores de diseño del sistema de combustible:

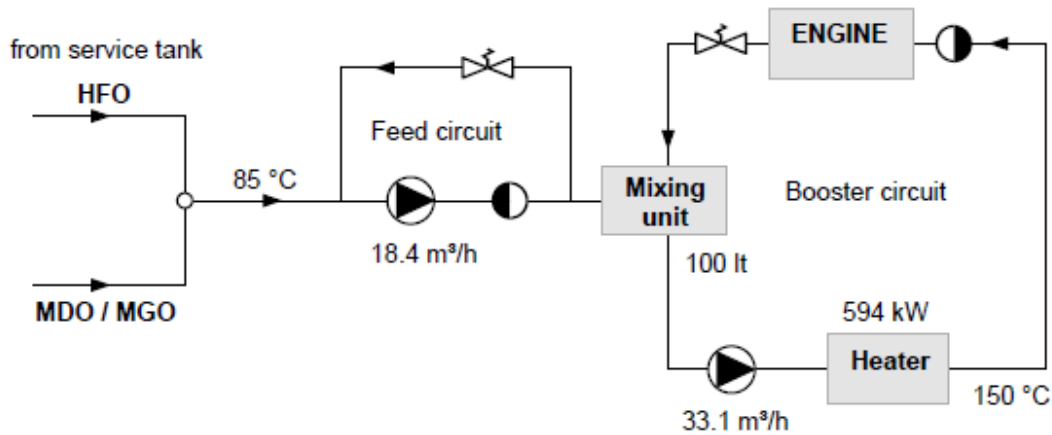


Ilustración 4. Parámetros del sistema de combustible.

3.2.1 Bombas

Dentro del sistema de combustible existen dos circuitos que se estudian de manera independiente. Un circuito de alimentación y un circuito de refuerzo que aprovecha el combustible que sale motor para mezclarlo con el combustible que entra.

3.1.1.1 Bomba de alimentación (4)

La bomba de alimentación deberá ser una bomba de desplazamiento positivo de tornillo con válvula de seguridad incorporada.

Así mismo tendrá capacidad de vencer una presión mínima de 3 [bar], con recomendación de 5 [bar].

Su temperatura de trabajo será de 100°C y deberá ser capaz de funcionar con viscosidades mínimas de 2 [cSt] y una viscosidad máxima de 100 [cSt].

El caudal se obtiene de la aplicación GDT WinGD, arrojando un valor de 18,4 [m³/h].

Junto con la bomba de alimentación aparece una válvula de regulación de presión (PRV). Esta puede ser pilotada hidráulicamente aunque debe tener un accionamiento ,Manuel de emergencia. Será tarada a 6 [bar], con una presión de servicio máxima de 10 [bar].

La temperatura de funcionamiento será de 100°C y deberá trabajar en el mismo intervalo de viscosidades que la bomba de alimentación.

3.1.1.2 Bomba de refuerzo o de alta presión (8)

Será una bomba de desplazamiento positivo de tornillo con un válvula de seguridad integrada.

La presión mínima será de 6 [bar], con una temperatura de funcionamiento de 150°C, con una viscosidad máxima de 70 [cSt].

A partir de la aplicación GDT WinGD se obtiene un caudal necesario de 33,1 [m^3/h].

3.1.2 Unidad de mezclado (7)

Empleada para igualar las temperaturas entre el combustible caliente que viene del motor con el combustible que procede del tanque de servicio.

Debido al bajo consumo del motor se considera suficiente un tanque de 100 [l] de capacidad, tomando en cuenta el Project Guide, de manera que el cambio entre tipos de combustibles no tome un tiempo excesivamente largo.

Tendrá una presión de servicio de 10 [bar] y una temperatura de trabajo de hasta 150°C.

Se muestra a continuación la figura de la unidad de mezclado obtenido del manual de operación del motor.

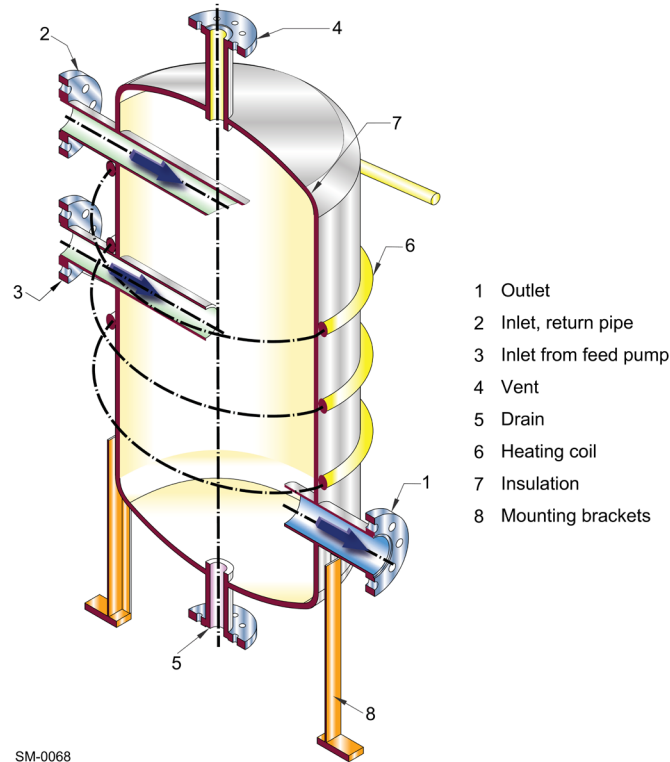


Figure 4-13 Mixing unit

Ilustración 5. Unidad de mezclado

3.1.3 Calentador (9)

Es el encargado de regular la viscosidad de entrada en el motor.

Será un calentador tubular diseñado para fueles con viscosidad superior a 50°C. Podrá ser de vapor, efecto Joule o aceite térmico.

En el caso de ser de vapor, el consumo a 5 [bar] de presión manométrica será de $1,32 \cdot 10^{-6} \cdot P \cdot BSFC \cdot (T_1 - T_2)$ [kg/h] o $0,75 \cdot 10^{-6} \cdot P \cdot BSFC \cdot (T_1 - T_2)$ [kW].

Su presión de trabajo será de 12 [bar] y requerirá una temperatura de trabajo de 150°C.

El software propone un calentador de 594 [kW].

3.1.4 Viscosímetro (11)

El viscosímetro marca la acción del calentador para mantener el fuel a una viscosidad adecuada para el motor, idealmente entre 13 y 17 [cSt].

3.1.5 Intercambiador de calor (11)

El combustible requiere de ser enfriado en la entrada del motor para conseguir viscosidades menores, de en torno a 2 [cSt], en la admisión del motor.

Será un intercambiador de calor tubular (apropiado para combustible Diesel), y que funcione mediante agua de refrigeración.

Deberá tener una presión máxima de 12 Bar.

Para el cálculo del calor que disipará el intercambiador de calor se emplea la siguiente fórmula:

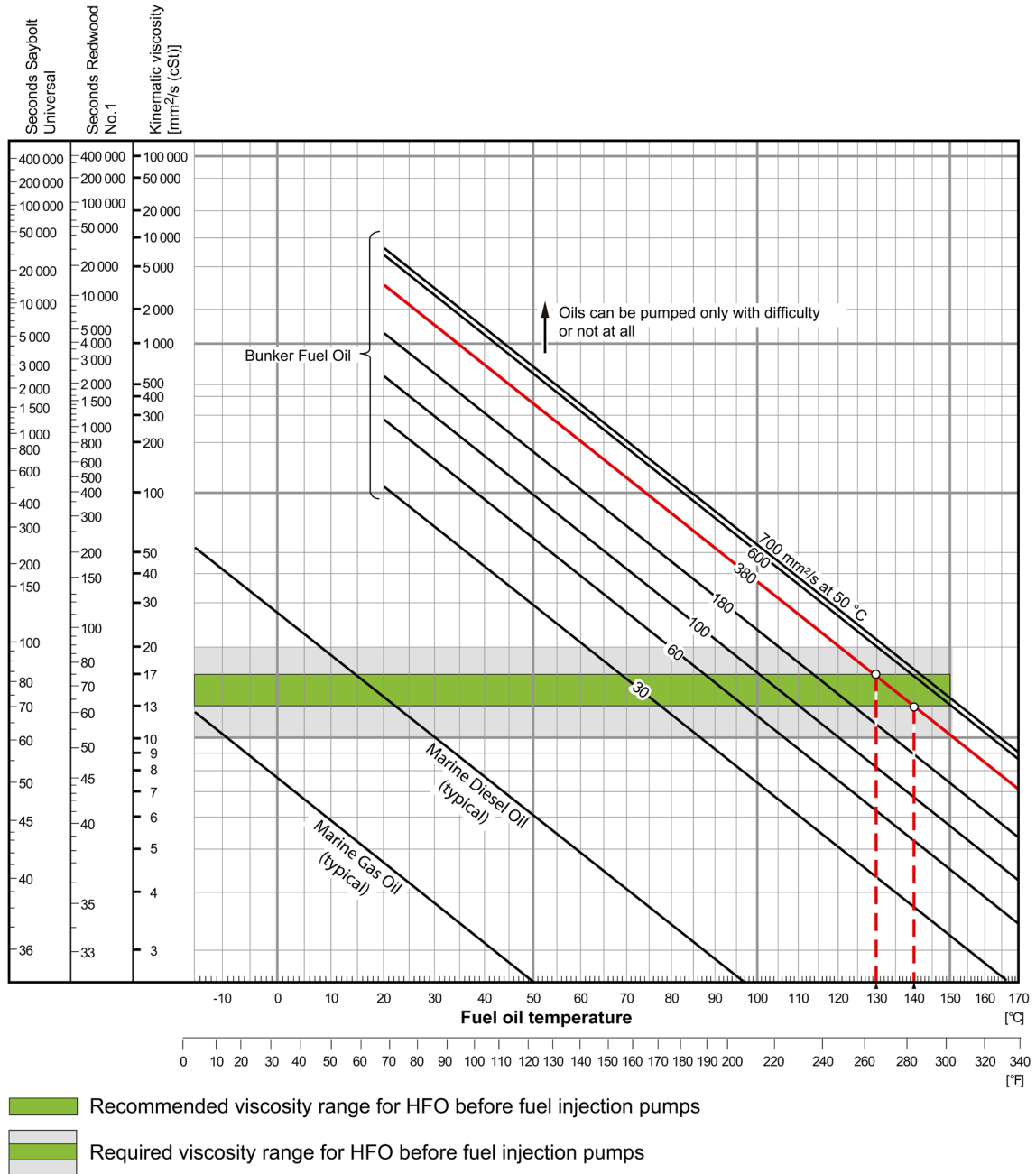
$$Q = \frac{0,34 \cdot BSFC \cdot P \cdot (T_1 - T_2 + 25,65)}{10^6}$$

Donde:

- BSFC, consumo específico en las condiciones de diseño.
- P, la potencia al 100% del CMCR.
- T_1 , la temperatura del fuel procedente de los tanques, típicamente 45°C.
- T_2 , temperatura necesaria en la entrada del motor, menor a 28 °C, para obtener una viscosidad de 2 [cSt].

La fórmula arroja un valor de 174 [kW].

Se adjunta a continuación la gráfica que relaciona la viscosidad con la temperatura y el tipo de combustible, y se establecen las zonas de viscosidad adecuadas de trabajo para el motor, según la Project Guide:



Example To obtain the recommended viscosity before fuel injection pumps a fuel oil of 380 mm^2/s (cSt) at 50 $^{\circ}\text{C}$ must be heated up to 130 $^{\circ}\text{C}$ to 140 $^{\circ}\text{C}$.

SM-0215

Gráfico 1. Relación temperatura-viscosidad

3.1.5 Filtros

Es necesario filtrar el combustible para que la combustión en el motor sea la mejor posible, optimizando de esta manera la entrega de potencia y minimizando emisiones.

3.1.5.1 Filtro principal (5)

El fabricante de motor propone dos soluciones de instalación del filtro principal, tal y como se muestra en el siguiente esquema:

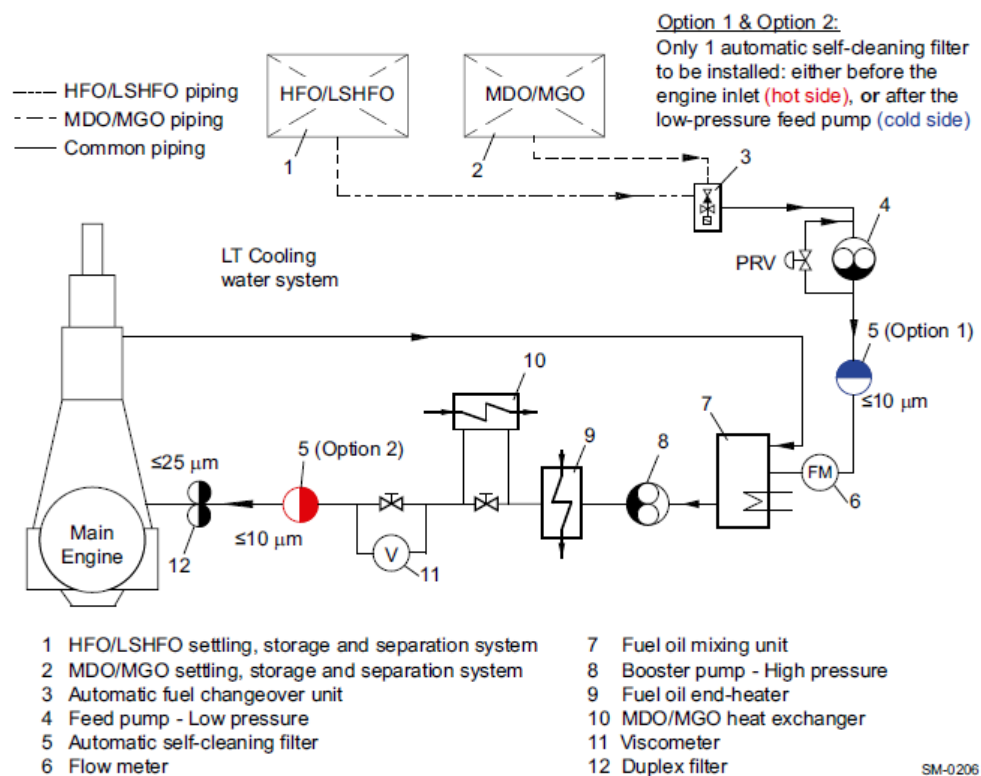


Ilustración 6. Opciones del filtro

La opción 1 consiste en instalar el filtro en el circuito de alimentación, de esta manera la bomba de refuerzo está protegida sin embargo llegan más impurezas procedentes del resto de componentes al motor, al estar el mezclador después del filtro.

La opción 2 por otro lado, desprotege la bomba de refuerzo pero mantiene una protección óptima de la unidad de potencia.

Se escoger la opción 1 de filtrado que, a pesar de dar peor suministro al motor, se considera suficiente al existir el filtro doble en la entrada del motor a partir de la guía de operación, tendrá una capacidad de filtrado de 10 [μm] en condiciones normales y de 25 [μm] en caso de emplear el baipás. El filtro generará una pérdida de carga máxima de 0,8 [bar] (0,2 [bar] (filtro limpio), 0,4 [bar] (filtro sucio) y 0,8 [bar] (filtro obstruido)) y deberá soportar una presión máxima de servicio de 10 [bar].

El sistema requiere de un filtro con capacidad de autolimpiado y el mallado deberá de ser de acero inoxidable (CrNiMo).

3.1.5.2 Filtro doble adicional (12)

Se incorpora de igual manera un filtro doble adicional que permite proteger el motor.

Este filtro es de limpiado manual, con una malla de 25 [μm], una presión de servicio de 12 [bar] y una temperatura de trabajo de 150 °C. Deberá generar una pérdida de carga máxima de 0,8 [bar] (0,2 [bar] (filtro limpio), 0,4 [bar] (filtro sucio) y 0,8 [bar] (filtro obstruido)) .

3.1.6 Tratamiento de fuel

Existirá un separador centrífugo que permita eliminar la posible agua que, debido al calefactor, se haya podido condensar y juntar con el combustible.

Para el buque proyecto se establece un separador sin discos de gravedad, al no ser soportados por la tecnología de WinGD. Los separadores serán autoajustables con las propiedades del combustible y ser auto limpiantes. Los separadores trabajarán en conjunto con los purificadores y clarificadores.

Para el motor seleccionado se requerirá que el separador soporte un caudal de 15,121 [l/h] según la especificación proporcionada por la Project Guide.

4. SERVICIO DE LUBRICACIÓN

Se procede a continuación a realizar el diseño del sistema de lubricación de la planta propulsora.

4.1 Consumo de aceite

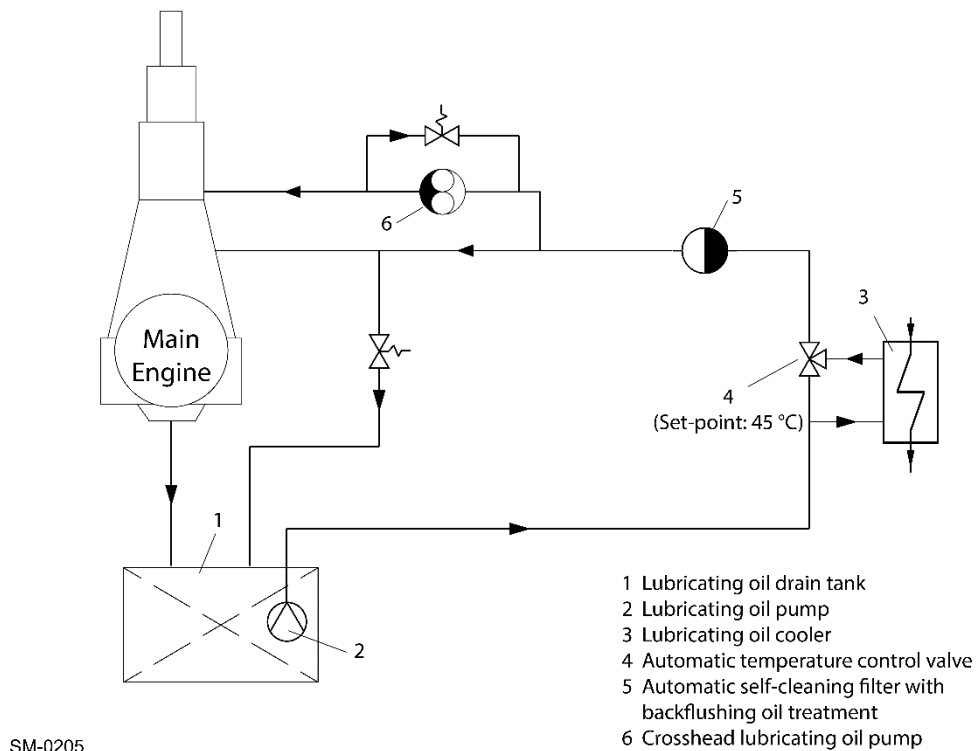
En base a la Tabla 3 de este documento, el fabricante ofrece unos consumos de aceite de 9 [kg/cilindro·día] sumado a un consumo de 0,6 [g/kwh]. De esta manera se estima un consumo de aceite por travesía:

$$\text{Consumo aceite} = 9 \cdot 11 \cdot \frac{834}{24} \cdot 10^{-3} + 0,6 \cdot 73560 \cdot 834 \cdot 10^{-6} = 40,25[t]$$

En el Cuaderno 4 se estableció un tanque de 816 [t] de combustible por lo que el gasto estipulado por el fabricante debería estar cubierto con el tanque proyectado.

4.2 Diseño del sistema de lubricación

Se procede a continuación a diseñar el sistema de lubricación según las especificaciones proporcionadas por el fabricante. WinGD ofrece el siguiente esquema que muestra el esquema de lubricación.



SM-0205

Figure 4-9 Lubricating oil system

Ilustración 7. Esquema del sistema de lubricación

De nuevo a partir del software GTD, ofrecido por el fabricante del motor WinGD, se obtienen las necesidades y requisitos mínimos de diseño del sistema de lubricación de cada uno de los componentes:

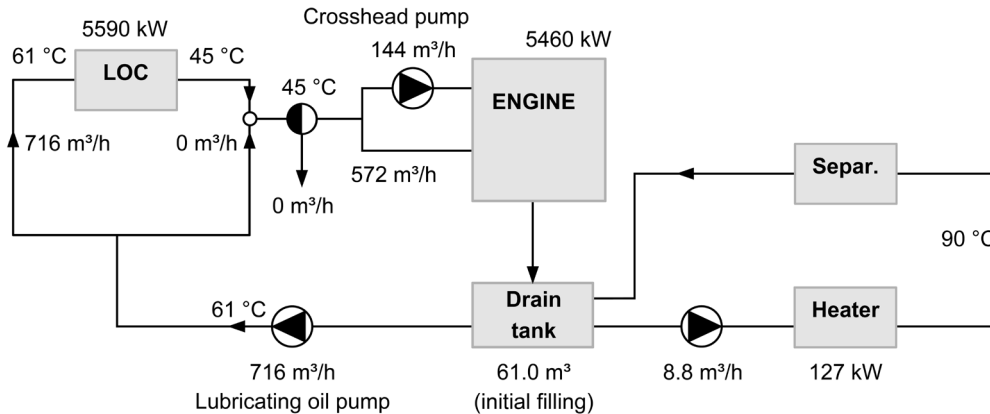


Ilustración 8. Parámetros del sistema de lubricación

4.2.1 Aceite

El fabricante requiere de un aceite con aditivos de altas prestaciones con las siguientes características:

- Viscosidad de SAE30.
- Una cantidad de base mínima (BN) de $5,0 \left[\frac{mg KOH}{g} \right]$.
- Propiedades detergentes.
- Estabilidad térmica y anticorrosiva.
- Poseer un aditivo desespumante.

4.2.2 Bombas

En el circuito se encuentran 3 bombas que permiten la circulación del aceite en todo el sistema, una principal que suministra aceite al motor, una secundaria que refuerza a la entrada del motor y una independiente en el circuito de filtrado.

4.2.2.1 Bomba de circulación de aceite (2)

La bomba de circulación de aceite extrae el aceite del tanque y lo hace circular de vuelta hasta la entrada de este.

Se establece una bomba de desplazamiento positivo, con válvula de seguridad incorporada, que deberá tener el caudal aportado por la aplicación GTD más un 10% de margen:

$$716 \cdot 1,1 = 787,6 \text{ [m}^3/\text{h]}$$

Tendrá una temperatura de funcionamiento de 60°C y soportar un aceite del tipo SAE30, con una viscosidad de 50 [cSt] a la temperatura de trabajo, considerando una viscosidad máxima de funcionamiento de 400 [cSt].

4.2.2.2 Bomba de refuerzo o de alta presión (6)

Será una bomba de desplazamiento positivo de engranajes con una válvula de seguridad incorporada.

Deberá tener un caudal de $144 \cdot 1,1 = 158,4 \text{ [m}^3/\text{h]}$, con capacidad para trabajar a 45°C y que sea apta para aceites tipo SAE30 con una viscosidad de 95 [cSt] a la temperatura de trabajo y tolerar 400 [cSt] de viscosidad máxima.

4.2.2.3 Bomba de filtrado

El manual no establece requerimientos mínimos de funcionamiento más allá del caudal proporcionado por la aplicación GTD, $8,8 \text{ [m}^3/\text{h]}$, por lo que se decide que comparta los requisitos de la bomba de circulación de aceite.

4.2.3 Enfriador de aceite de lubricación (3)

Se requiere de un enfriador a la entrada del motor para que el aceite entre en el motor a la temperatura óptima de operación.

El *Maritime Installation Manual* indica que debe de ser un intercambiador de calor tubular o de placas que funcione mediante agua dulce a una temperatura de 36°C.

La temperatura de salida del aceite deberá de ser de 45°C.

Habrà de tener una capacidad de refrigeración según marca la GTD (considerando una temperatura de aceite a la entrada de 61°C), con un margen del 15%:

$$Q_{\text{enfriador de aceite}} = 5590 \cdot 1,15 = 6430 \text{ [kW]}$$

El circuito de agua deberá trabajar a una presión aproximada de 3 [bar].

4.2.4 Filtro (5)

Es necesario un filtro que mantenga el aceite limpio de impurezas que puedan obstruir el sistema o dañar los componentes por donde este circula.

Este filtro deberá tener capacidad de autolimpiarse mediante “*back-flushing*” (mediante flujo inverso o aire comprimido) y una alarma de presión diferencial.

Debe de filtrar 787,6 [m^3/h] de aceite y trabajar a una presión máxima de 6 [bar]. Las caídas de presión en su interior deberán de ser de 0,2 [bar] en caso de estar el filtro limpio, 0,6 [bar] con el filtro sucio y poseer una alarma a 0,8 [bar] considerando en este caso una obstrucción.

El mallado del filtro será de acero inoxidable con un espaciado máximo de 0,035 [mm] .

4.2.5 Separador centrífugo y calentador de aceite

El sistema contara con un separador centrífugo con una capacidad de 8,8[m^3/h] que trabaje a temperaturas de entre 90 y 95 [°C].

Así mismo. Deberá tener capacidad de autolimpieza.

El separador requerirá de un calentador que suba la temperatura del aceite de los 61[°C] a los que se encuentra almacenado en el tanque hasta los 90 [°C] que requiere el separador.

Este calentador eléctrico o por vapor tendrá una potencia de 127 [kW].

4.2.6 Tanque de drenaje

El motor está diseñado con una bomba seca en su interior que permite que el aceite de su interior se desplace hasta la parte inferior y sea drenada hacia el tanque.

El tanque estará provisto de un medidor de nivel, conexiones de tuberías hacia los purificadores de aceite, ventilaciones de aire con protección en caso de llama y un serpentín de calentamiento cercano a la succión de la bomba de circulación que permita mantener la temperatura del aceite a 61 [°C] en el interior del tanque.

Este tanque según el GTD requiere de un mínimo de 61 [m^3].

5. SERVICIO DE REFRIGERACIÓN

Se diseña a continuación el servicio de refrigeración en base a las recomendaciones y especificaciones definidos en la guía de instalación y en el GTD.

El sistema de refrigeración seleccionado será de agua salada debido a que su coste es menor y su instalación por lo general es más simple, minimizando el número de tuberías empleados.

Se obtiene de la guía de instalación el siguiente esquema de circuito de refrigeración:

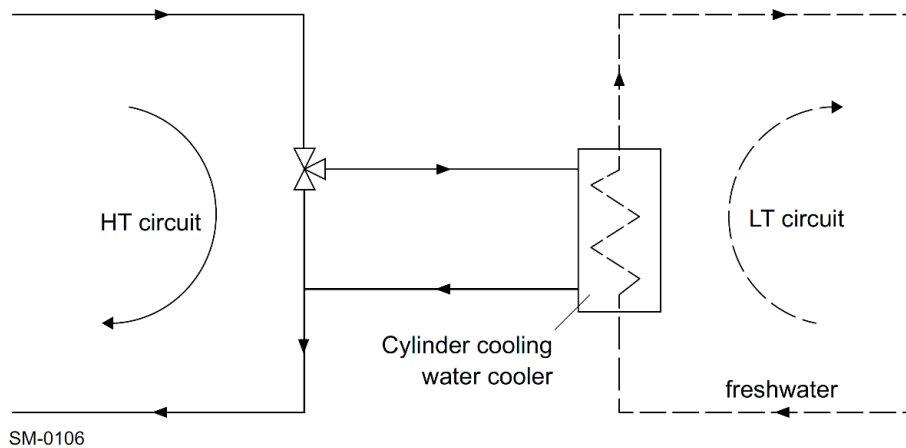


Ilustración 9. Esquema del sistema de refrigeración

El software GTD nos ofrece las características de cada uno de los componentes tomando las situaciones más desfavorables de diseño (aire antes de la entrada al compresor a 45°C con una humedad relativa del 60% y agua salada a una temperatura de entrada de 32 [°C]).

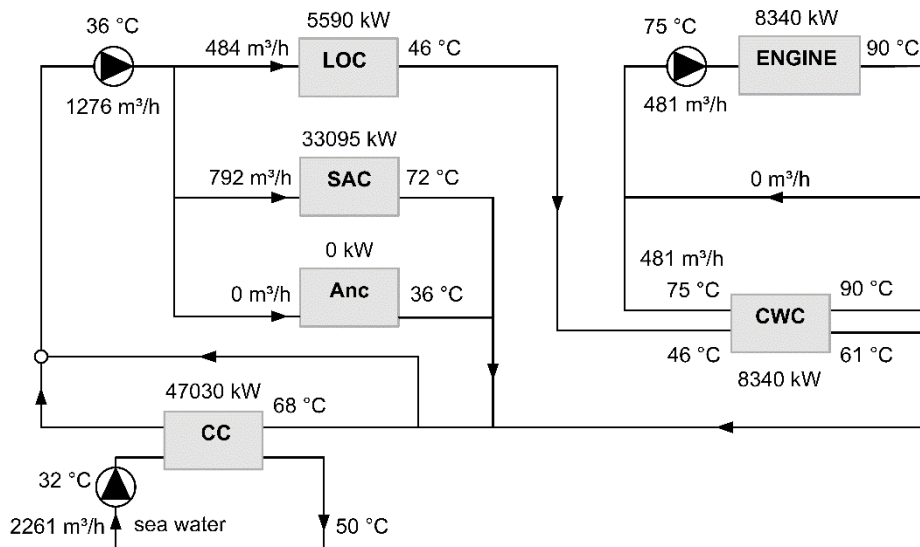


Ilustración 11. Parámetros del circuito de baja temperatura.

El sistema se descompone en dos circuitos independientes, uno de baja temperatura y otro de alta temperatura, entre los cuales se intercambia calor.

5.1 Circuito de baja temperatura

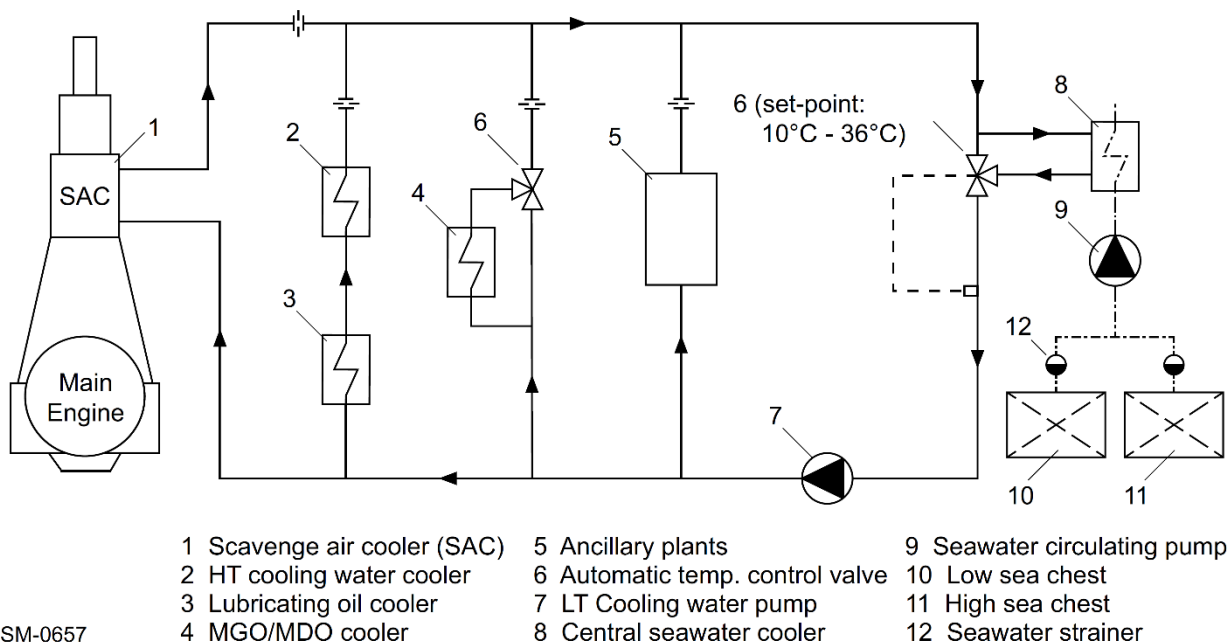
El circuito de baja temperatura es el encargado de bajar la temperatura de los sistemas de enfriamiento de aire, aceite lubricante y enfriadores de combustible.

El circuito contará con un control automático de temperatura que oscilará entre 10 y 36 [°C]. A menor temperatura de aire en la entrada del motor, menor consumo específico, aunque se recomienda una temperatura de 25 [°C].

En caso de temperaturas de agua de mar frías, el sistema mantendrá en circulación más cantidad de agua dulce sin enfriar optimizando la temperatura de entrada. Si por el contrario la temperatura del mar es muy alta, se establecerá un salto térmico mínimo de 4 [°C] para el agua dulce. Por ejemplo, si el agua de mar está a 32 [°C], el agua dulce tendrá que estar a una temperatura de 36[°C].

El fabricante WinGD ofrece tres alternativas de refrigeración distintas, una primera con un único punto de funcionamiento de temperatura, otra con dos puntos de funcionamiento y una tercera con el sistema de enfriamiento de aire separado.

Se opta por la primera alternativa al no requerirse, por la operación del buque, una gran versatilidad de configuraciones de temperatura y por ser una alternativa más simple y con menor empacho.



SM-0657

Figure 4-4 LT cooling water circuit — Single set-point temperature

Ilustración 10. Esquema del circuito de baja temperatura

El sistema cuenta con una válvula de regulación automática de temperatura que permite mantener el sistema funcionando a la temperatura requerida entre 10 y 36 [°C].

5.1.1 Filtros a la salida de los tanques (12)

Existirá como mínimo un filtro a la salida de queda tanque que tenga la posibilidad de ser limpiado manualmente sin interrumpir el flujo de agua. Habrá de tener un mallado máximo de 6 [mm] que permita el filtrado de partículas de gran tamaño que pudieran dañar las bombas o impedir el normal funcionamiento de los intercambiadores de calor.

5.1.2 Bomba de circulación de agua salada (9)

Existe una bomba de circulación que entrega el agua salada procedente de tanques y de las tomas de mar hasta el enfriador central de agua salada.

Esta bomba tendrá que ser centrífuga y aportar un caudal según el GTD de 2261 [m^3/h].

5.1.3 Enfriador central de agua salada (8)

Será un intercambiador de calor tubular que enfríe agua dulce a partir de agua salada. Deberá mantener la temperatura del circuito de agua dulce a una temperatura máxima de 36 [°C] para una temperatura de agua salada de 32 [°C].

Deberá tomarse un margen del 10% de sobredimensionamiento para garantizar su funcionamiento en caso de obstrucciones o suciedad en su interior.

Deberá tener un caudal de 2261 [m^3/h] de agua salada y 1276 [m^3/h] de agua dulce.

A partir del GTD se estima una potencia de enfriamiento de 47030 [kW].

5.1.4 Válvula de control automático de temperatura (6)

Será una válvula que permita establecer un valor de temperatura de agua dulce dentro del intervalo de los 10 a los 36 [°C]. El fabricante recomienda una temperatura de ajuste de 25 [°C] de manera genérica.

Se diseñará para soportar una presión máxima de 5 [bar] y tendrá unas pérdidas de carga máximas de 0,5 [bar].

Tendrá un sistema de control proporcional integral que será retroalimentado con una sonda en la salida del motor.

5.1.5 Bombas de agua dulce (7)

El circuito de agua dulce contará con una bomba centrífuga que otorgue un caudal de 1276 [m³/h] y una altura de 4 [bar].

5.1.6 SAC (1)

El SAC será un intercambiador de calor destinado a enfriar el aire procedente del motor.

Según especificaciones tendrá una potencia de 33095 kW, y capacidad para un caudal de agua dulce de 792 [m³/h].

5.1.7 Enfriador del aceite (3)

El enfriador de aceite será un intercambiador de calor que mantenga el aceite a una temperatura de 45 [°C], tal y como se estableció en el apartado 4.2.3 del presente cuaderno.

Requerirá de una potencia de 6430 [kW].

5.1.7 Enfriador de combustible (4)

Tal y como se estableció en el apartado 3.1.5 existirá un intercambiador de calor que permita bajar la temperatura a la entrada del motor.

Este intercambiador contará con una potencia de 174 [W], tal y como se calculó en el apartado anteriormente nombrado.

4.1.8 Enfriador del circuito de alta temperatura (2)

Se dimensionará en el apartado 5.2.

5.1.9 Enfriador auxiliar (5)

Deberá existir un enfriador auxiliar que permita mantener el sistema en funcionamiento en caso de la caída de alguno de los sistemas anteriormente nombrados.

Se considerará la situación más desfavorable como la de que el ramal con el SAC quede inutilizado, resultando el enfriador auxiliar con la misma especificación que el anterior, 33095 [kW] de potencia.

5.2 Circuito de refrigeración de alta temperatura

El fabricante propone la siguiente solución para el circuito de refrigeración de alta temperatura:

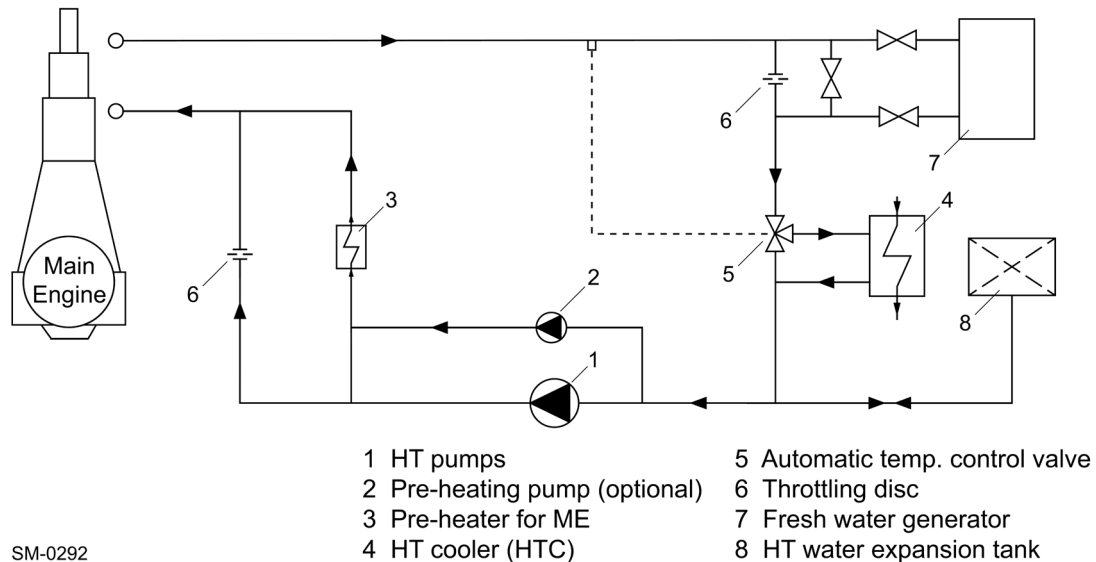


Figure 4-7 HT cooling water circuit

Ilustración 11. Esquema del circuito de alta temperatura

5.2.1 Separador de aire

El primer componente de este sistema no se encuentra especificado en el esquema de la Ilustración superior pero resulta imprescindible.

El separador de aire está diseñado como un componente que se encuentra dentro del propio motor en el colector de alta temperatura. Separar el agua y el aire resulta imprescindible para que la eficiencia de los intercambiadores de calor sea alta.

5.2.2 Generador de agua dulce

Se puede emplear el calor procedente del cilindro de enfriamiento para destilar agua de mar. Este generador de agua dulce puede emplear para abastecer la demanda de agua potable.

La capacidad del generador está limitada por la cantidad de calor disponible, que depende de la potencia del motor.

Este generador se desarrollará más adelante en el Cuaderno 12.

5.2.3 Válvula automática de control de temperatura (5)

Al igual que en el circuito de baja temperatura se establece una válvula de control de temperatura de tres vías, que ha de ser controlada mediante un actuador electroneumático.

La pérdida de carga de la válvula debe de ser menor a 0,5 [bar] y su presión de diseño debe de ser 5 [bar].

5.2.4 Enfriador del circuito de alta temperatura (4)

Relaciona el circuito de alta temperatura con el de baja temperatura, con el de baja temperatura, enfriando el circuito de alta.

Es un cilindro de enfriamiento que disipa una cantidad de 8340 [kW], según los cálculos realizados por el software GTD.

5.2.5 Tanque de expansión (8)

Es necesario un tanque de expansión para asegurar que la presión estática en el cilindro de enfriamiento. El tanque de expansión debe de estar a una altura mínimo de 3,5 [m] de altura sobre el punto más alto del motor.

5.2.6 Bomba de agua del circuito de alta temperatura (1)

Se establece una bomba centrífuga que suministrará un caudal de 481 [m^3/h] con una presión de 3 [bar]. Con capacidad para trabajar a una temperatura de 95°C.

Se puede añadir adicionalmente una bomba en paralelo que permita variar la presión estática de la bomba principal, pudiendo localizar está en zonas más lejanas a los tanques.

Para el buque diseño en un principio no se precisa de dicha bomba.

5.2.7 Precalentador (3)

Para prevenir la corrosión cuando el equipo no está en servicio es necesario mantener el motor principal caliente. Para ello se mantiene en funcionamiento el circuito de alta temperatura con calor a partir de un calentador externo. Este calentador tendrá que mantener el agua a una temperatura de 60 [°C]. El precalentador puede ser alimentado a partir de una caldera.

Este precalentador deberá ser un intercambiador de calor tubular que aporte una potencia que se calcula a partir de la siguiente gráfica.

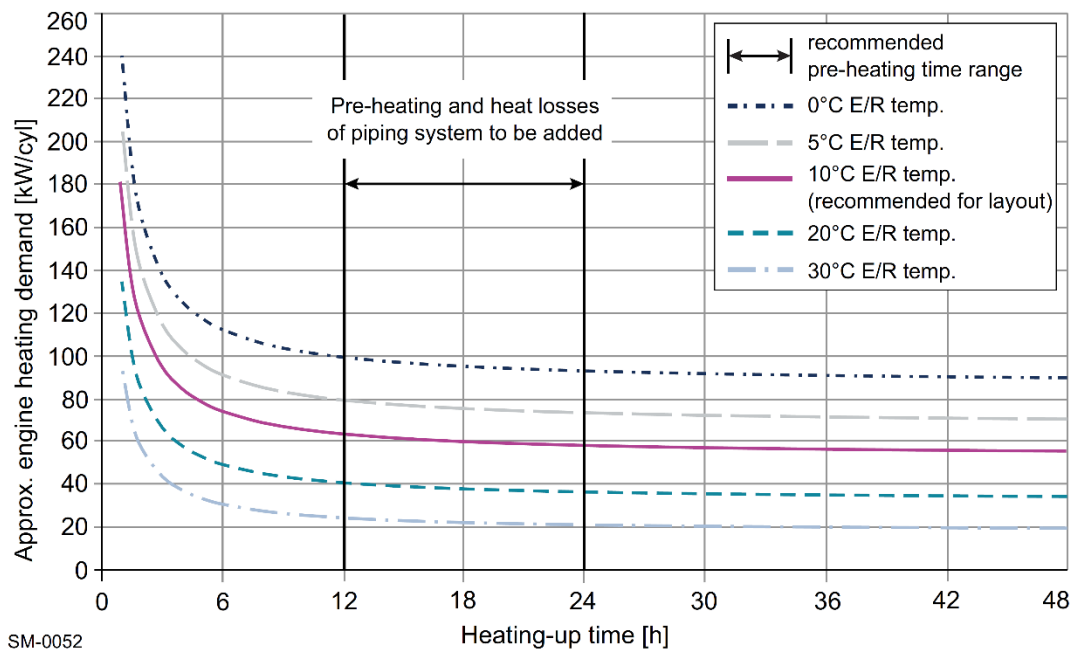


Gráfico 2. Potencia del precalentador por cilindro

Se observa que para la situación más desfavorable de operación del buque, con 10°C de temperatura en el interior de la cámara de máquinas y considerando un tiempo de precalentamiento de 6 horas, se obtiene una potencia de 78 [kW/cilindro], que para doce cilindros equivale a una potencia total de 936 [kW].

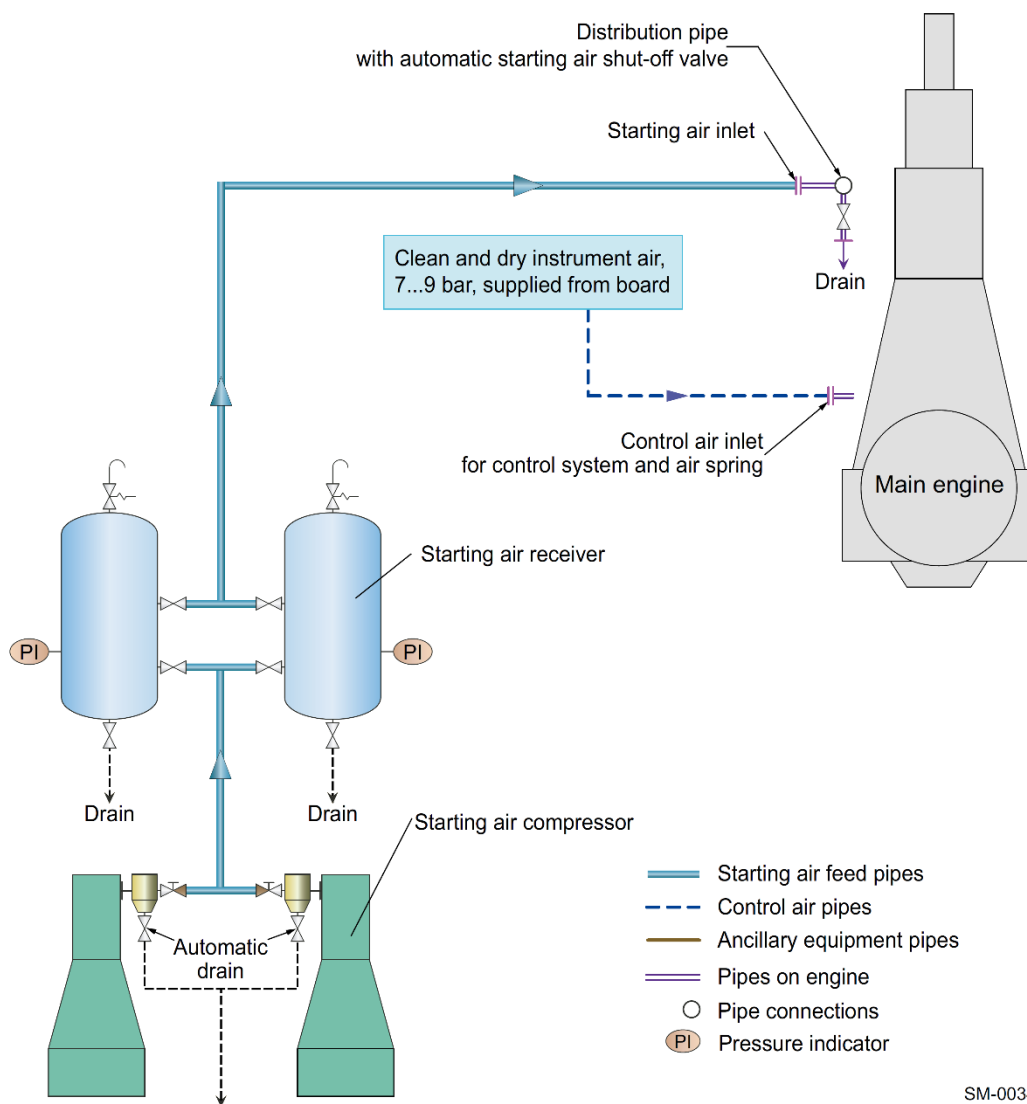
6. SERVICIO DE AIRE DE ARRANQUE

El siguiente sistema a dimensionar será el empleado para arrancar el motor principal.

Según los requerimientos del DNV se requiere de dos compresores que sean capaces de manera individual de llenar las botellas en 1 hora partiendo de una presión de 1 [atm].

Así mismo se habrán de disponer un mínimo de 2 botellas que trabajen a 30 [bar] de presión que permitan 12 arrancadas.

WinGD ofrece el siguiente esquema del sistema:



SM-0034

Figure 4-18 Air supply system

Ilustración 12. Esquema del sistema de aire comprimido

A partir del GDT y teniendo en cuenta los requerimientos expuestos anteriormente se obtienen las siguientes características del sistema:

Starting Air System

Number of starts	12
Propeller pitch control	FPP
Rel. shaft inertia specified (J-tot / J-Eng)	2.00
Engine inertia (J-Eng)	953400 kgm ²
Air compressor (30 bar g)	2 x 495 m ³ /h
Air receiver (30 bar g)	2 x 16.5 m ³

Ilustración 13. Parámetros del sistema de arranque

6.1 Compresores

Se requiere de dos compresores con capacidad de cargar botellas a 30 [bar] con un flujo de 495 [m³/h] de aire.

6.2 Botellas

Se instalarán 2 botellas con un volumen de 16,5 [m³] cada una, con capacidad para ser cargadas a 30 [bar] de presión.

7. SERVICIO DE GASES DE EXHAUSTACIÓN

Para el diseño del sistema de gases de exhaustación se divide el tramo que han de atravesar los gases en tres secciones (d_A , d_B y d_C) tal y como se muestra en la siguiente figura:

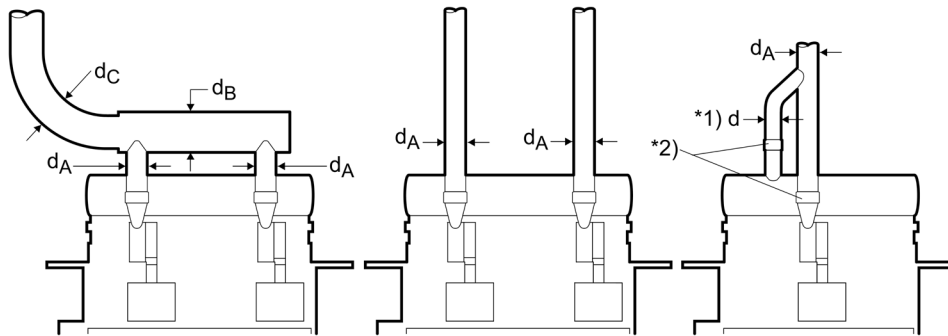


Ilustración 14. Servicio de gases de exhaustación

Para cada una de estas secciones WinGD propone las siguientes velocidades de los gases dentro de los conductos:

- $d_A = 40$ [m/s]
- $d_B = 25$ [m/s]
- $d_C = 35$ [m/s]

A partir de estas velocidades recomendadas y considerando una masa de aire de $137,8$ [kg/s] (dato obtenido de la guía del motor), una densidad de los gases de $0,657$ [kg/m³], y una presión positiva de 300 [mm.c.a] se obtienen los siguientes parámetros de diseño del sistema de gases de exhaustación:

Exhaust gas pipes	Gas velocity	Volume flow	Diameter
Pipe A	40.0 m/s	251920 m ³ /h	dA 1500 mm
Pipe B	25.0 m/s	755760 m ³ /h	dB 3300 mm
Pipe C	35.0 m/s	755760 m ³ /h	dC 2800 mm

Tabla 4. Conductos de exhaustación

8. SISTEMA DE VAPOR

Es necesario a continuación dimensionar el sistema de vapor que alimente la calefacción de los tanques y de los consumidores de vapor anteriormente calculados, como los calentadores y precalentadores.

El calentamiento de los componentes ha de realizarse independientemente de que el motor esté encendido o no, debido a que en situaciones de arranque será necesario que el combustible fluya correctamente, por lo que no se podrá depender el sistema de calefacción de tanques del motor principal de manera exclusiva.

Se opta de esta manera por emplear una caldera que tenga capacidad de calentar el combustible por si sola si el motor está apagado pero que, al mismo tiempo, pueda disminuir su consumo empleando los gases de exhaustación del motor para generar parte del calor cuando éste esté en funcionamiento.

Se considerará para los cálculos una caldera comercial que otorgue a la salida un vapor de agua saturado a una temperatura de 180 [°C], con una entalpía de 498 [kcal/kg], que resulta en un calor específico de 1,18 [kcal/kg·°C], que coincida con el título del vapor generado por el motor principal.

Y unos gases de exhaustación que según el GTD salen a 273°C, con un flujo másico de 137,8 [kg/s] y un calor específico de 0,51 [kcal/kg·°C]. El calor específico se obtuvo a partir del siguiente gráfico:

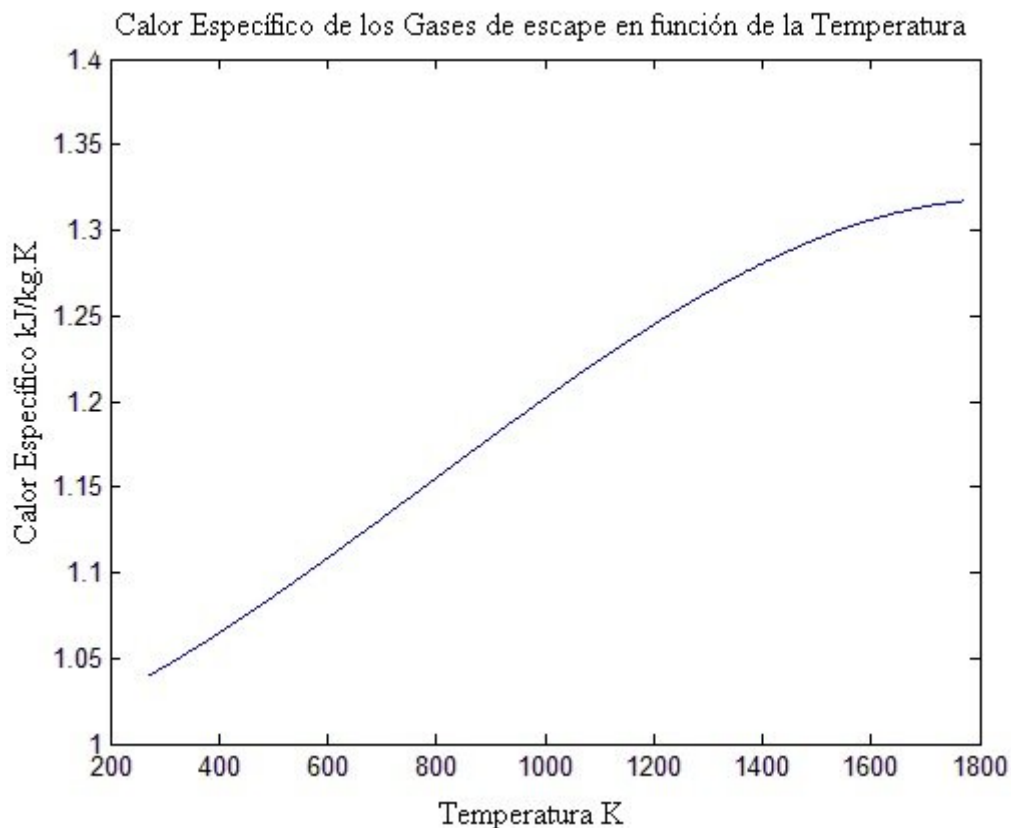


Gráfico 3. Calor específico gases de exhaustación

8.1 Calefacción de tanques

El combustible situado en los tanques requiere de una viscosidad óptima para poder fluir a lo largo de los conducto y llegar a sus consumidores. Para lograr esta viscosidad se requiere calentar el combustible en el interior del tanque.

Se procede a continuación a calcular el caudal másico de vapor necesario para calentar los tanques a la temperatura necesaria.

Se considera que todos los tanques de almacenamiento de combustible requerirán de una temperatura de 40°C de forma permanente, con un tiempo de calentamiento de 24h al ser estas 24h el tiempo del que se dispone el combustible del tanque de uso diario, y se incluye un margen de 12h que se puede abastecer del tanque de sedimentación, el cual será calentado a una temperatura de 85°C, que es la temperatura necesaria para entrar al sistema.

El tanque de aceite se calentará directamente a 61°C tal y como marca la especificación del GDT.

	Capacidad [m ³]	Temperatura requerida	Tiempo de calentado
UD FO	382,062	40	12
UD ECA	382,062	40	12
sedimentación FO	670,897	85	8
sedimentación ECA	670,897	85	8
ECA 1	1638,264	40	24
ECA 2	548,135	40	24
ECA 3	548,135	40	24
FO 1 B	593,903	40	24
FO 1 E	593,903	40	24
FO 2 B	206,165	40	24
FO 2 E	206,165	40	24
FO 3 B	348,608	40	24
FO 3 E	348,608	40	24
FO 4 B	329,812	40	24
FO 4 E	329,812	40	24
FO 5 B DF	1822,119	40	24
FO 5.1 B	559,804	40	24
FO 5.2 B	485,524	40	24
FO 5.3 B	490,97	40	24
FO 5 E DF	1822,118	40	24
FO 5.1 E	548,135	40	24
FO 5.2 E	485,524	40	24
FO 5.3 E	490,97	40	24
FO 6 B	313,5	40	24

	Capacidad [m ³]	Temperatura requerida	Tiempo de calentado
FO 6 E	313,5	40	24
FO 7 B	358,579	40	24
FO 7 E	358,579	40	24
Lodos	66,948	60	8
Aceite	831,644	61	8

Tabla 5. Tanques que requieren de calefacción

Será necesario calcular a continuación el calor requerido para calentar los tanques, este calor se calculará con la siguiente expresión:

$$Q_T = Q_1 + Q_2$$

Con:

$$Q_1 = \frac{V \cdot \rho \cdot C_e \cdot (T_s - T_e)}{t}, \text{ el calor necesario para calentar el tanque.}$$

$$Q_2 = \sum k_i \cdot A_i \cdot (T_s - T_{ext}), \text{ las pérdidas del tanque por cada uno de sus costados.}$$

Donde:

- V : volumen del tanque, m³.
- ρ : densidad del fluido en el tanque, 0,95 kg/m³ para el combustible y 0,86 kg/m³ para el aceite.
- C_e : calor específico del fluido, se toma 0,5 [kcal/kg·°C] para ambos fluidos.
- T_s : temperatura requerida del fluido.
- T_e : temperatura inicial del fluido, que se considerará en el caso más desfavorable de 10[°C]
- t : tiempo de calentamiento en horas.
- k_i : coeficiente de transmisión, varía con la superficie y se emplea la siguiente tabla.

Coficiente de transmisión de calor del tanque	K_v (kcal/m ² ·h·°C)
Costado del tanque al agua del mar	15
Costado del tanque a la atmósfera	4
Mamparo del tanque a espacio interior/tanque vacío	4
Tapa del tanque a la atmósfera	4,65
Fondo del tanque al agua del mar	2,4

Tabla 6. Coeficientes de transmisión de calor

- A_i ; área de contacto.
- T_{ext} : temperatura exterior.

Se adjunta en el Anexo 3 el cálculo requerido de calor para cada tanque. Considerando las situaciones de puerto y navegación, se requieren las siguientes potencias de calentamiento:

Consumidor	Calor total [kcal/h]
Tanques de almacenamiento de combustible	3915757
Uso diario	409.386
Sedimentación	392899
Aceite	204461
Lodos	40725
Total [kcal/h]	4963227

Tabla 7. Calor necesario para calefactar los tanques.

Una vez calculado el calor necesario para calentar los tanque se procede a la realización del balance de vapor.

8.2 Balance de vapor

La generación de vapor se descompone en la realizada por el motor y la que se encarga la caldera externa, con las condiciones anteriormente nombradas.

Así mismo, se establecen dos situaciones de consumo independientes como son la estancia en puerto y la navegación.

El dimensionamiento de la caldera se realizará en primer lugar en base a los consumos de vapor en puerto al ser en esta situación en la que la caldera será inicialmente la única proveedora de vapor al no estar el motor principal en funcionamiento.

Los consumidores de vapor son los siguientes:

Consumidor	Calor total	Consumo de vapor [kg/h]
Tanques de almacenamiento de combustible	3915757	7863
Uso diario	409.386	822
Sedimentación	392899	789
Aceite	204461	411
Lodos	40725	82
Calentador de combustible	510748	1026
Pre calentador motor	804815	1616
Consumo total [kg/h]		12608

Tabla 8. Consumidores de vapor

8.2.1 Situación de puerto

En primer lugar se estudia la condición de puerto, donde la caldera deberá actuar por sí sola al estar el motor principal detenido.

En esta condición será necesario mantener el pre calentador del motor encendido de forma constante, tal y como se analizó en el apartado 5.2.7. Así mismo, se consume de un 50% del servicio de calentamiento de los tanques de uso diario, sedimentación y aceite.

Se considera que los tanques de almacenamiento de combustible no serán calentados en esta situación junto con el tanque de lodos.

Obteniendo de esta manera el siguiente consumo:

Consumidor	Consumo máximo	Porcentaje de uso requerido	Consumo total
Tanques de almacenamiento de combustible	7863	0,0	0
Uso diario	822	0,5	411
Sedimentación	789	0,5	394
Aceite	411	0,5	205
Lodos	82	0,0	0
Calentador de combustible	1026	0,0	0
Pre calentador motor	1616	1,0	1616
Consumo total [kg/h]			2627

Tabla 9. Consumo de vapor en puerto

8.2.2 Situación de navegación

En la situación de navegación se establece que los tanques de combustible estarán calentados en un 25%, considerando que no se consume de todos los tanques de manera simultánea.

Los tanques de sedimentación y uso diario estarán completamente calefactados, junto con los tanques de aceite, de lodos y el calentador de combustible, que estará permanentemente en funcionamiento.

Consumidor	Consumo máximo	Porcentaje de uso requerido	Consumo total
Tanques de almacenamiento de combustible	7863	0,25	1966
Uso diario	822	1,0	822
Sedimentación	789	1,0	789
Aceite	411	1,0	411
Lodos	82	1,0	82
Calentador de combustible	1026	1,0	1026
Precaentador motor	1616	0,0	0
Consumo total [kg/h]		5095	

Tabla 10. Consumo de vapor en navegación

El motor principal estará en funcionamiento durante la navegación, por lo que podrá tenerse en cuenta el vapor que éste es capaz de generar.

Según la GTD el motor tiene la siguiente potencia de generación de vapor:

Specified Conditions

$t_{AbC} = 10^{\circ}\text{C}$, $t_{CbS} = 30^{\circ}\text{C}$, $\text{RH} = 30\%$

Power [%]	Power [kW]	Speed [rpm]	SAC LT [kW]	Cylinder [kW]	Lub. Oil [kW]	Radiation [kW]	SPP *1) [kW]
100.0	73560	76.0	25485	5300	3955	545	6680
95.0	69882	74.7	23965	4925	3725	530	4685
90.0	66204	73.4	22265	4645	3545	515	3070
85.0	62526	72.0	20535	4400	3400	500	1865
80.0	58848	70.6	19100	4210	3275	485	1180
75.0	55170	69.1	17695	4030	3165	470	710
70.0	51492	67.5	16115	3930	3100	455	335
60.0	44136	64.1	12440	3805	3010	420	110
50.0	36780	60.3	9310	3665	2950	385	585
40.0	29424	56.0	5555	3530	2915	345	1800
30.0	22068	50.9	2950	2865	2525	300	1675
25.0	18390	47.9	1780	2650	2400	270	1930

Tabla 11. Generación de vapor por el motor propulsor

Se observa que para la máquina al 85% se obtiene una generación de 1865 [kW] de vapor saturado a 180 [°C]. Con una entalpía de 498 [kcal/kg].

Calculando ahora el flujo másico de vapor generado:

$$1865[kW] = 1603611[kcal/h]$$

$$1603611[kcal/h] \cdot \frac{1}{498 [kcal/kg]} = 3220 [kg/h]$$

Luego para la situación de navegación la caldera necesitará aportar la siguiente cantidad de vapor:

$$5095 - 3220 = 1875 [kg/h]$$

Se observa que la situación más desfavorable es la condición de puerto, luego se escoge la caldera RL-3000/8 del fabricante ATTSU, que otorga una capacidad de 3000 [kg/h] de vapor saturado a 8 Bar. Que será capaz de cumplir con los requisitos de producción de vapor en todas las situaciones anteriormente estudiadas.

Se adjunta el catálogo en el anexo 4.

9. ESTIMACIÓN DE POTENCIA Y SELECCIÓN DE BOMBAS

Se procede a continuación a la selección de bombas comerciales de los sistemas anteriormente diseñados.

En primer lugar se calculará su potencia requerida, a partir de la siguiente fórmula obtenida de los apuntes de la asignatura “*Proyecto de buques y artefactos II*”:

$$P = \frac{9,81}{3600 \cdot 10^3} \cdot Q \cdot \rho \cdot H \cdot \frac{1}{\eta} \quad [KW]$$

Con:

- Q, el caudal requerido por la bomba [m^3/h].
- ρ , la densidad del fluido a desplazar.
- H, la altura requerida en [m.c.l.].
- η , el rendimiento de la bomba. Se estima según la siguiente tabla:

η	Q (m^3/h)
0,60	50
0,62	100
0,65	200
0,70	400
0,75	800
0,80	1.000
0,82	3.000

Tabla 12. Estimación del rendimiento de bombas centrífugas

Se obtiene la siguiente tabla de potencias calculadas para cada una de las bombas:

		Q [m ³ /h]	ρ [kg/m ³]	H [m.c.l]	η [-]	P [kW]
Sistema combustible	Alimentación	18,4	850	42,5	0,6	3,0
	Refuerzo	33,1	850	51	0,6	6,5
Sistema aceite	Circulación	787,6	950	57	0,7	166,0
	Refuerzo	158,4	950	57	0,62	37,7
	Filtrado	8,8	950	57	0,6	2,2
	Circulación Agua salada	2261	1025	61,5	0,8	485,5
Sistema refrigeración	Circulación agua dulce	1276	1000	40	0,8	173,9
	Bomba HT	481	1000	30	0,7	56,2

Tabla 13. Potencia de las bombas.

A partir los fabricantes NETZSCH y SAER, se escogen las siguientes bombas comerciales:

		Modelo Escogido	Q [m ³ /h]	H máxima [m.c.a]
Sistema combustible	Alimentación	NM045 BY	20	240
	Refuerzo	NM053 BY	40	240
Sistema aceite	Circulación	NCBKZ4P 150-500A	800	69
	Refuerzo	NCBZ29 80-250B	195	71,7
	Filtrado	NM045 BY	20	240
Sistema refrigeración	Circulación Agua salada	SKD-190 -500-400-540	3000	70
	Circulación agua dulce	SKD-190 -300-250-600	1500	60
	Bomba HT	SKD-190-250-200-430	600	45

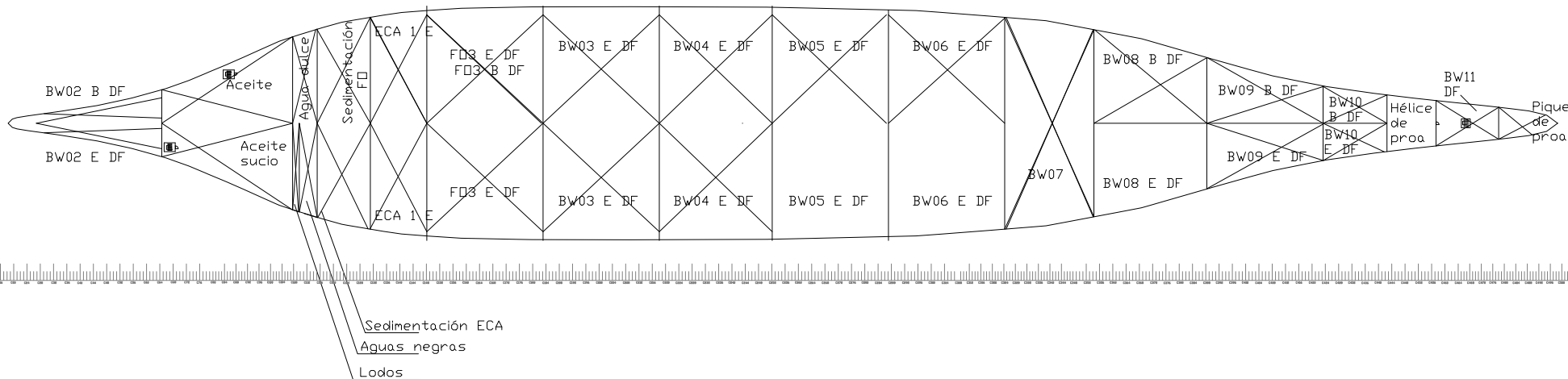
Tabla 14. Bombas comerciales

10. DISPOSICIÓN DE LA CÁMARA DE MÁQUINAS

Tal y como se estableció en el Cuaderno 7 la cámara de máquinas se encuentra en popa entre las cuadernas C80 y C106 y contará con un total de 7 cubiertas.

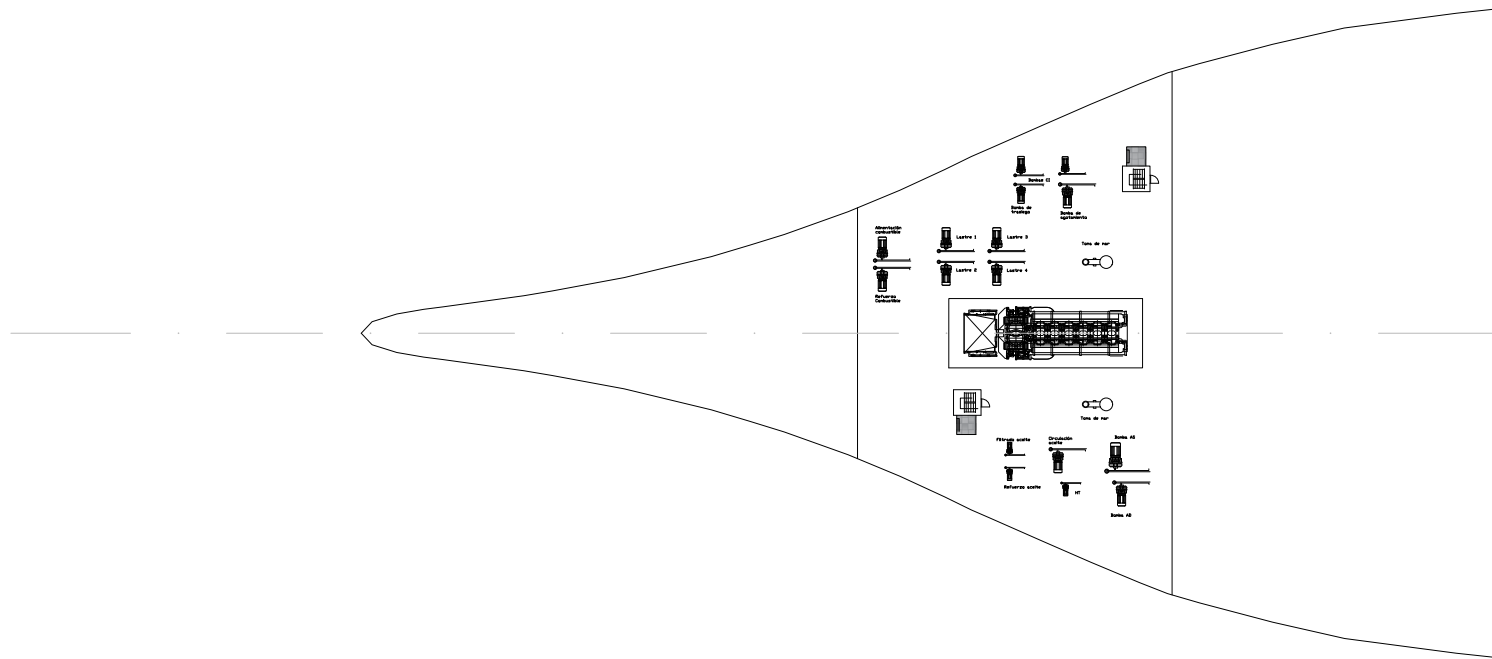
Se muestran a continuación los planos de cada una de las cubiertas de maquinarias diseñados en el Cuaderno 7.

CUBIERTA DOBLE FONDO



TÍTULO	BUQUE PORTACONTENEDORES 16000 TEU's	PLANO N°	01
AUTOR	Javier García Ávila	FIRMA	
CUADERNO	Cuaderno 10. Definición planta propulsora		
ESCALA	1:3500	PLANO	Cubierta doble fondo y cubierta inferior 1
FECHA	Abril 2022		

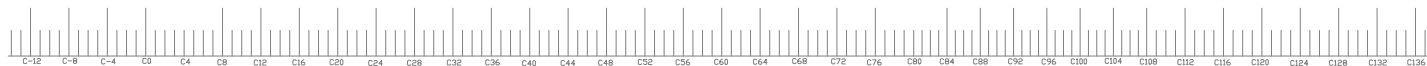
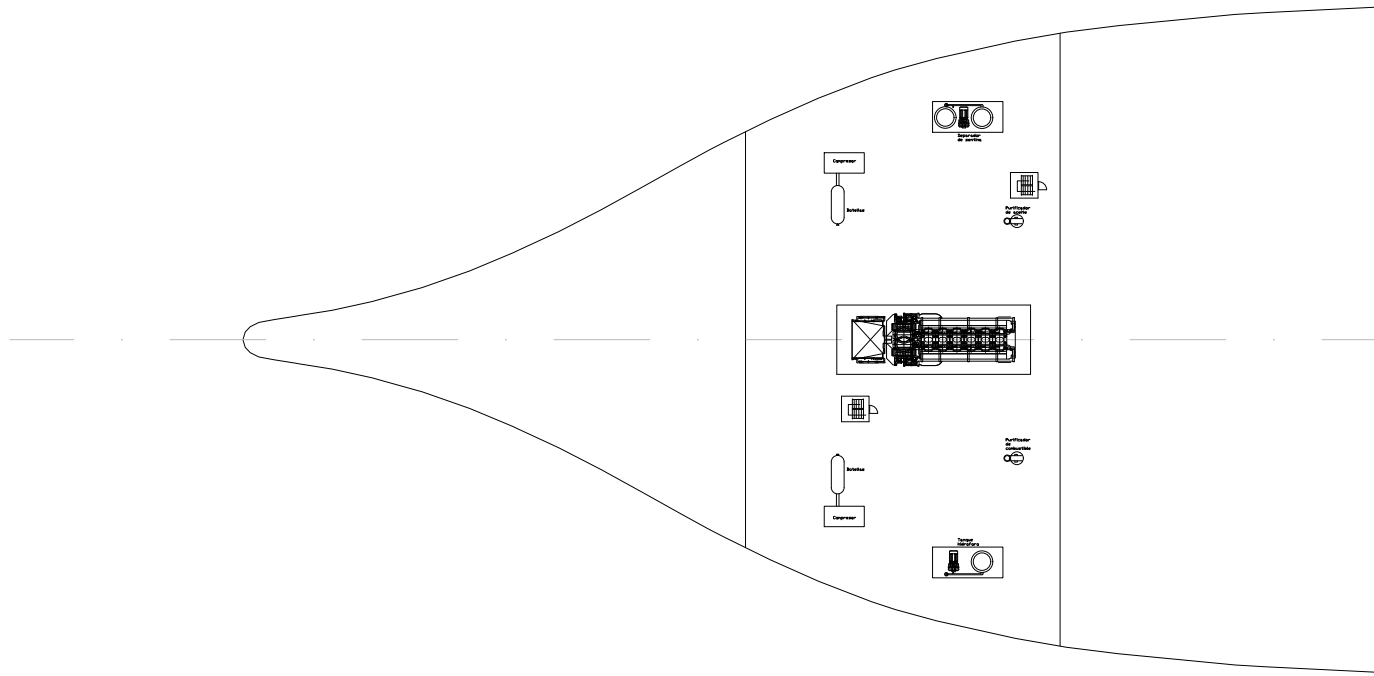
Cubierta Inferior 1 D= 3.9 [m]



C-12 C-16 C-20 C-24 C-28 C-32 C-36 C-40 C-44 C-48 C-52 C-56 C-60 C-64 C-68 C-72 C-76 C-80 C-84 C-88 C-92 C-96 C-100 C-104 C-108 C-112 C-116 C-120 C-124 C-128 C-132 C-136

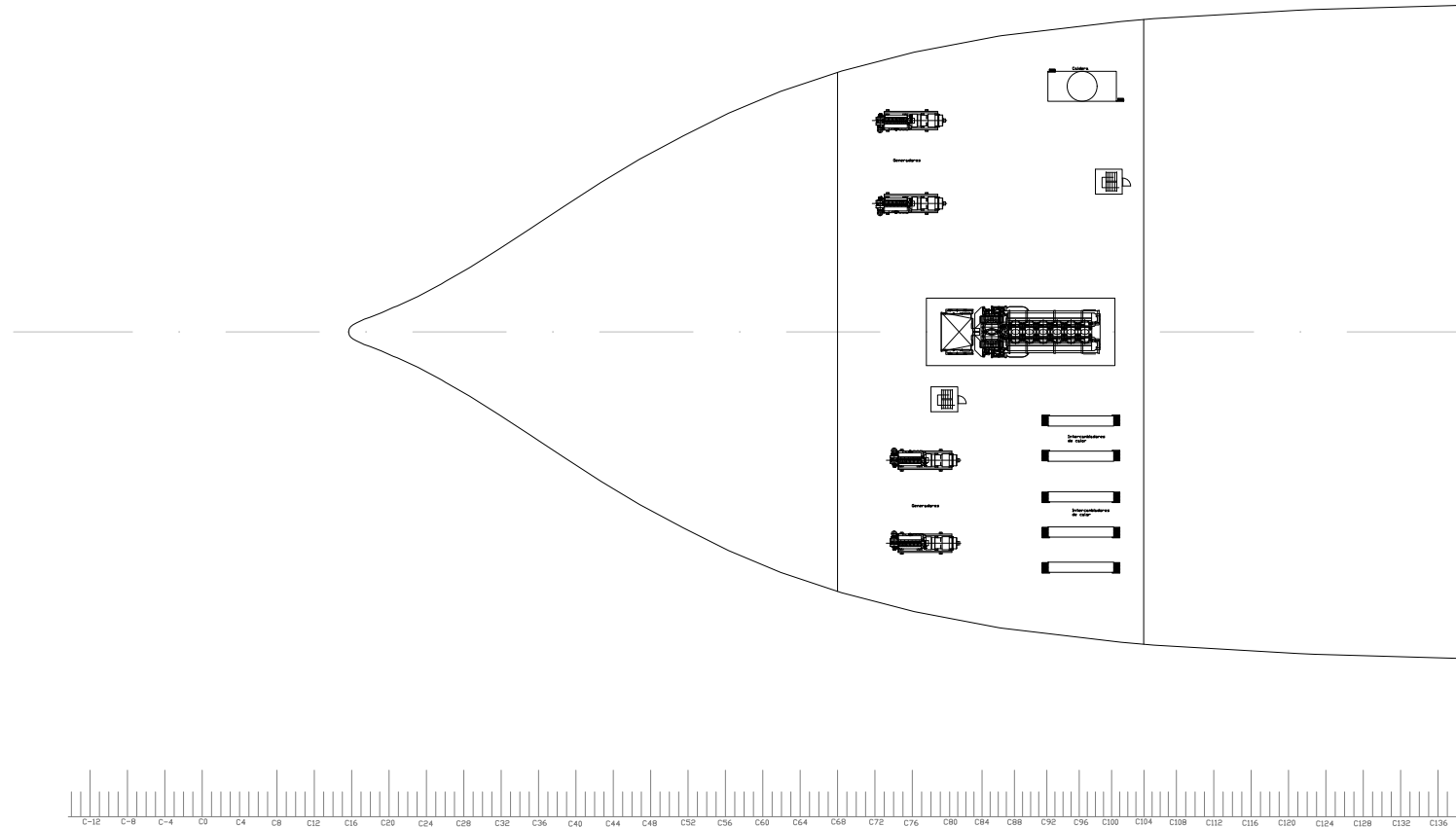
TÍTULO	BUQUE PORTACONTENEDORES 16000 TEU's	PLANO Nº	02
AUTOR	Javier García Ávila	FIRMA	
CUADERNO	Cuaderno 10. Definición planta propulsora		
ESCALA	1:1500	PLANO	
FECHA	Abril 2022	Cubierta inferior 1 CM	

Cubierta Inferior 2 D= 8.2 [m]



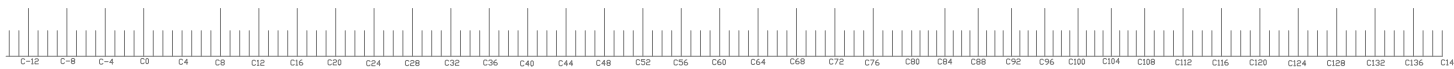
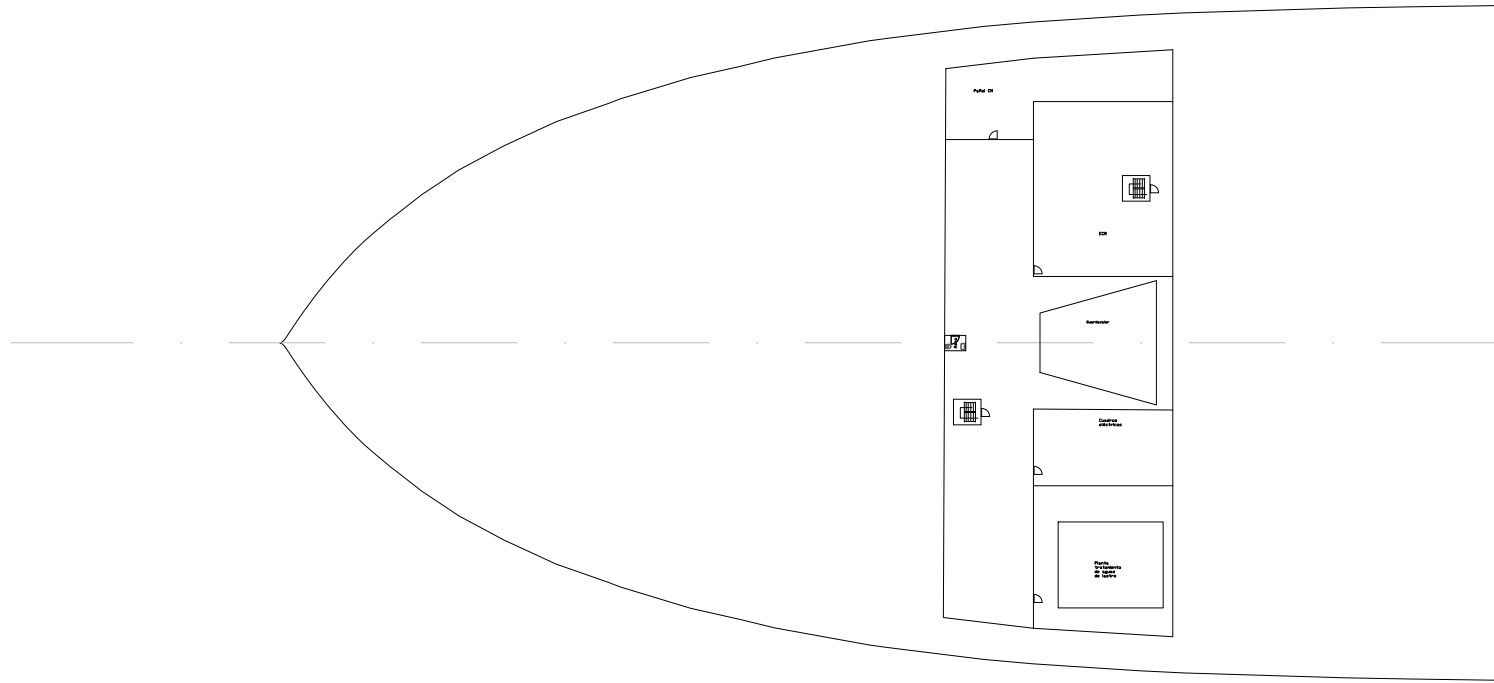
TÍTULO	BUQUE PORTACONTENEDORES 16000 TEU's	PLANO Nº	03
AUTOR	Javier García Ávila	FIRMA	
CUADERNO	Cuaderno 10. Definición planta propulsora		
ESCALA	1:1500	PLANO	
FECHA	Abril 2022	Cubierta inferior 2 CM	

Cubierta Inferior 3 D= 11.5 [m]



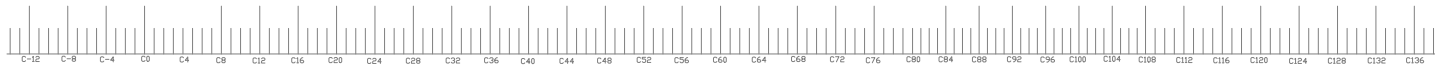
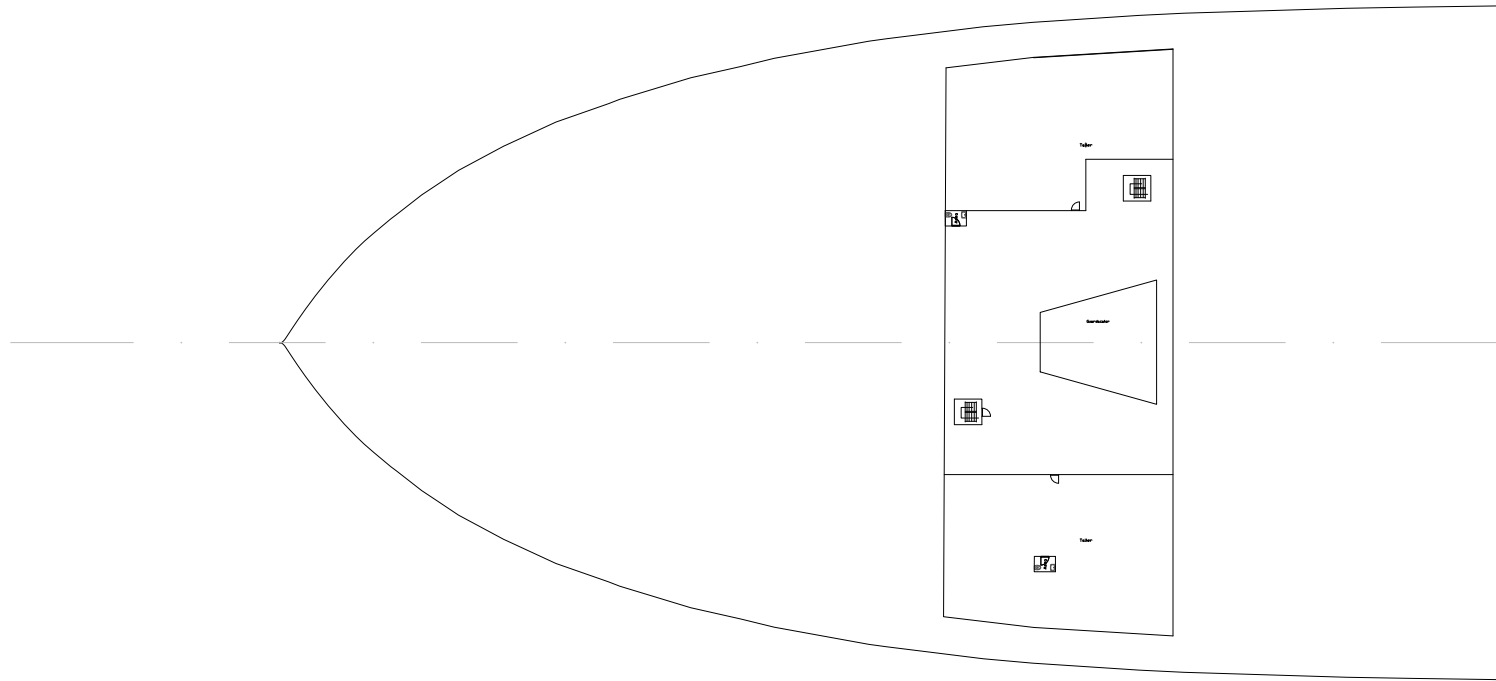
TÍTULO	BUQUE PORTACONTENEDORES 16000 TEU's	PLANO Nº	04
AUTOR	Javier García Ávila	FIRMA	
CUADERNO	Cuaderno 10. Definición planta propulsora		
ESCALA	1:1500	PLANO	Cubierta inferior 3 CM
FECHA	Abril 2022		

Cubierta Inferior 4 D= 14.5 [m]



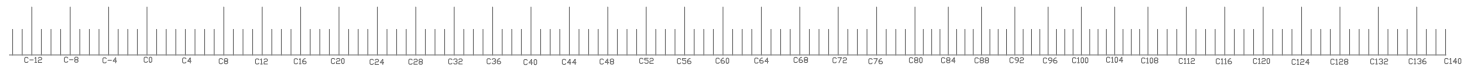
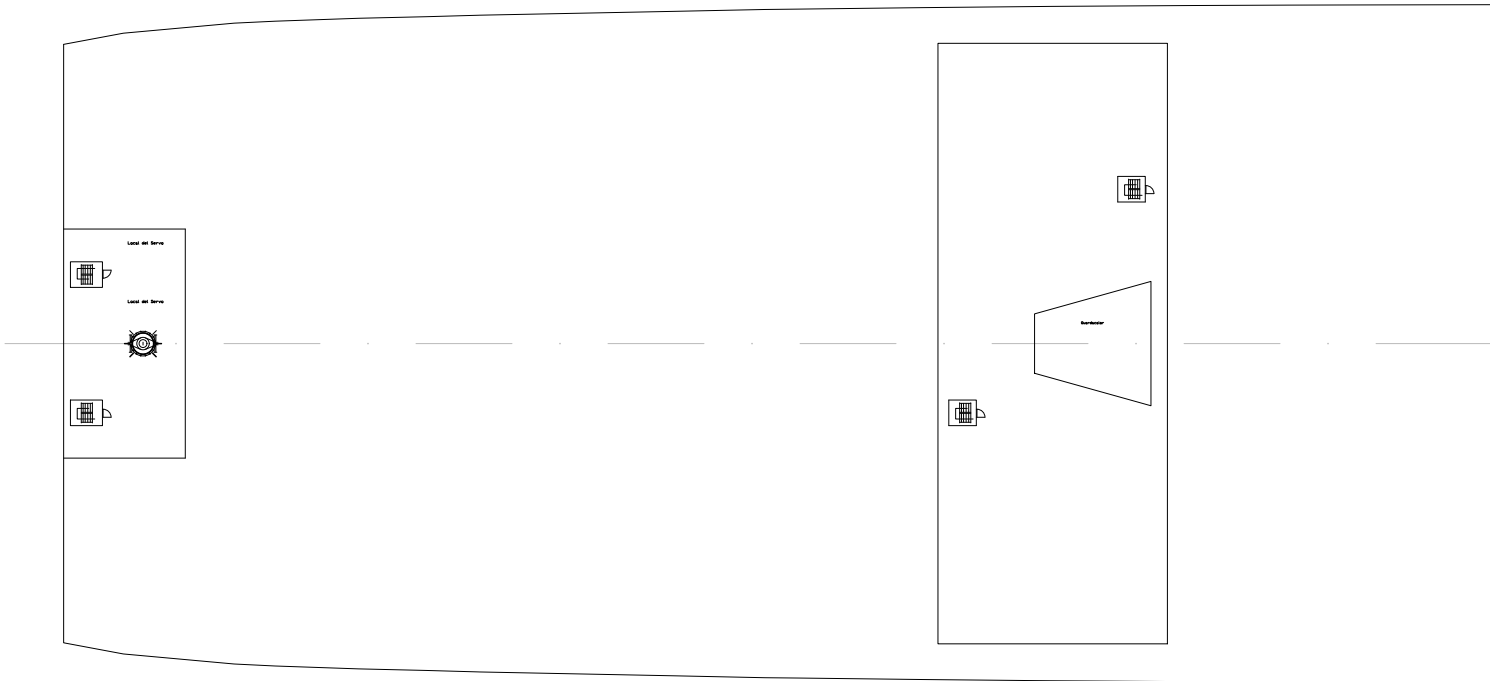
TÍTULO		BUQUE PORTACONTENEDORES 16000 TEU's	PLANO N°	05
AUTOR		Javier García Ávila	FIRMA	
CUADERNO		Cuaderno 10. Definición planta propulsora		
ESCALA	PLANO	Cubierta inferior 4 CM		
1:1500				
FECHA				
Abril 2022				

Cubierta Inferior 5 D= 17,25 [m]



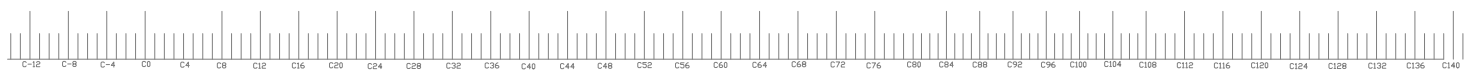
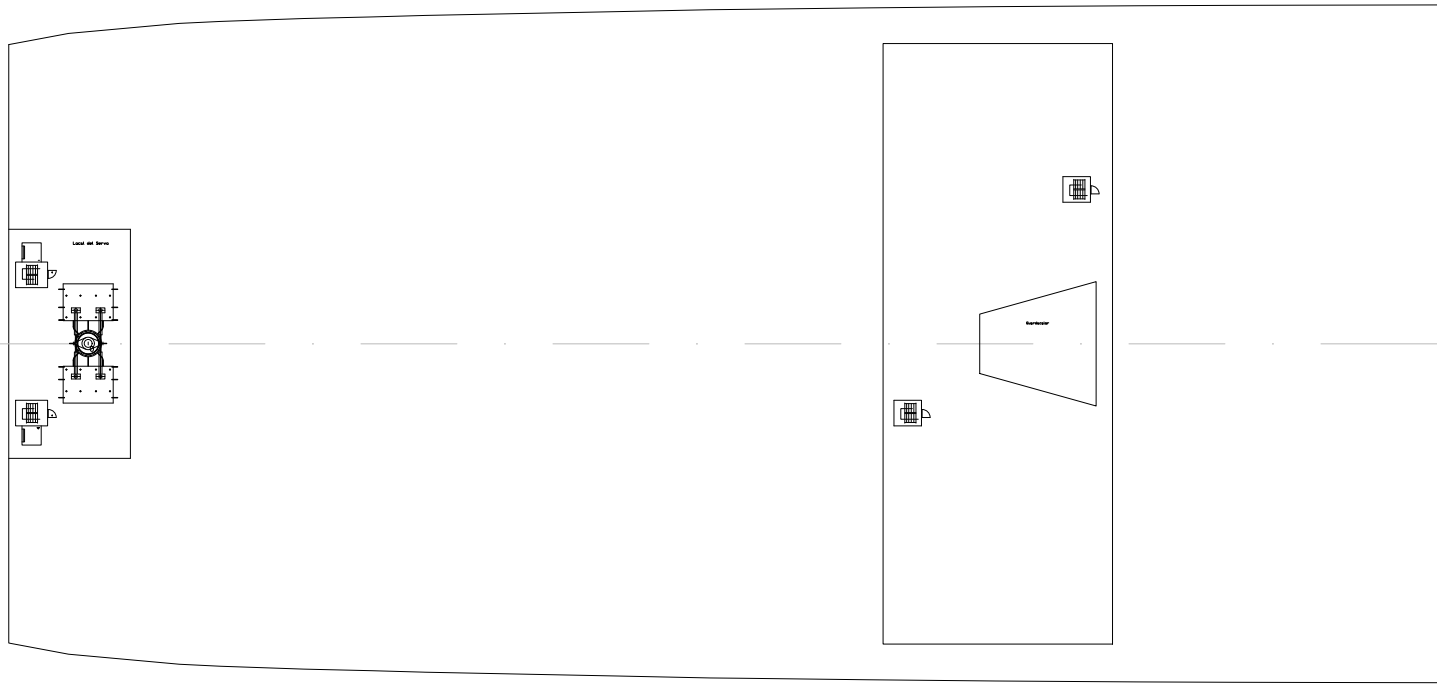
TÍTULO	BUQUE PORTACONTENEDORES 16000 TEU's	PLANO Nº	06
AUTOR	Javier García Ávila	FIRMA	
CUADERNO	Cuaderno 10. Definición planta propulsora		
ESCALA	1:1500	PLANO	
FECHA	Abril 2022		
	Cubierta inferior 5 CM		

Cubierta Inferior 6 D= 20.5 [m]

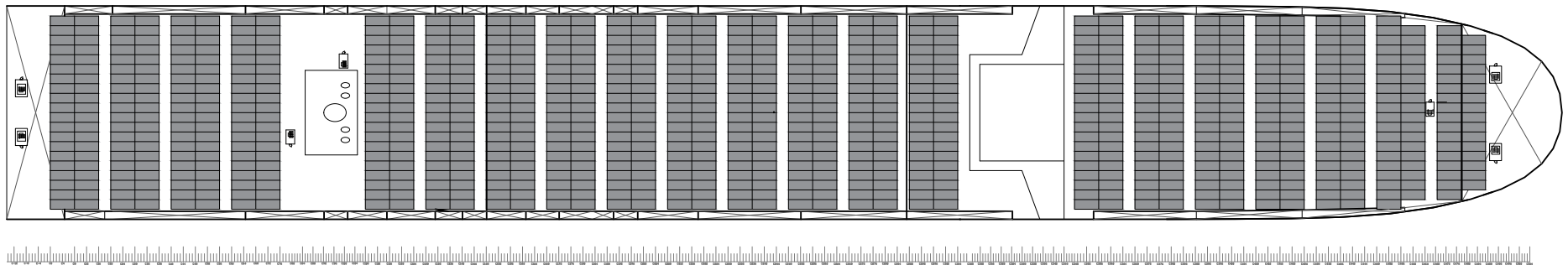
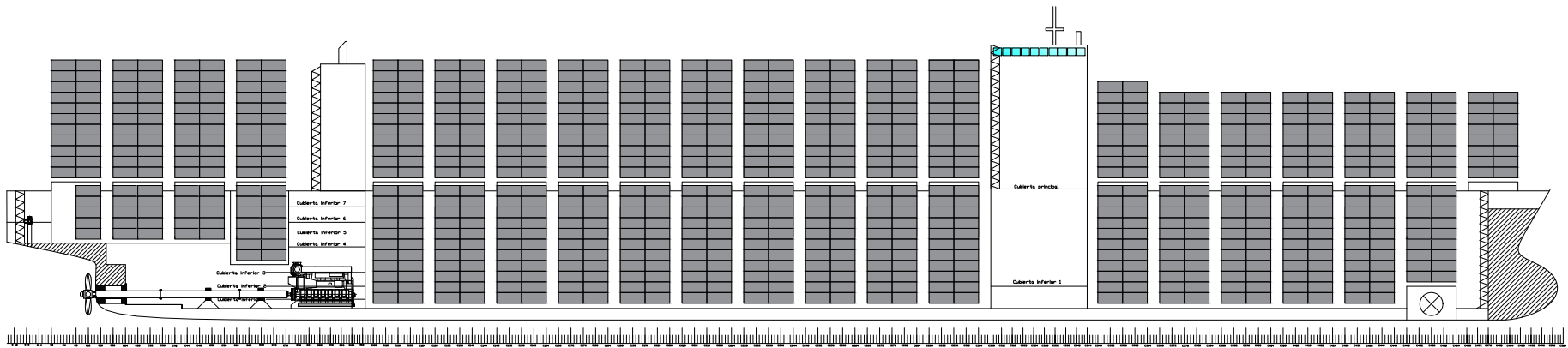


TÍTULO		BUQUE PORTACONTENEDORES 16000 TEU's	PLANO N°
AUTOR		Javier García Ávila	07
CUADERNO		Cuaderno 10. Definición planta propulsora	FIRMA
ESCALA	PLANO	Cubierta inferior 6 CM	
1:1500			
FECHA			
Abril 2022			

Cubierta Inferior 7 D= 24.25 [m]



TÍTULO		BUQUE PORTACONTENEDORES 16000 TEU's	PLANO N°
AUTOR		Javier García Ávila	08
CUADERNO		Cuaderno 10. Definición planta propulsora	FIRMA
ESCALA	PLANO	Cubierta inferior 7 CM	
1:1500			
FECHA			
Abril 2022			



TÍTULO	BUQUE PORTACONTENEDORES 16000 TEU's	PLANO Nº	09
AUTOR	Javier García Ávila	FIRMA	
CUADERNO	Cuaderno 10. Definición planta propulsora		
ESCALA	1:4000	PLANO	Perfil cámara de máquinas
FECHA	Abril 2022		

BIBLIOGRAFÍA

- [1] JUNCO OCAMPO, Fernando Antonio. *Proyectos de buques y artefactos. Anteproyecto y dimensionamiento del buque*. Ferrol: Universidade da Coruña, [sin fecha].
- [2] CONDE ALONSO, Nadia. *Buque portacontenedores post panamax 9000 TEU's* . Trabajo fin de máster, Universidade da Coruña, 2017.
- [3] FERREÑO GONZÁLEZ, S., (2021). Apuntes de la asignatura Proyecto de Buques y Artefactos II. Ferrol: Universidade da Coruña.
- [4] Marine Installation Manual X92-B, (2021). Winterthur, Switzerland: WinGD.
- [5] PUENTE VARELA, B. y DIAZ CASAS, V. *Apuntes de proyectos de buques y artefactos I*. Ferrol: Universidade da Coruña, 2021.
- [6] RODRÍGUEZ GONZÁLEZ, Miguel Ángel. *Buque portacontenedores de 20000 TEUS adaptado a ruta Asia-Europa*. Ferrol: Universidade da Coruña, 2021.
- [7] WinGD General Technical Data [en línea]. (sin fecha). WinGD - Winterthur Gas & Diesel. Disponible en: [https://www.wingd.com/en/engines/general-technical-data-\(gtd\)/](https://www.wingd.com/en/engines/general-technical-data-(gtd)/)

ANEXO 1. REPORTE OBTENIDO DE GTD WINGD

12X92-B

IMO Tier II compliant
Delta tuning

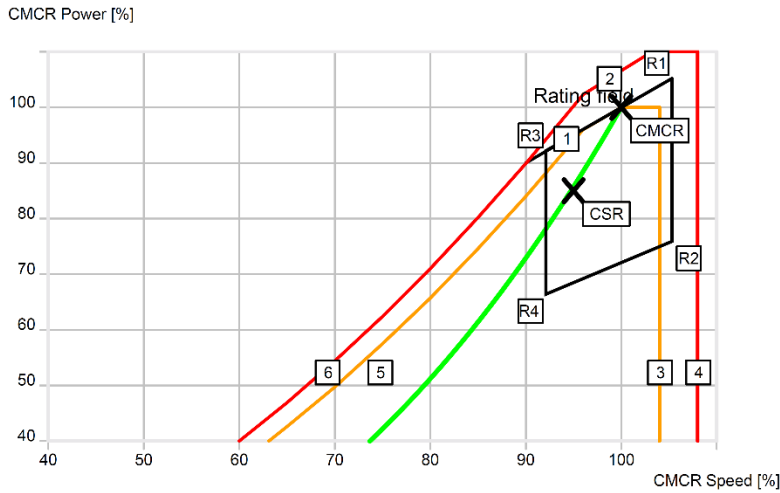
73560 kW 95.0% R1
76.0 rpm 95.0% R1

Project:
Yard / Plant:
Owner:
Created:

30.04.2022 / garav

General Technical Data

CMCR and Engine Operating Curves



—	Line 1: Constant MEP
—	Line 2: Overload limit
—	Line 3: 104% speed limit
—	Line 4: 108% overspeed limit
—	Line 5: Admissible torque limit
—	Line 6: Maximum torque limit in transient conditions
—	Nominal propeller characteristic

For detailed curve description see Marine Installation Manual (MIM).

Main engine	12X92-B
MCR (R1)	77400 kW / 80.0 rpm
CMCR	73560 kW / 76.0 rpm
CSR (85.0% of CMCR)	62526 kW / 72.0 rpm
MEP at 100% CMCR	21 bar

12X92-BIMO Tier II compliant
Delta tuning73560 kW 95.0% R1
76.0 rpm 95.0% R1Project:
Yard / Plant:
Owner:
Created: 30.04.2022 / garav**Engine Configuration****Engine Data**

CMCR Power Rx:	73560 kW	= 95.0% R1	MCR Power R1:	77400 kW
CMCR Speed Rx:	76.0 rpm	= 95.0% R1	MCR Speed R1:	80.0 rpm
CSR Power:	62526 kW	= 85.0% CMCR		
CSR Speed:	72.0 rpm			
Turbocharger (MHI):	3 x MET83MBII *1)		Bore:	920 mm
Scavenge air cooler:	3 x SAC-B25-SF		Stroke:	3468 mm
Tuning:	Delta			
Options:				
NOx emission compliance:	IMO Tier II compliant			
Type of propeller:	Fixed pitch			

Ancillary System

Cooling system:	FW cooled / Single-Stage SAC / Sep. HT circuit
Cylinder cooling water inlet temperature:	75 °C
Cylinder cooling water outlet temperature:	90 °C
Lubricating oil system:	integrated TC lubrication
Oil temperature before engine:	45 °C
Oil pressure before engine:	4.3 bar
Viscosity:	84.3 mm ² /s

Brake Specific Fuel Consumption ISO 3046-1:2002

Air temp. before compressor:	25.0 °C	Tolerances	+ 5 %	100-85 % Power
Coolant temp. before SAC:	25.0 °C		+ 6 %	<85-65 % Power
Relative humidity:	30.0 %		+ 7 %	<65-50 % Power

Power [%]	100.0	95.0	90.0	85.0	80.0	75.0	70.0	60.0	50.0	40.0	30.0	25.0
BSFC [g/kWh]	162.4	159.4	156.7	155.1	154.3	153.9	153.9	154.6	156.3	159.2	160.3	161.4

BSFC: Brake specific fuel consumption with LHV MDO = 42700 kJ/kg

*1) TC maker must be contacted for final specification and frame size.

12X92-BIMO Tier II compliant
Delta tuning73560 kW 95.0% R1
76.0 rpm 95.0% R1Project:
Yard / Plant:
Owner:
Created: 30.04.2022 / garav**Summary****General Information**

Bore	920 mm
Stroke	3468 mm
MEP	20.99 bar
Piston speed	8.8 m/s

Engine Dimensions

Length	22875 mm
Net engine mass	2140 t
Weight water/oil	22.7 t
Lift vertical (standard)	15640 mm

Oil Consumption

System oil consumption per cylinder and per day	9.0 kg
Cylinder oil consumption, guide feed rate (pulse lubricating system)	PLS 0.6 g/kWh

Guide feed rate 0.6 g/kWh for low sulphur content only.

Other Components

Aux. blower: min. installed electric motor power (shaft)	2 x 222 kW (400/440 V / 50/60 Hz)
Turning gear capacity	15,0 kW (400/440 V / 50/60 Hz)

Pumps

Minimum capacities

Delivery head *1)

	Minimum capacities	Delivery head *1)
Fuel oil feed	18.4 m ³ /h	5.0 bar
Fuel oil booster	33.1 m ³ /h	7.0 bar
High temperature water circuit	481 m ³ /h	3.0 bar
Low temperature water circuit	1276 m ³ /h	2.5 bar
Lubricating oil *2)	716 m ³ /h	6.9 bar
Crosshead lubricating oil	144 m ³ /h	7.5 bar
Sea water	2261 m ³ /h	2.0 bar

*1) Pressure difference across pump (final delivery head) must be according to the actual piping layout. The capacities do not account for other components than the engine itself. For details please see the Installation Manual.

*2) LO system excluding heat and oil flow for damper and back flushing filter flow. System pressure loss 2.6 bar assumed.

Cooling System

Central cooler, heat dissipation	47030 kW
SAC, heat dissipation	33095 kW
Cylinder cooler, heat dissipation	8340 kW
Lub. oil cooler, heat dissipation	5590 kW

Design conditions, maximum heat dissipation

Exhaust Gas and Air Flow

Exhaust gas, mass flow	137.8 kg/s
Exhaust gas, temperature	273 °C
Exhaust gas density	0.657 kg/m ³
Scavenge air, mass flow	134.5 kg/s

Design conditions

Starting Air System

Number of starts	12
Propeller pitch control	FPP
Rel. shaft inertia specified (J-tot / J-Eng)	2.00
Engine inertia (J-Eng)	953400 kgm ²
Air compressor (30 bar g)	2 x 495 m ³ /h
Air receiver (30 bar g)	2 x 16.5 m ³

The capacities are for the engine only and without PTO.
Engine inertia is given for engine without damper and front disc on crankshaft but including smallest flywheel.**Tank System**

Fresh water expansion tank	-
Main lub. oil drain tank	61.0 m ³
Lub. oil separator	8750 l/h
Fuel oil separator	14600 l/h
HFO endheater	594 kW

12X92-BIMO Tier II compliant
Delta tuning73560 kW 95.0% R1
76.0 rpm 95.0% R1Project:
Yard / Plant:
Owner:
Created:

30.04.2022 / garav

Engine Performance Data

Conditions	ISO	Design	Specified
Air temperature before compressor	25 °C	45 °C	10 °C
Coolant temperature before SAC	29 °C	36 °C	30 °C
Relative humidity	30 %	60 %	30 %
Exhaust gas back pressure	300 mm WC	300 mm WC	300 mm WC

Performance				ISO			Design			Specified		
Power [%]	Power [kW]	Speed [rpm]	BMEP [bar]	BSFC [g/kWh]	BSEF [kg/kWh]	tEaT [°C]	BSFC [g/kWh]	BSEF [kg/kWh]	tEaT [°C]	BSFC [g/kWh]	BSEF [kg/kWh]	tEaT [°C]
100.0	73560	76.0	20.99	162.6	7.20	236	165.6	6.75	273	160.6	7.53	219
95.0	69882	74.7	20.29	159.6	7.32	226	162.6	6.84	263	157.6	7.68	208
90.0	66204	73.4	19.57	156.9	7.42	218	159.9	6.92	255	154.9	7.81	199
85.0	62526	72.0	18.84	155.3	7.53	211	158.3	7.00	249	153.3	7.95	192
80.0	58848	70.6	18.09	154.5	7.70	208	157.5	7.15	246	152.5	8.15	188
75.0	55170	69.1	17.33	154.1	7.88	205	157.1	7.30	244	152.1	8.37	185
70.0	51492	67.5	16.55	154.1	8.04	204	157.1	7.43	243	152.1	8.56	182
60.0	44136	64.1	14.93	154.8	8.20	205	157.8	7.54	246	152.8	8.81	181
50.0	36780	60.3	13.22	156.5	8.50	212	159.5	7.78	255	154.5	9.20	186
40.0	29424	56.0	11.40	159.4	8.36	232	162.4	7.61	278	157.4	9.14	202
30.0	22068	50.9	9.41	160.5	9.18	230	163.5	8.46	267	158.5	9.93	205
25.0	18390	47.9	8.33	161.6	9.47	236	164.6	8.78	271	159.6	10.20	213

Tolerances

BSFC	+ 5 %	100-85 % Power
	+ 6 %	<85-65 % Power
	+ 7 %	<65-50 % Power
BSEF	± 5 %	
tEaT	± 15 °C	

Tolerances apply from and above 50% power. In general, an increase of BSEF by 5% corresponds to a decrease of tEaT by 15°C.

Data below 25% power

Relative to the data at 25% load, the following changes are expected at reference conditions:

Power [%]	BSFC [g/kWh]	BSEF [kg/kWh]	tEaT [°C]
20	+2	-1	-10
15	+6	-2	-30
10	+16	-2.5	-65

The above performance values correspond to the lower calorific value of 42.7 MJ/kg (MDO). Based on experience during seatrials with HFO, exhaust gas temperature may increase by up to 15°C compared to MDO figures according GTD.

The auxiliary blower performance, configuration and position significantly influence engine performance below 40% power. Thus effective values and shape of curves up to 40% power will depend on final settings of the auxiliary blower. The engine performance values below 25% engine power shall be considered for guidance only.

12X92-B

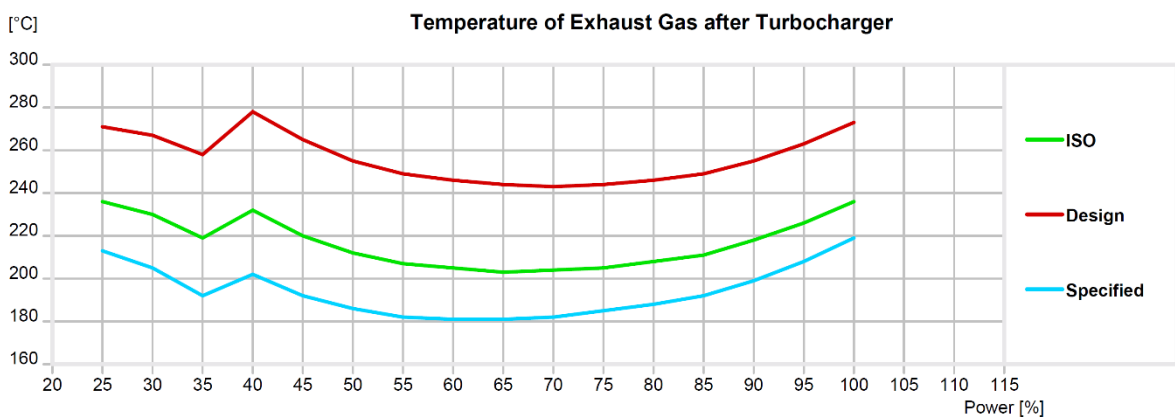
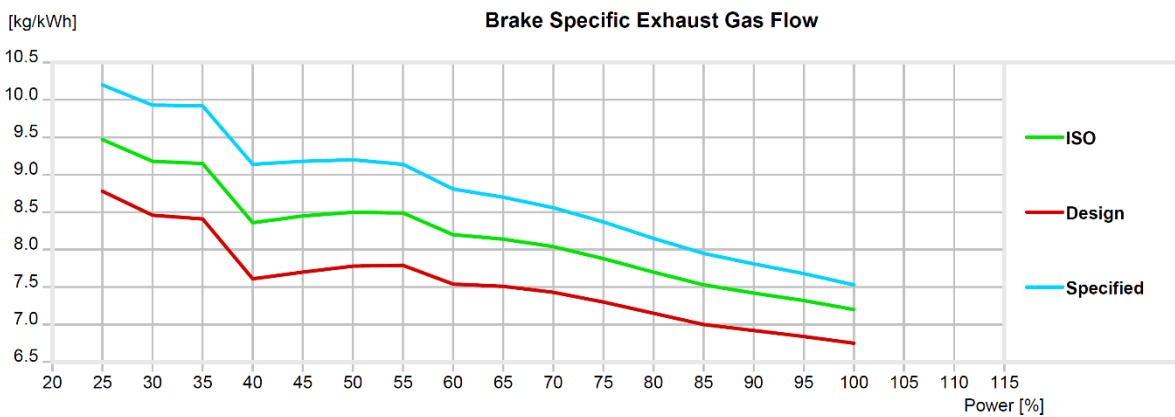
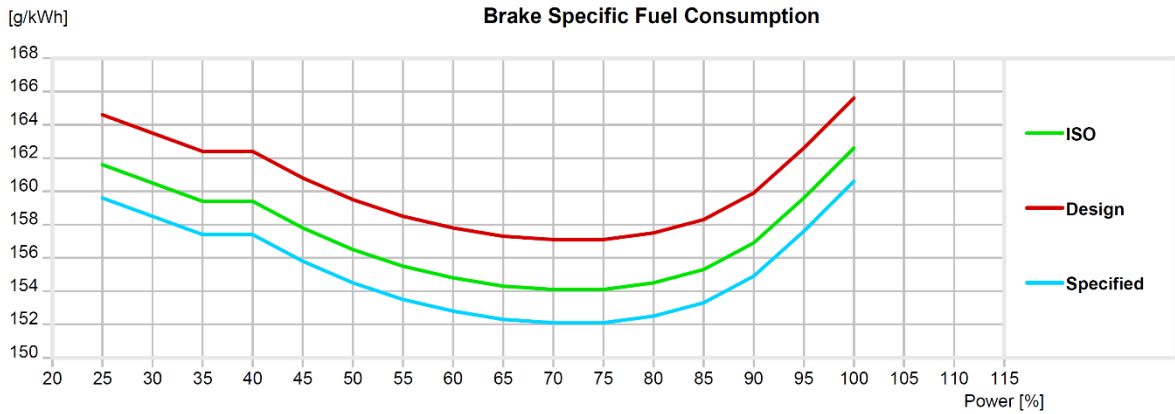
IMO Tier II compliant
Delta tuning

73560 kW 95.0% R1
76.0 rpm 95.0% R1

Project:
Yard / Plant:
Owner:
Created:

30.04.2022 / garav

Engine Performance Data



Effective values and shape of curves up to 40% power will depend on final settings of auxiliary blower.

12X92-BIMO Tier II compliant
Delta tuning73560 kW 95.0% R1
76.0 rpm 95.0% R1Project:
Yard / Plant:
Owner:
Created:

30.04.2022 / garav

Heat Dissipation**ISO Conditions**

tAbC = 25°C, tCbS = 29°C, RH = 30%

Power [%]	Power [kW]	Speed [rpm]	SAC LT [kW]	Cylinder [kW]	Lub. Oil [kW]	Radiation [kW]	SPP *1) [kW]
100.0	73560	76.0	27225	5725	4185	900	9180
95.0	69882	74.7	25555	5340	3950	875	7255
90.0	66204	73.4	23700	5040	3760	850	5695
85.0	62526	72.0	21825	4770	3600	830	4535
80.0	58848	70.6	20280	4555	3470	805	3875
75.0	55170	69.1	18760	4350	3345	780	3415
70.0	51492	67.5	17065	4225	3265	750	3040
60.0	44136	64.1	13140	4045	3150	695	2750
50.0	36780	60.3	9825	3855	3065	635	3070
40.0	29424	56.0	5895	3665	3005	570	3955
30.0	22068	50.9	3425	2950	2585	490	3120
25.0	18390	47.9	2280	2715	2445	450	3025

Design Conditions

tAbC = 45°C, tCbS = 36°C, RH = 60%

Power [%]	Power [kW]	Speed [rpm]	SAC LT [kW]	Cylinder [kW]	Lub. Oil [kW]	Radiation [kW]	SPP *1) [kW]
100.0	73560	76.0	33095	6950	4840	545	14200
95.0	69882	74.7	31080	6520	4590	530	12225
90.0	66204	73.4	28850	6180	4380	515	10590
85.0	62526	72.0	26600	5860	4200	500	9325
80.0	58848	70.6	24750	5585	4045	485	8565
75.0	55170	69.1	22925	5320	3895	470	7990
70.0	51492	67.5	20880	5135	3790	455	7470
60.0	44136	64.1	16135	4835	3625	420	6760
50.0	36780	60.3	12100	4520	3485	385	6615
40.0	29424	56.0	7330	4205	3365	345	6745
30.0	22068	50.9	4530	3360	2880	300	5045
25.0	18390	47.9	3170	3065	2710	270	4535

Specified Conditions

tAbC = 10°C, tCbS = 30°C, RH = 30%

Power [%]	Power [kW]	Speed [rpm]	SAC LT [kW]	Cylinder [kW]	Lub. Oil [kW]	Radiation [kW]	SPP *1) [kW]
100.0	73560	76.0	25485	5300	3955	545	6680
95.0	69882	74.7	23965	4925	3725	530	4685
90.0	66204	73.4	22265	4645	3545	515	3070
85.0	62526	72.0	20535	4400	3400	500	1865
80.0	58848	70.6	19100	4210	3275	485	1180
75.0	55170	69.1	17695	4030	3165	470	710
70.0	51492	67.5	16115	3930	3100	455	335
60.0	44136	64.1	12440	3805	3010	420	110
50.0	36780	60.3	9310	3665	2950	385	585
40.0	29424	56.0	5555	3530	2915	345	1800
30.0	22068	50.9	2950	2865	2525	300	1675
25.0	18390	47.9	1780	2650	2400	270	1930

The heat dissipation figures above reflect the actual available heat in the cooling and lubricating oil system. To layout the cooler capacities, a safety margin is to be added, see the summary and system pages. Tolerance of cylinder heat dissipation: +0%/-15%.

*1) Steam production power for a constant temperature after economizer of 180°C.

12X92-BIMO Tier II compliant
Delta tuning73560 kW 95.0% R1
76.0 rpm 95.0% R1Project:
Yard / Plant:
Owner:
Created:

30.04.2022 / garav

Scavenge Air**ISO Conditions**

tAbC = 25°C, tCbS = 29°C, RH = 30%

Power [%]	Power [kW]	Speed [rpm]	tAaC [°C]	tScav [°C]	mScav [kg/s]	pScav [bar]	Cond. water [kg/h]
100.0	73560	76.0	223	35.0	143.7	4.70	0
95.0	69882	74.7	217	34.5	139.0	4.49	0
90.0	66204	73.4	210	33.9	133.6	4.28	0
85.0	62526	72.0	202	33.3	128.1	4.06	0
80.0	58848	70.6	196	32.8	123.3	3.89	0
75.0	55170	69.1	190	32.4	118.4	3.72	0
70.0	51492	67.5	182	31.9	112.8	3.53	0
60.0	44136	64.1	163	31.0	98.7	3.06	0
50.0	36780	60.3	145	30.2	85.3	2.65	0
40.0	29424	56.0	117	29.5	67.0	2.13	0
30.0	22068	50.9	91	29.2	55.3	1.80	0
25.0	18390	47.9	77	29.1	47.5	1.61	0

Design Conditions

tAbC = 45°C, tCbS = 36°C, RH = 60%

Power [%]	Power [kW]	Speed [rpm]	tAaC [°C]	tScav [°C]	mScav [kg/s]	pScav [bar]	Cond. water [kg/h]
100.0	73560	76.0	249	49.4	134.5	4.55	9935
95.0	69882	74.7	243	48.8	129.7	4.34	9455
90.0	66204	73.4	235	48.1	124.4	4.12	8925
85.0	62526	72.0	227	47.5	118.9	3.90	8375
80.0	58848	70.6	220	46.9	114.2	3.73	7910
75.0	55170	69.1	214	46.4	109.5	3.56	7440
70.0	51492	67.5	205	45.8	104.0	3.37	6885
60.0	44136	64.1	185	44.4	90.5	2.91	5505
50.0	36780	60.3	165	43.1	77.9	2.51	4240
40.0	29424	56.0	135	41.3	60.9	2.01	2625
30.0	22068	50.9	109	39.8	50.9	1.72	1610
25.0	18390	47.9	96	39.0	44.0	1.55	1100

Specified Conditions

tAbC = 10°C, tCbS = 30°C, RH = 30%

Power [%]	Power [kW]	Speed [rpm]	tAaC [°C]	tScav [°C]	mScav [kg/s]	pScav [bar]	Cond. water [kg/h]
100.0	73560	76.0	204	36.0	150.6	4.86	0
95.0	69882	74.7	198	35.5	146.0	4.65	0
90.0	66204	73.4	192	34.9	140.8	4.44	0
85.0	62526	72.0	185	34.4	135.4	4.23	0
80.0	58848	70.6	179	34.0	130.7	4.06	0
75.0	55170	69.1	173	33.5	125.9	3.89	0
70.0	51492	67.5	166	33.1	120.2	3.70	0
60.0	44136	64.1	148	32.1	106.1	3.23	0
50.0	36780	60.3	131	31.3	92.4	2.82	0
40.0	29424	56.0	106	30.6	73.4	2.29	0
30.0	22068	50.9	79	30.2	59.9	1.90	0
25.0	18390	47.9	65	30.1	51.3	1.68	0

12X92-BIMO Tier II compliant
Delta tuning73560 kW 95.0% R1
76.0 rpm 95.0% R1Project:
Yard / Plant:
Owner:
Created:

30.04.2022 / garav

Exhaust Gas**ISO Conditions**

tAbC = 25°C, tCbS = 29°C, RH = 30%

Power [%]	Power [kW]	Speed [rpm]	tEbT [°C]	tEaT [°C]	tEbE *1) [°C]	mExh [kg/s]	pExh [bar]	Steam *2) [kg/h]
100.0	73560	76.0	417	236	234	147.1	4.41	13130
95.0	69882	74.7	401	226	224	142.1	4.21	10300
90.0	66204	73.4	387	218	216	136.5	4.00	8000
85.0	62526	72.0	373	211	209	130.8	3.79	6300
80.0	58848	70.6	364	208	206	125.8	3.62	5340
75.0	55170	69.1	356	205	203	120.8	3.46	4670
70.0	51492	67.5	348	204	202	115.0	3.27	4130
60.0	44136	64.1	331	205	203	100.6	2.83	3750
50.0	36780	60.3	321	212	210	86.9	2.45	4270
40.0	29424	56.0	316	232	230	68.3	1.97	5640
30.0	22068	50.9	290	230	228	56.3	1.64	4440
25.0	18390	47.9	284	236	234	48.4	1.48	4330

Design Conditions

tAbC = 45°C, tCbS = 36°C, RH = 60%

Power [%]	Power [kW]	Speed [rpm]	tEbT [°C]	tEaT [°C]	tEbE *1) [°C]	mExh [kg/s]	pExh [bar]	Steam *2) [kg/h]
100.0	73560	76.0	463	273	271	137.8	4.27	20620
95.0	69882	74.7	447	263	261	132.8	4.07	17700
90.0	66204	73.4	432	255	253	127.3	3.86	15290
85.0	62526	72.0	419	249	247	121.6	3.65	13430
80.0	58848	70.6	409	246	244	116.8	3.48	12330
75.0	55170	69.1	401	244	242	111.9	3.32	11490
70.0	51492	67.5	393	243	241	106.3	3.13	10730
60.0	44136	64.1	376	246	244	92.5	2.70	9720
50.0	36780	60.3	366	255	253	79.5	2.32	9550
40.0	29424	56.0	361	278	276	62.2	1.86	9800
30.0	22068	50.9	327	267	265	51.9	1.58	7310
25.0	18390	47.9	318	271	269	44.9	1.44	6580

Specified Conditions

tAbC = 10°C, tCbS = 30°C, RH = 30%

Power [%]	Power [kW]	Speed [rpm]	tEbT [°C]	tEaT [°C]	tEbE *1) [°C]	mExh [kg/s]	pExh [bar]	Steam *2) [kg/h]
100.0	73560	76.0	396	219	217	153.9	4.55	9410
95.0	69882	74.7	381	208	206	149.1	4.35	6460
90.0	66204	73.4	366	199	197	143.6	4.14	4080
85.0	62526	72.0	352	192	190	138.0	3.94	2310
80.0	58848	70.6	343	188	186	133.2	3.77	1310
75.0	55170	69.1	334	185	183	128.2	3.61	630
70.0	51492	67.5	326	182	180	122.4	3.42	90
60.0	44136	64.1	308	181	179	108.0	2.98	0
50.0	36780	60.3	297	186	184	94.0	2.59	560
40.0	29424	56.0	290	202	200	74.7	2.10	2430
30.0	22068	50.9	268	205	203	60.9	1.73	2280
25.0	18390	47.9	263	213	211	52.1	1.54	2690

*1) Exhaust gas temperature drop of 2°C from mixed temperature after turbine to economizer inlet.

*2) Guiding steam production capacity at 7 bar(a) / 165°C, boiler efficiency 100%, pinch point temperature difference 15°C, feed water temperature 80°C.

12X92-B

IMO Tier II compliant
Delta tuning

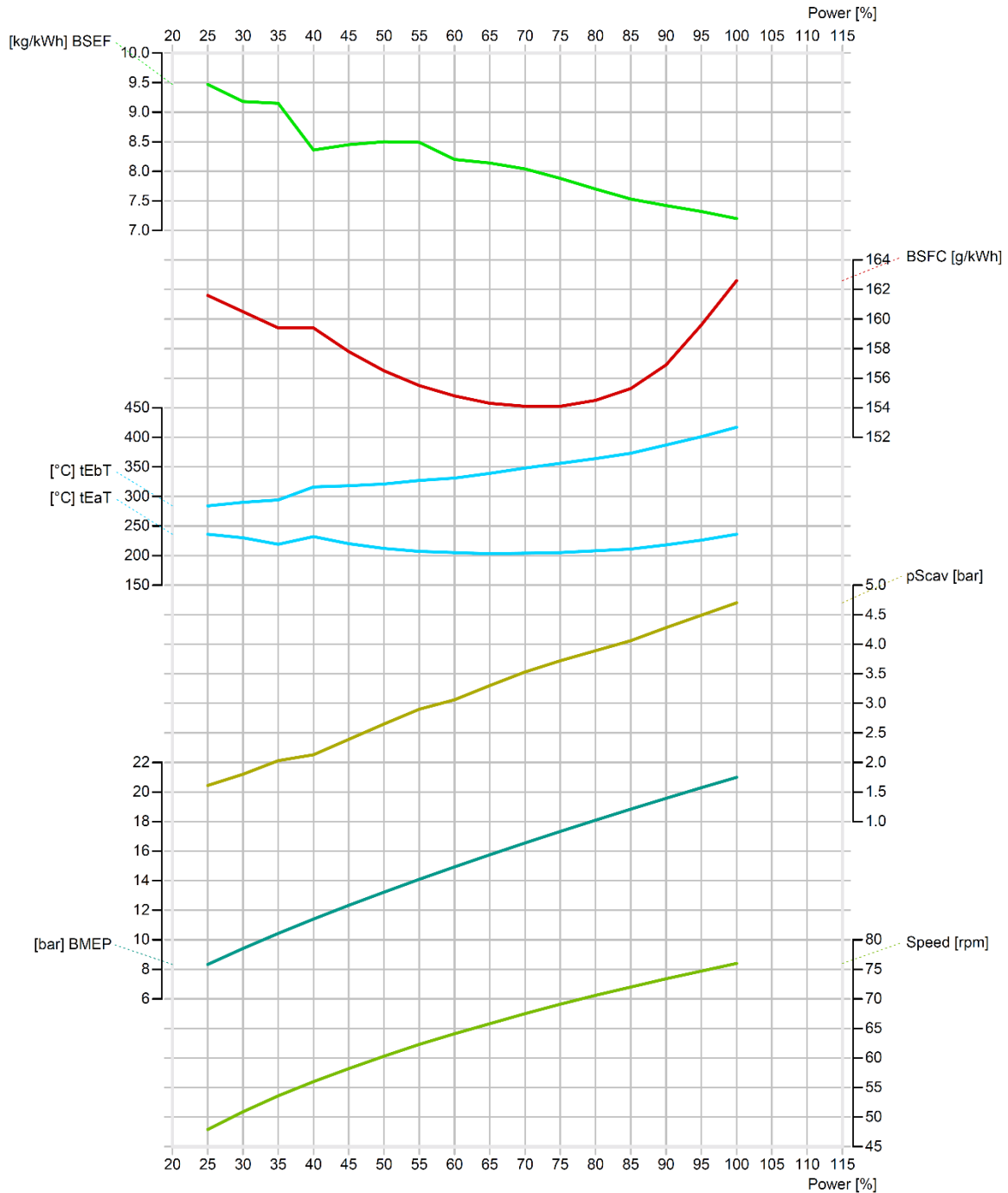
73560 kW 95.0% R1
76.0 rpm 95.0% R1

Project:
Yard / Plant:
Owner:
Created:

30.04.2022 / garav

Performance Summary

ISO Conditions



Effective values and shape of curves up to 40% power will depend on final settings of auxiliary blower.

12X92-BIMO Tier II compliant
Delta tuning73560 kW 95.0% R1
76.0 rpm 95.0% R1Project:
Yard / Plant:
Owner:
Created:

30.04.2022 / garav

Turbocharging DataTurbocharger: **3 x MET83MBII****ISO Conditions**Air temperature before compressor: 25 °C
Coolant temperature before SAC: 29 °C
Relative humidity: 30 %Back pressure after turbine: 300 mm WC
SAC differential pressure (max.): 300 mm WC

Performance			Scavenge air side				Exhaust gas side				
Power [%]	Power [kW]	Speed [rpm]	pScav [bar]	tAaC [°C]	tScav [°C]	Com Flow [kg/s]	pExh [bar]	tEbT [°C]	tEaT [°C]	Tur Flow [kg/s]	EtaTC [%]
100.0	73560	76.0	4.70	223	35.0	143.7	4.41	417	236	147.1	68.0
95.0	69882	74.7	4.49	217	34.5	139.0	4.21	401	226	142.1	68.9
90.0	66204	73.4	4.28	210	33.9	133.6	4.00	387	218	136.5	69.7
85.0	62526	72.0	4.06	202	33.3	128.1	3.79	373	211	130.8	70.3
80.0	58848	70.6	3.89	196	32.8	123.3	3.62	364	208	125.8	70.7
75.0	55170	69.1	3.72	190	32.4	118.4	3.46	356	205	120.8	70.9
70.0	51492	67.5	3.53	182	31.9	112.8	3.27	348	204	115.0	71.1
60.0	44136	64.1	3.06	163	31.0	98.7	2.83	331	205	100.6	70.9
50.0	36780	60.3	2.65	145	30.2	85.3	2.45	321	212	86.9	70.1
40.0	29424	56.0	2.13	117	29.5	67.0	1.97	316	232	68.3	68.2

12X92-BIMO Tier II compliant
Delta tuning73560 kW 95.0% R1
76.0 rpm 95.0% R1Project:
Yard / Plant:
Owner:
Created:

30.04.2022 / garav

Scavenge Air Cooler**SAC-B25-SF**

SAC layout according to rating: CMCR

Performance Specification Data**ISO****Design**

	ISO	Design
General		
Air temperature before compressor	25 °C	45 °C
Air pressure before compressor	1 bar	1 bar
Air relative humidity before compressor	30 %	60 %
Heat of condensation (approx)	0 kW	1805 kW
Total heat transfer	9075 kW	11035 kW
Air Side		
Mass flow inlet	47.9 kg/s	45.7 kg/s
Working pressure	4.70 bar	4.55 bar
Temperature inlet	223 °C	250 °C
Temperature outlet	35 °C	50 °C
Pressure drop (max)	3000 Pascal	3000 Pascal
Condensate flow (approx)	0 kg/h	3310 kg/h
Water Side		
Volume flow	264 m ³ /h	264 m ³ /h
Temperature inlet	29.0 °C	36.0 °C
Temperature outlet	58.8 °C	72.4 °C
Velocity inside tubes (min)	1.5 m/s	1.5 m/s
Velocity inside tubes (max)	3.0 m/s	3.0 m/s
Pressure drop (max)	1.3 bar	1.3 bar
Fouling coefficient	0.04 m ² K/kW	0.04 m ² K/kW

12X92-B

IMO Tier II compliant
Delta tuning

73560 kW 95.0% R1
76.0 rpm 95.0% R1

Project:
Yard / Plant:
Owner:
Created:

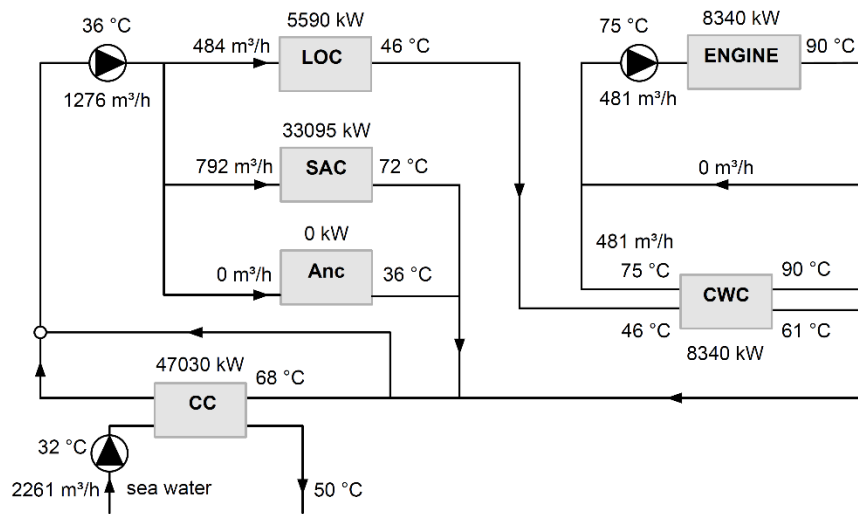
30.04.2022 / garav

Cooling System

FW cooled / Single-Stage SAC / Sep. HT circuit

Design Conditions

Air temperature before compressor: 45 °C
Coolant temperature before SAC: 36 °C
Relative humidity: 60 %



System data at 100% Rx (73560kW)

The lubricating oil and engine jacket cooler heat capacities are incorporated with a safety margin of around 15% in order to account for e.g. overload conditions.

12X92-B
 IMO Tier II compliant
 Delta tuning

73560 kW 95.0% R1
 76.0 rpm 95.0% R1

Project:
 Yard / Plant:
 Owner:
 Created:

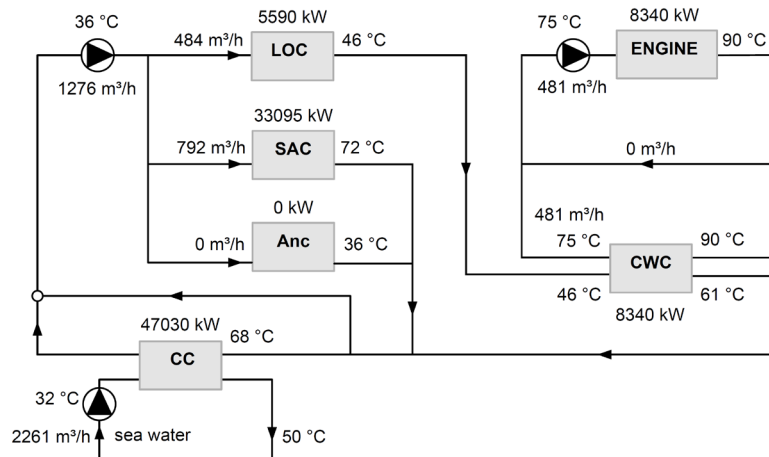
30.04.2022 / garav

Cooling System

FW cooled / Single-Stage SAC / Sep. HT circuit

Design Conditions

Air temperature before compressor: 45 °C
 Coolant temperature before SAC: 36 °C
 Relative humidity: 60 %



System data at 100% Rx (73560kW)

The lubricating oil and engine jacket cooler heat capacities are incorporated with a safety margin of around 15% in order to account for e.g. overload conditions.

12X92-B
 IMO Tier II compliant
 Delta tuning

73560 kW 95.0% R1
 76.0 rpm 95.0% R1

Project:
 Yard / Plant:
 Owner:
 Created:

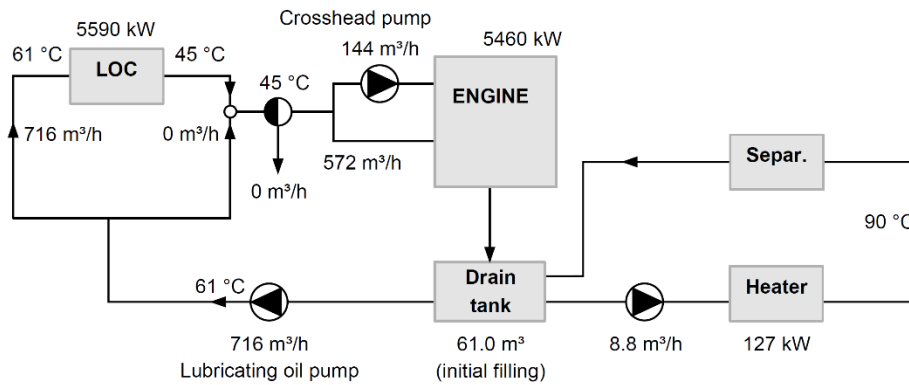
30.04.2022 / garav

Lubricating Oil System

Main lubrication oil system (integrated TC lubrication)

Design Conditions

Air temperature before compressor: 45 °C
 Coolant temperature before SAC: 36 °C
 Relative humidity: 60 %



System data at 100% Rx (73560 kW)

LO system excluding heat and oil flow for damper and back flushing filter flow.

The lubricating oil cooler heat capacities are incorporated with a safety margin of around 15% in order to account for e.g. overload conditions.

12X92-B
 IMO Tier II compliant
 Delta tuning

73560 kW 95.0% R1
 76.0 rpm 95.0% R1

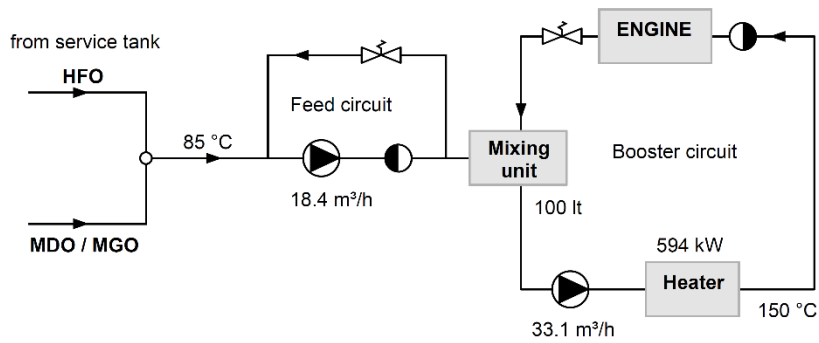
Project:
 Yard / Plant:
 Owner:
 Created: 30.04.2022 / garav

Fuel Oil System

Tank System Data

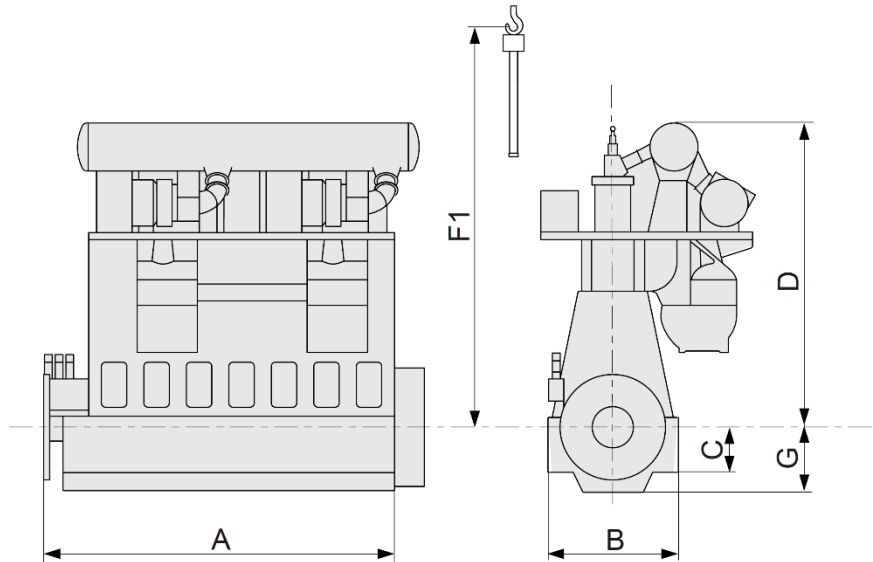
Feed circuit	Settling tank HFO, MDO	353 m ³	24 h operation at CMCR
	Service tank HFO, MDO, MGO	118 m ³	8 h operation at CMCR
	Feed pump	18.4 m ³ /h	
Booster circuit	Booster pump	33.1 m ³ /h	
	HFO end heater	594 kW	
	Mixing unit	100 lt	
	Temperature after heater	150 °C	
Treatment	Separator throughput	14.6 m ³ /h	
	HFO preheater	188 kW	
Fuel oil	Kinematic viscosity at 50°C	700 mm ² /s	maximum value

Pressurized Fuel Oil System



12X92-BIMO Tier II compliant
Delta tuning73560 kW 95.0% R1
76.0 rpm 95.0% R1Project:
Yard / Plant:
Owner:
Created:

30.04.2022 / garav

Installation Data**Dimensions**In mm with a tolerance of approx. ± 10 mm

A	22875	mm
B	5550	mm
C	1900	mm
D	13150	mm
F1	15640	mm
G	2970	mm

Weight masses

Net engine mass	2140	t
Weight water/oil	22.7	t

Engine mass is calculated according to nominal dimensions of drawings, incl. turbochargers and scavenge air coolers (specified for R1), piping and platforms but without oil / water. The dimensions are in mm across R1-rated engines without Efficiency-Booster System with a tolerance of approx. ± 10 mm.

The standard piston dismantling height as shown in the sketch can be reduced by using special tools and / or tilted lift of the piston.

The data on this page is for guiding in an early project stage only and is not binding.

12X92-B

IMO Tier II compliant
Delta tuning

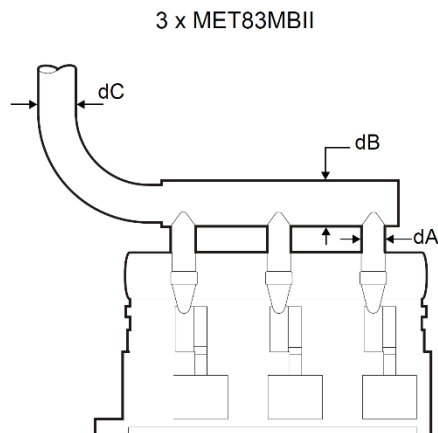
73560 kW 95.0% R1
76.0 rpm 95.0% R1

Project:
Yard / Plant:
Owner:
Created:

30.04.2022 / garav

Exhaust Gas System

Design Conditions



Exhaust gas

Mass flow	137.8 kg/s
Temperature after TC	273 °C
Density	0.657 kg/m³
Back pressure	300 mm WC

Exhaust gas pipes

	Gas velocity	Volume flow	Diameter
Pipe A	40.0 m/s	251920 m³/h	dA 1500 mm
Pipe B	25.0 m/s	755760 m³/h	dB 3300 mm
Pipe C	35.0 m/s	755760 m³/h	dC 2800 mm

12X92-B

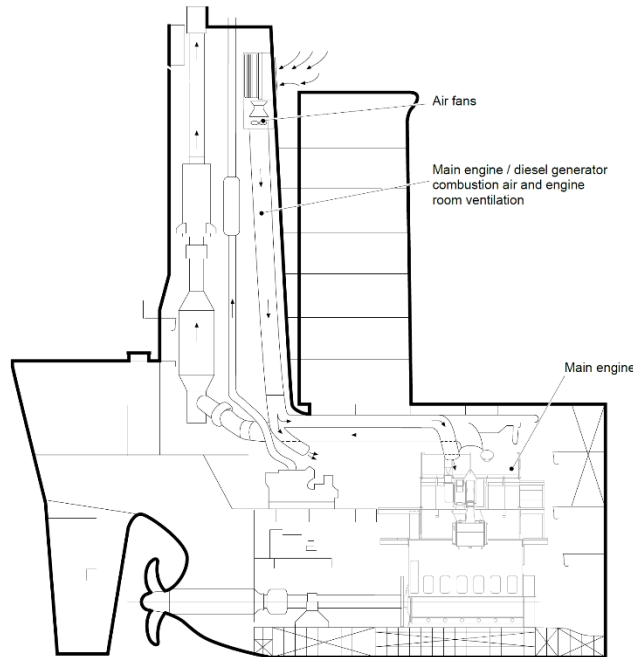
IMO Tier II compliant
Delta tuning

73560 kW 95.0% R1
76.0 rpm 95.0% R1

Project:
Yard / Plant:
Owner:
Created:

30.04.2022 / garav

Engine Room Ventilation



Air flow required for combustion	Power	Air flow
Main engine	73560 kW	437722 m³/h
Auxiliary engines	0 kW	0 m³/h
Boiler	0 kW	0 m³/h
Total		437722 m³/h

Air flow required for heat evacuation	Heat	Air flow
Main engine	704 kW	
Auxiliary engines	0 kW	
Boiler	0 kW	
Steam pipes	28 kW	
Exhaust pipes	306 kW	
Gas fired boiler	61 kW	
Hot tanks	1 kW	
Generator	0 kW	
Electrical installation	153 kW	
Total	1253 kW	317219 m³/h

Total air flow	Power	Air flow
Ventilation	1234 kW	754941 m³/h

Based on: ISO 8861
Air ambient temperature: 35°C
Delivery head of the ventilation air blower: 30 mbar

12X92-BIMO Tier II compliant
Delta tuning73560 kW 95.0% R1
76.0 rpm 95.0% R1Project:
Yard / Plant:
Owner:
Created:

30.04.2022 / garav

References

Conditions	ISO (3046-3:2006)	Design	Specified
Air temperature before compressor	25 °C	45 °C	10 °C
Engine room ambient air temp.	25 °C	45 °C	45 °C
Coolant temperature before SAC *1)	29 °C	36 °C	30 °C
Barometric pressure	1000 mbar	1000 mbar	1000 mbar
Cylinder water outlet temperature	90 °C	90 °C	90 °C
Oil temperature before engine	45 °C	45 °C	45 °C
Exhaust gas back pressure	300 mm WC	300 mm WC	300 mm WC
Relative humidity	30 %	60 %	30 %

*1) The seawater temperature will be 4°C lower than the specified coolant temperatures.

Abbreviations

BMEP	Brake mean effective pressure
BSEC	Brake specific energy consumption
BSEF	Brake specific exhaust gas flow
BSFC	Brake specific fuel oil consumption
BSGC	Brake specific gas consumption
BSLC	Brake specific liquid fuel consumption
BSPC	Brake specific pilot oil consumption
ByP	Bypass, waste gate
CMCR	Contract max. continuous rating (Rx)
CPP	Controllable pitch propeller
CSR	Continuous service rating
etaTC	Turbocharger overall efficiency
FPP	Fixed pitch propeller
HFO	Heavy fuel oil
HP	High pressure
HT	High temperature
LHV	Lower heating value
LP	Low pressure
LT	Low temperature
mBleed	Bleed-off water mass flow (iCER system)
MCR	Maximum continuous rating (R1/R1+)
MDO	Marine diesel oil

mEgr	Recirculated exhaust gas mass flow
mExh	Exhaust gas mass flow
mFresh	Fresh water consumption (iCER system)
mScav	Scavenge air mass flow
pExh	Exhaust gas pressure before turbine
pScav	Scavenge air pressure
PTO	Power take-off
RH	Air relative humidity before compressor
SAC	Scavenge air cooler
SCR	Selective catalytic reduction
SPC	Steam production control
SPP	Steam production power
tAaC	Temperature air after compressor
tAbC	Temperature air before compressor
tCbS	Coolant temperature before SAC
tEaT	Exhaust temperature after turbine
tEaTm	Exhaust temperature after turbine, mixed
tEbE	Exhaust temperature before economizer
tEbT	Exhaust temperature before turbine
tScav	Scavenge air temperature

All pressures stated are absolute pressures unless otherwise expressed.

Values for EEDI Calculation

Engine type	12X92-B
CMCR Power	73560 kW
CMCR Speed	76.0 rpm
Ambient condition	ISO
Fuel LHV, Reference	42700 kJ/kg
BSFC (CMCR)	162.6 g/kWh
BSFC (75% Load)	154.1 g/kWh
BSFC (75% Load) + 6% tolerance	163.3 g/kWh

ANEXO 2. TANQUES OBTENIDOS

	Capacidad [t]	LCG [m]	TCG [m]	VCG [m]
Aceite	831,644	64,538	-5,917	1,626
Aceite usado	816,241	64,311	5,873	1,627
Agua dulce	244,75	79,403	-8,785	1,552
Lodos	66,948	77,155	8,382	1,566
Aguas negras	193,204	79,957	8,884	1,548
UD FO	382,062	77,181	-25,397	22,659
UD ECA	382,062	77,181	25,397	22,659
sedimentación FO	670,897	88,134	-10,211	1,499
sedimentación ECA	670,897	88,134	10,211	1,499
ECA 1	1638,264	100,431	0	1,458
ECA 2	548,135	88,117	25,397	20,954
ECA 3	548,135	88,117	-25,397	20,954
FO 1 B	593,903	56,94	-25,416	24,978
FO 1 E	593,903	56,94	25,416	24,978
FO 2 B	206,165	69,312	-25,403	23,722
FO 2 E	206,165	69,312	25,403	23,722
FO 3 B	348,608	97,374	-25,411	19,503
FO 3 E	348,608	97,374	25,411	19,503
FO 4 B	329,812	103,719	-25,433	18,771
FO 4 E	329,812	103,719	25,433	18,771
FO 5 B DF	1822,119	119,932	-12,435	1,438
FO 5.1 B	559,804	111,613	-25,462	18,288
FO 5.2 B	485,524	120,583	-25,482	18,025
FO 5.3 B	490,97	128,831	-25,492	17,907
FO 5 E DF	1822,118	119,932	12,435	1,438
FO 5.1 E	548,135	88,117	25,397	20,954
FO 5.2 E	485,524	120,583	25,482	18,025
FO 5.3 E	490,97	128,831	25,492	17,907
FO 6 B	313,5	135,575	-25,495	17,872
FO 6 E	313,5	135,575	25,495	17,872
FO 7 B	358,579	141,2	-25,496	17,864
FO 7 E	358,579	141,2	25,496	17,864
BW01 B DF	431,792	9,323	-5,806	14,937
BW01 E DF	431,792	9,323	5,806	14,937
BW01 B	279,219	7,93	-25,451	26,82
BW01 E	279,219	7,93	25,451	26,82
BW02 B DF	224,681	35,728	-1,917	1,772
BW02 E DF	224,681	35,728	1,917	1,772
BW02 B	833,599	30,743	-25,438	26,385

	Capacidad [t]	LCG [m]	TCG [m]	VCG [m]
BW02 E	833,599	30,743	25,438	26,385
BW03 B DF	1855,351	146,078	-12,651	1,433
BW03 E DF	1855,351	146,078	12,651	1,433
BW03 B	896,635	151,696	-25,496	17,857
BW03 E	896,635	151,696	25,496	17,857
BW04 B DF	1796,405	171,938	-12,612	1,435
BW04 E DF	1796,405	171,938	12,612	1,435
BW04 B	1501,817	171,901	-25,481	17,936
BW04 E	1501,817	171,901	25,481	17,936
BW05 B DF	1808,497	197,745	-12,353	1,442
BW05 E DF	1808,497	197,745	12,353	1,442
BW05 B	1408,861	197,472	-25,401	18,47
BW05 E	1408,861	197,472	25,401	18,47
BW06 DF B	1700,565	223,833	-11,68	1,46
BW06 DF E	1700,565	223,833	11,68	1,46
BW06 B	1039,099	222,722	-25,253	20,58
BW06 E	1039,099	222,722	25,253	20,58
BW07 DF	2296,149	246,985	0	1,494
BW08 B DF	1083,711	269,149	-8,01	1,545
BW08 E DF	1083,711	269,149	8,01	1,545
BW08 B	254,074	268,539	-25,182	29,747
BW08 E	254,074	268,539	25,182	29,747
BW09 B DF	634,27	294,596	-4,737	1,594
BW09 E DF	634,27	294,596	4,737	1,594
BW09 B	135,673	294,787	-25,043	31,833
BW09 E	135,673	294,787	25,043	31,833
BW10 B DF	218,167	315,965	-2,92	1,613
BW10 E DF	218,167	315,965	2,92	1,613
BW10 B	61,079	319,01	-24,584	33,303
BW10 E	61,079	319,01	24,584	33,303
BW11 DF	243,137	341,216	0	1,641
BW11 B	38,827	343,551	-21,492	34,326
BW11 E	38,827	343,551	21,492	34,326
Pique popa	10992,204	-5,012	0	25,273
Pique proa	7036,964	356,364	0	26,516

ANEXO 3. CALOR REQUERIDO PARA CALENTAR TANQUES

Geometría	Medio de contacto	K <i>kcal/m² · °C</i>	A <i>m²</i>	Text <i>°C</i>	Ts <i>°C</i>	Te <i>°C</i>	Q1 <i>kcal/h</i>	Q2 <i>kcal/h</i>	QT <i>kcal/h</i>
UD FO									
Mamparo proa	Tanque	4	78,96	10	40	10	681	9.475	204.693
Mamparo popa	Tanque	4	78,96	10				9.475	
Fondo	Tanque	4	27,3	10				3.276	
Superior	Atmósfera	4,65	27,3	5				4.443	
Babor	Costado agua de mar	15	274,95	5				144.349	
Estribor	Bodega	4	274,95	10				32.994	
UD ECA									
Mamparo proa	Tanque	4	78,96	10	40	10	681	9475	204693
Mamparo popa	Tanque	4	78,96	10				9475	
Fondo	Tanque	4	27,3	10				3276	
Superior	Atmósfera tapa	4,65	27,3	5				4443	
Babor	Costado agua de mar	4	274,95	10				32994	
Estribor	Bodega	15	274,95	5				144349	
Sedimentación FO									
Mamparo proa	Tanque	4	66,36	10	85	10	1992	19908	196449
Mamparo popa	Tanque	4	66,36	10				19908	
Fondo	Agua mar Fondo	2,4	274,95	5				52790	
Superior	Bodega	4	284,4	10				85320	
Babor	Fondo agua de mar	2,4	33,6	5				6451	
Estribor	Tanque	4	33,6	10				10080	
Sedimentación ECA									
Mamparo proa	Tanque	4	66,36	10	85	10	1992	19908	196449
Mamparo popa	Tanque	4	66,36	10				19908	
Fondo	Agua mar Fondo	2,4	274,95	5				52790	
Superior	Bodega	4	284,4	10				85320	
Babor	Tanque	4	33,6	10				10080	
Estribor	Fondo agua de mar	2,4	33,6	5				6451	
ECA 1									
Mamparo proa	Tanque	4	132,72	10	40	10	973	15926	162111
Mamparo popa	Tanque	4	132,72	10				15926	
Fondo	Agua mar Fondo	2,4	604,35	5				50765	
Superior	Bodega	4	604,35	10				72522	
Babor	Fondo agua de mar	2,4	35,7	5				2999	
Estribor	Fondo agua de mar	2,4	35,7	5				2999	

Geometría	Medio de contacto	K <i>kcal/m² · °C</i>	A <i>m²</i>	Text <i>°C</i>	Ts <i>°C</i>	Te <i>°C</i>	Q1 <i>kcal/h</i>	Q2 <i>kcal/h</i>	QT <i>kcal/h</i>
ECA 2									
Mamparo proa	Tanque	4	78,96	10	40	10	325	9475	246263
Mamparo popa	Tanque	4	78,96	10				9475	
Fondo	Tanque	4	33,6	10				4032	
Superior	Atmósfera tapa	4,65	33,6	10				4687	
Babor	Agua de mar costado	15	338,4	5				177660	
Estribor	Bodega	4	338,4	10				40608	
ECA 3									
Mamparo proa	Tanque	4	78,96	10	40	10	325	9475	246263
Mamparo popa	Tanque	4	78,96	10				9475	
Fondo	Tanque	4	33,6	10				4032	
Superior	Atmósfera tapa	4,65	33,6	10				4687	
Babor	Bodega	4	338,4	10				40608	
Estribor	Agua de mar costado	15	338,4	5				177660	
FO1 B									
Mamparo proa	Tanque	4	78,96	10	40	10	353	9475	388157
Mamparo popa	Tanque	4	78,96	10				9475	
Fondo	Tanque	4	54,6	10				6552	
Superior	Atmósfera tapa	4,65	54,6	10				7617	
Babor	Agua de mar costado	15	549,9	5				288698	
Estribor	Bodega	4	549,9	10				65988	
FO1 E									
Mamparo proa	Tanque	4	78,96	10	40	10	353	9475	388157
Mamparo popa	Tanque	4	78,96	10				9475	
Fondo	Tanque	4	54,6	10				6552	
Superior	Atmósfera tapa	4,65	54,6	10				7617	
Babor	Bodega	4	549,9	10				65988	
Estribor	Agua de mar costado	15	549,9	5				288698	
FO2 B									
Mamparo proa	Tanque	4	78,96	10	40	10	122	9475	129801
Mamparo popa	Tanque	4	78,96	10				9475	
Fondo	Tanque	4	16,98	10				2038	
Superior	Atmósfera tapa	4,65	16,38	10				2285	
Babor	Agua de mar costado	15	164,97	5				86609	
Estribor	Bodega	4	164,97	10				19796	

Geometría	Medio de contacto	K <i>kcal/m² · °C</i>	A <i>m²</i>	Text <i>°C</i>	Ts <i>°C</i>	Te <i>°C</i>	Q1 <i>kcal/h</i>	Q2 <i>kcal/h</i>	QT <i>kcal/h</i>
FO2 E									
Mamparo proa	Tanque	4	78,96	10	40	10	122	9475	129801
Mamparo popa	Tanque	4	78,96	10				9475	
Fondo	Tanque	4	16,98	10				2038	
Superior	Atmósfera tapa	4,65	16,38	10				2285	
Babor	Bodega	4	164,97	10				19796	
Estribor	Agua de mar costado	15	164,97	5				86609	
FO3 B									
Mamparo proa	Tanque	4	78,96	10	40	10	207	9475	132651
Mamparo popa	Tanque	4	78,96	10				9475	
Fondo	Tanque	4	16,8	10				2016	
Superior	Atmósfera tapa	4,65	16,8	10				2344	
Babor	Agua de mar costado	15	169,2	5				88830	
Estribor	Bodega	4	169,2	10				20304	
FO3 E									
Mamparo proa	Tanque	4	78,96	10	40	10	207	9475	132651
Mamparo popa	Tanque	4	78,96	10				9475	
Fondo	Tanque	4	16,8	10				2016	
Superior	Atmósfera tapa	4,65	16,8	10				2344	
Babor	Bodega	4	169,2	10				20304	
Estribor	Agua de mar costado	15	169,2	5				88830	
FO4 B									
Mamparo proa	Tanque	4	78,96	10	40	10	196	9475	132640
Mamparo popa	Tanque	4	78,96	10				9475	
Fondo	Tanque	4	16,8	10				2016	
Superior	Atmósfera tapa	4,65	16,8	10				2344	
Babor	Agua de mar costado	15	169,2	5				88830	
Estribor	Bodega	4	169,2	10				20304	
FO4 E									
Mamparo proa	Tanque	4	78,96	10	40	10	196	9475	132640
Mamparo popa	Tanque	4	78,96	10				9475	
Fondo	Tanque	4	16,8	10				2016	
Superior	Atmósfera tapa	4,65	16,8	10				2344	
Babor	Bodega	4	169,2	10				20304	
Estribor	Agua de mar costado	15	169,2	5				88830	

Geometría	Medio de contacto	K <i>kcal/m² · °C</i>	A <i>m²</i>	Text <i>°C</i>	Ts <i>°C</i>	Te <i>°C</i>	Q1 <i>kcal/h</i>	Q2 <i>kcal/h</i>	QT <i>kcal/h</i>
-----------	-------------------	-------------------------------------	---------------------------	-------------------	-----------------	-----------------	---------------------	---------------------	---------------------

FO 5.1 B									
Mamparo proa	Tanque	4	78,96	10	40	10	332	9475	203710
Mamparo popa	Tanque	4	78,96	10				9475	
Fondo	Tanque	4	27,3	10				3276	
Superior	Atmósfera tapa	4,65	27,3	10				3808	
Babor	Agua de mar costado	15	274,95	5				144349	
Estribor	Bodega	4	274,95	10				32994	

FO 5.2 B									
Mamparo proa	Tanque	4	78,96	10	40	10	288	9475	175292
Mamparo popa	Tanque	4	78,96	10				9475	
Fondo	Tanque	4	23,1	10				2772	
Superior	Atmósfera tapa	4,65	23,1	10				3222	
Babor	Agua de mar costado	15	232,65	5				122141	
Estribor	Bodega	4	232,65	10				27918	

FO 5,3 B									
Mamparo proa	Tanque	4	78,96	10	40	10	292	9475	175296
Mamparo popa	Tanque	4	78,96	10				9475	
Fondo	Tanque	4	23,1	10				2772	
Superior	Atmósfera tapa	4,65	23,1	10				3222	
Babor	Agua de mar costado	15	232,65	5				122141	
Estribor	Bodega	4	232,65	10				27918	

FO 5.1 E									
Mamparo proa	Tanque	4	78,96	10	40	10	325	9475	203703
Mamparo popa	Tanque	4	78,96	10				9475	
Fondo	Tanque	4	27,3	10				3276	
Superior	Atmósfera tapa	4,65	27,3	10				3808	
Babor	Bodega	4	274,95	10				32994	
Estribor	Agua de mar costado	15	274,95	5				144349	

FO 5.2 E									
Mamparo proa	Tanque	4	78,96	10	40	10	288	9475	175292
Mamparo popa	Tanque	4	78,96	10				9475	
Fondo	Tanque	4	23,1	10				2772	
Superior	Atmósfera tapa	4,65	23,1	10				3222	
Babor	Bodega	4	232,65	10				27918	
Estribor	Agua de mar costado	15	232,65	5				122141	

Geometría	Medio de contacto	K <i>kcal/m² · °C</i>	A <i>m²</i>	Text <i>°C</i>	Ts <i>°C</i>	Te <i>°C</i>	Q1 <i>kcal/h</i>	Q2 <i>kcal/h</i>	QT <i>kcal/h</i>
FO 5,3 E									
Mamparo proa	Tanque	4	78,96	10	40	10	292	9475	175296
Mamparo popa	Tanque	4	78,96	10				9475	
Fondo	Tanque	4	23,1	10				2772	
Superior	Atmósfera tapa	4,65	23,1	10				3222	
Babor	Bodega	4	232,65	10				27918	
Estribor	Agua de mar costado	15	232,65	5				122141	
FO 5 B DF									
Mamparo proa	Tanque	4	66,36	10	40	10	1082	7963	158916
Mamparo popa	Tanque	4	66,36	10				7963	
Fondo	Agua mar fondo	2,4	622,125	5				52259	
Superior	Bodega	4	622,125	10				74655	
Babor	Agua de mar fondo	2,4	73,5	5				6174	
Estribor	Tanque	4	73,5	10				8820	
FO 5 E DF									
Mamparo proa	Tanque	4	66,36	10	40	10	1082	7963	158916
Mamparo popa	Tanque	4	66,36	10				7963	
Fondo	Agua mar fondo	2,4	622,125	5				52259	
Superior	Bodega	4	622,125	10				74655	
Babor	Tanque	4	73,5	10				8820	
Estribor	Agua de mar fondo	2,4	73,5	5				6174	
FO 6 B									
Mamparo proa	Tanque	4	78,96	10	40	10	186	9475	67037
Mamparo popa	Tanque	4	78,96	10				9475	
Fondo	Tanque	4	148,05	10				17766	
Superior	Atmósfera tapa	4,65	148,05	10				20653	
Babor	Agua de mar costado	15	14,7	5				7718	
Estribor	Tanque	4	14,7	10				1764	
FO 6 E									
Mamparo proa	Tanque	4	78,96	10	40	10	186	9475	67037
Mamparo popa	Tanque	4	78,96	10				9475	
Fondo	Tanque	4	148,05	10				17766	
Superior	Atmósfera tapa	4,65	148,05	10				20653	
Babor	Tanque	4	14,7	10				1764	
Estribor	Agua de mar costado	15	14,7	5				7718	

Geometría	Medio de contacto	K <i>kcal/m² · °C</i>	A <i>m²</i>	Text <i>°C</i>	Ts <i>°C</i>	Te <i>°C</i>	Q1 <i>kcal/h</i>	Q2 <i>kcal/h</i>	QT <i>kcal/h</i>
FO 7 B									
Mamparo proa	Tanque	4	78,96	10	40	10	213	9475	67064
Mamparo popa	Tanque	4	78,96	10				9475	
Fondo	Tanque	4	148,05	10				17766	
Superior	Atmósfera tapa	4,65	148,05	10				20653	
Babor	Agua de mar costado	15	14,7	5				7718	
Estribor	Tanque	4	14,7	10				1764	
FO 7 E									
Mamparo proa	Tanque	4	78,96	10	40	10	213	9475	67064
Mamparo popa	Tanque	4	78,96	10				9475	
Fondo	Tanque	4	148,05	10				17766	
Superior	Atmósfera tapa	4,65	148,05	10				20653	
Babor	Tanque	4	14,7	10				1764	
Estribor	Agua de mar costado	15	14,7	5				7718	
Aceite									
Mamparo proa	Tanque	4	66,36	10	61	10	2518	13537	204461
Mamparo popa	Tanque	4	66,36	10				13537	
Fondo	Agua de mar fondo	2,4	462,15	5				62113	
Superior	Bodega	4	462,15	10				94279	
Babor	Agua de mar fondo	2,4	54,6	5				7338	
Estribor	Tanque	4	54,6	10				11138	
Lodos									
Mamparo proa	Tanque	4	66,36	10	60	10	199	13537	40725
Mamparo popa	Tanque	4	66,36	10				13537	
Fondo	Agua de mar fondo	2,4	35,55	5				4778	
Superior	Bodega	4	35,55	10				7252	
Babor	Agua de mar fondo	2,4	4,2	5				564	
Estribor	Tanque	4	4,2	10				857	

Total	4963227
-------	---------

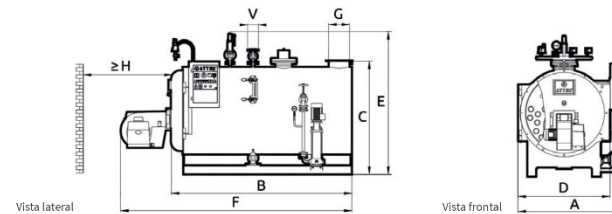
ANEXO 4. CATÁLOGO CALDERA GRUPO ATTSU



MODELO	PRODUCCIÓN DE VAPOR		POTENCIA TÉRMICA			CONSUMO DE COMBUSTIBLE*				PESO TRANSPORTE (Caldera de 8 bar)	SOBREPRESIÓN HOGAR		DIMENSIONES								SALIDA VAPOR (Caldera de 8 bar)
	kg/h	BHP	kW	kCal/h x 1000	Btu/h x 1000	Gas natural (10,83 kWh/Nm ³)	Propano LPG (12,86 kWh/kg)	Gasóleo Light Oil (10,28 kWh/l)	Fuelóleo Heavy Oil (11,08 kWh/kg)		mmbar/hPa	mm.c.a.	A	B	C	D	E	F**	G	H (desentubado)	
						Nm ³ /h	kg/h	l/h	kg/h			mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	V
RL-50/8	50	4	38	32.780	131	3,3	2,7	3,6	3,3	600	1,5	15	1.250	1.050	1.300	915	1.680	1.400	100	600	1/2"
RL-75/8	75	6	57	49.170	195	5	4	5	5	700	1,5	15	1.100	1.200	1.300	915	1.680	1.600	100	750	1/2"
RL-100/8	100	8	76	65.560	262	6,6	5,3	7,2	6,6	800	1,5	15	1.100	1.450	1.300	915	1.680	1.850	125	1.000	3/4"
RL-200/8	200	15	153	131.145	524	13,2	10,6	14,3	13,2	1.000	1,5	15	1.400	1.400	1.650	1.075	2.030	1.800	150	1.000	DN25
RL-300/8	300	23	229	196.718	782	20	16	22	20	1.200	2,5	25	1.400	1.800	1.650	1.075	2.030	2.300	150	1.000	DN25
RL-400/8	400	31	305	262.511	1.044	27	21	29	27	1.400	3	30	1.500	1.900	1.650	1.250	2.030	2.400	200	1.400	DN25
RL-500/8	500	38	382	327.955	1.306	33	27	36	33	1.600	3,5	35	1.500	2.200	1.650	1.250	2.030	2.800	200	1.700	DN25
RL-600/8	600	46	459	393.435	1.568	40	32	43	40	1.800	4	40	1.500	2.400	1.650	1.250	2.030	3.000	250	1.800	DN32
RL-800/8	800	61	607	522.053	2.072	53	43	57	53	2.200	5	50	1.700	2.200	1.700	1.550	2.080	3.100	250	1.600	DN40
RL-1000/8	1.000	77	758	652.566	2.588	66	53	72	66	2.400	6	60	1.700	2.600	1.700	1.550	2.080	3.500	300	1.900	DN40
RL-1250/8	1.250	96	949	816.565	3.239	83	66	89	83	3.000	4	40	1.850	2.700	2.000	1.650	2.380	3.600	300	2.000	DN50
RL-1500/8	1.500	115	1138	979.878	3.886	99	79	107	99	3.300	4,5	45	1.850	3.200	2.000	1.650	2.450	4.100	350	2.300	DN50
RL-1750/8	1.750	134	1327	1.142.869	4.534	116	93	125	116	3.500	5	50	1.950	3.000	2.100	1.750	2.650	4.000	400	2.200	DN65
RL-2000/8	2.000	153	1518	1.306.136	5.185	132	106	143	132	4.000	6	60	1.950	3.200	2.100	1.750	2.650	4.200	400	2.300	DN65
RL-2500/8	2.500	192	1897	1.632.179	6.479	165	132	178	165	6.000	7	70	2.400	3.400	2.400	2.100	2.950	4.400	400	2.500	DN80
RL-3000/8	3.000	230	2275	1.957.392	7.769	198	158	214	198	6.500	8	80	2.400	3.900	2.400	2.100	2.950	5.100	450	3.000	DN80
RL-3500/8	3.500	268	2653	2.282.553	9.059	231	185	250	231	7.500	7,5	75	2.700	4.200	2.600	2.300	3.250	5.400	500	3.200	DN80
RL-4000/8	4.000	306	3032	2.608.632	10.353	264	211	285	264	9.000	9	90	2.700	4.500	2.600	2.300	3.250	5.700	500	3.500	DN100
RL-5000/8	5.000	383	3793	3.262.319	12.950	330	264	356	330	11.000	9	90	2.900	4.500	2.900	2.500	3.550	5.700	550	3.500	DN100

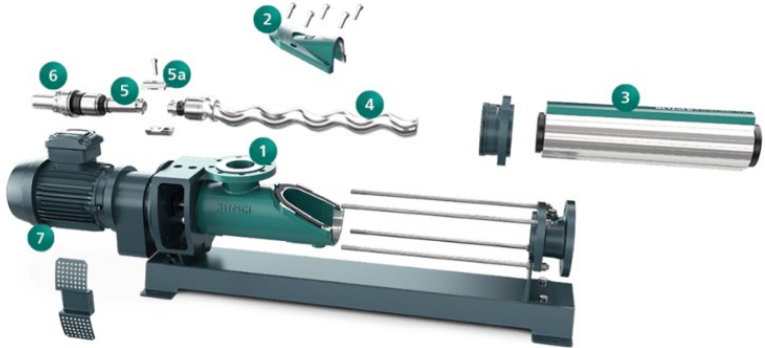
*Producción nominal de vapor a 8 bar y con alimentación de agua a 103 °C.

**Variable según marca de quemador y tipo de combustible.



ANEXO 5. CATÁLOGO BOMBAS DE TORNILLO AUTOCEBANTES

Name	Pressure max. (bar)	Capacity min. (m ³ /h)	Capacity max. (m ³ /h)	Speed (rpm)
NM045 BY	24	up to	20	550
NM053 BY	24	up to	30	550
NM063 BY	24	up to	40	550
NM076 BY	24	up to	60	550
NM090 BY	24	4,0	90	450
NM105 BY	18	5,0	150	350



ANEXO 6. CATÁLOGO DE BOMBAS CENTRÍFGAS

1480 RPM

