



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

**Trabajo Fin de Grado**  
**CURSO 2019/20**

---

*OFFSHORE JACK-UP INSTALLATION VESSEL*

---

**Grado en Ingeniería Naval y Oceánica**

**ALUMNO**

Antonio Melo Bello

**TUTOR**

Marcos Míguez González

**FECHA**

Septiembre 2020

# 1 RPA

## **PROYECTO NÚMERO 1920-28**

### **TIPO DE BUQUE:**

OFFSHORE JACK-UP INSTALLATION VESSEL

### **CLASIFICACIÓN, COTA Y REGLAMENTOS DE APLICACIÓN:**

DNV GL 1 A 1 SELF-ELEVATING WIND TURBINE INSTALLATION, SOLAS, MARPOL

### **CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA:**

AEROGENERADORES

8000 TPM

### **VELOCIDAD Y AUTONOMÍA:**

10KN- VELOCIDAD DE TRÁNSITO (85% MCR, 10% MM)

12KN-MÁXIMA

30 DÍAS en operación

### **SISTEMAS Y EQUIPOS DE CARGA / DESCARGA:**

GRÚA PARA IZAMIENTO DE LA CARGA

JACK UP SYSTEM- DOBLE ANILLO PARA CONTINUAR OPERACIÓN

### **PROPULSIÓN:**

PRINCIPAL: 4 AZIMUTH THRUSTERS

PROPULSIÓN DIÉSEL ELÉCTRICA

BOW TUNNEL THRUSTERS: 3

### **TRIPULACIÓN Y PASAJE:**

90 OPERARIOS

### **OTROS EQUIPOS E INSTALACIONES:**

HELIPUERTO, AUXILIAR DE IZAMIENTO



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

**TRABAJO FIN DE GRADO  
CURSO 2019/20**

---

*OFFSHORE JACK-UP INSTALLATION VESSEL*

---

**Grado en Ingeniería Naval y Oceánica**

**Cuaderno 10**

**PLANTA PROPULSORA Y SISTEMAS AUXILIARES**

## Contenido

1 RPA .....	2
2 Introducción .....	6
3 Justificación del motor propulsor .....	7
3.1 Thrusters de Popa .....	7
3.2 Thrusters de Proa .....	8
3.3 Propulsión Total.....	9
4 Potencia del sistema de Elevación.....	11
5 Elementos y Sistemas Auxiliares .....	12
5.1 Generadores Principales (Servicio de Combustible) .....	12
5.2 Capacidad de los tanques de Combustible .....	14
5.2.1 Movimiento de las Patas y la Plataforma .....	14
5.2.2 Movimiento e Instalación de la Carga .....	16
5.2.3 Navegación.....	18
5.2.4 Consumos .....	18
5.3 Engine Data .....	20
5.4 Sistema de Diesel Oil (DO) .....	21
5.4.1 Sistema DO General.....	21
5.4.2 Sistema DO Interno .....	21
5.4.3 Lista de Equipos .....	22
5.4.4 Equipos .....	22
5.5 Arranque y sistema de Aire.....	25
5.5.1 Sistema de Aire interno.....	27
5.5.2 Sistema de Aire externo.....	29
5.5.3 Lista de Equipos .....	30
5.5.4 Cálculo de Equipos.....	30
5.6 Sistema de Lubricación.....	33
5.6.2 Sistema de lubricación interno .....	34
5.6.3 Sistema de Lubricación externo.....	34
5.6.4 Lista de Equipos .....	35
5.6.5 Cálculo de Equipos.....	35
5.7 Sistema de Exhaustación.....	38
5.7.2 Sistema Interno del Generador .....	39
5.7.3 Sistema Externo del Generador.....	39
5.7.4 Lista de Equipos .....	43

5.8 Sistema de Refrigeración por Agua .....	44
5.8.2 Calidad del Agua .....	44
5.8.3 Circuito de Agua .....	45
5.9 Boquilla de control de temperatura .....	51
5.9.1 Sistema de Control de Temperatura .....	51
5.9.2 Lista de equipos.....	51
5.10 Ventilación Cámara de Máquinas .....	52
5.10.1 Flujo para la combustión de los motores.....	52
5.10.2 Flujo de Aire para la evacuación de la emisión de calor.....	53
5.10.3 Cálculo del Flujo Total .....	55
6 Anexo.....	56
6.1 Tubo de Acero .....	56
6.2 Filtro Dúplex.....	57
6.3 Separador de Aceite .....	60
6.4 Bombas de Tornillo.....	66
6.5 Compresores .....	73
6.6 Planos CM .....	74
6.6.1 Elementos.....	75

## 2 INTRODUCCIÓN

En este cuaderno se va a dimensionar la cámara de máquinas, así como de los elementos esenciales de este espacio.

Para este dimensionamiento, se necesitan las siguientes justificaciones:

- Justificación de la potencia propulsora
- Justificación de la potencia generadora
- Sistemas auxiliares de los generadores/propulsión
- Estimación de consumo y justificación de la autonomía

La propulsión de este buque es Diésel Eléctrica, lo que significa que se tendrán unos motores generadores Diésel, para los cuales se tendrá que usar el PROJECT GUIDE de los mismos para dimensionar los diferentes sistemas auxiliares a estos motores generadores. Y, por otro lado, se tiene la propulsión, que se utilizan motores eléctricos para la impulsión del buque.

En el PROJECT GUIDE, vienen los cálculos de los sistemas auxiliares de los generadores para su dimensionamiento, que se verán reflejados a lo largo de este cuaderno.

En este cuaderno se hará una disposición aproximada de la cámara de máquinas, situando en ellas los diferentes sistemas auxiliares que se explicarán en este cuaderno.

Las principales dimensiones del buque son las siguientes:

DIMENSIONES Y CARACTERÍSTICAS		
ESLORA TOTAL (Loa)	134	m
ESLORA ENTRE PERPENDICUALRES (Lpp)	129,82	m
ESLORA EN LA FLOTACIÓN (Lwl)	133,43	m
MANGA (B)	38,7	m
PUNTAL (D)	11,57	m
CALADO (T)	6,215	m
Cb	0,812	
DESPLAZAMIENTO ( $\Delta$ )	26720	t
SUPERFICIE MOJADA	6203,899	m <sup>2</sup>
Cp	0,813	
Cm	0,999	
Cf	0,894	
VELOCIDAD trántiso	10	kn
VELOCIDAD máxima	12	kn
POTENCIA TOTAL INSTALADA	25200	kW

## 3 JUSTIFICACIÓN DEL MOTOR PROPULSOR

### 3.1 Thrusters de Popa

Para la propulsión del buque se utilizan motores eléctricos, los cuales han de poder suministrar la potencia de propulsión calculada en el Cuaderno 6. La potencia al freno se calculó para la velocidad máxima establecida en la RPA:

$$PB_{total_{12Kn}} = 6907,4 \text{ kW}$$

Como se ha explicado en el cuaderno 6, la potencia de los propulsores será de:

$$P_{motor \text{ prop}} = 2050 \text{ kW}$$

En la RPA se refleja el número de azimutales a instalar en el buque, de modo que se instalarán 4 azimutales, de manera que se dispondrá de 4 propulsores, uno para cada propulsor, siendo la potencia de propulsión de:

$$P_{propulsión} = 8200 \text{ kW}$$

Los motores propulsores están situados en la parte de popa del buque, en la cámara de propulsores y son alimentados los motores generadores de las cámaras de máquinas. Estos motores principales, serán los motores generadores del suministro eléctrico para todo el buque, de modo que una parte de esta generación de los motores principales es para la potencia propulsora. Para el funcionamiento de los generadores, se les suministra Diesel Oil (DO) procedente de los tanques de uso diario de DO situados en la parte superior de popa de cada cámara de máquinas.

Para el posicionamiento dinámico se utiliza aproximadamente un 80% de la potencia total propulsora. Con la disposición de los 4 propulsores, se podrá seguir operando en caso de fallo de uno de ellos, trabajando los 3 restantes al 100%, a pesar de que la potencia será un poco inferior al 80% de los 4, es decir:

$$Potencia_{DP_{total}} = 8200 * 80\% = 6560 \text{ kW}$$

$$Potencia_{DP_{3prop}} = 2050 * 3 = 6150 \text{ kW}$$

La diferencia de potencia entre los 3 propulsores funcionando al 100% y 4 funcionando al 80%, se considerará que es una diferencia muy pequeña y se podrá operar con 3 propulsores.

### 3.2 Thrusters de Proa

En la RPA se refleja que se dispondrá de 3 propulsores de proa para tener un posicionamiento adecuado para la correcta operación de las patas. De este modo, se escogerán unos propulsores que proporcionen un empuje adecuado. El empuje será de aproximadamente 199kN por propulsor, este valor se obtuvo del buque base.

En primer lugar, se calcula el valor del empuje necesario para el buque en los propulsores de proa de la siguiente manera:

Según “El proyecto Básico del Buque Mercante”, se tiene que el empuje que debe proporcionar el empujador depende del tipo de buque, del área lateral proyectada de la obra viva y muerta del buque.

Unos valores medios recomendados son los siguientes:

Tipo de buque	Kg/m <sup>2</sup> de obra viva	Kg/m <sup>2</sup> de obra muerta
Ferry y Pasaje	9 a 14	4 a 8
Carga, remolcador	6 a 9	4 a 8
Petrol., Granelero	5 a 7	3 a 6
Dragas	9 a 12	4 a 8

Se escoge el valor medio para la obra viva de buques de carga, siendo el valor de 7,5 Kg/m<sup>2</sup>

Este valor, se convierte a kN/m<sup>2</sup>:

$$F = 7,5 \frac{Kg}{m^2} = 7,5 * \frac{9,81}{1000} = 0,074 \text{ kN/m}^2$$

Con este valor se calcula el empuje, conociendo la eslora entre perpendiculares (129'8m) y el calado (6'215m) (Este calado es el correspondiente al desplazamiento de máxima carga calculado en cuaderno previos).

Con estos valores se tiene el siguiente empuje:

$$\text{Empuje} = 0,074 * 129,8 * 6,215 = 60 \text{ kN}$$

Este valor es bastante inferior a los 199kN por cada propulsor transversal en el buque base, de manera que se escogerán unos propulsores capaces de proporcionar al menos los 199kN que se toman como referencia del buque base. Se hace esta elección debido a la similitud de formas del buque proyecto con el buque base.

La potencia para cada propulsor será:

$$\text{Empuje} = 199 \text{ kN} = 199 * \frac{1000}{9,81} = 20285 \text{ Kg}$$

En el libro “El proyecto Básico del Buque Mercante”, se establece que la relación entre el empuje y la potencia es de 11Kg por cada HP, de manera que, para este empuje, se tendrá una potencia de:

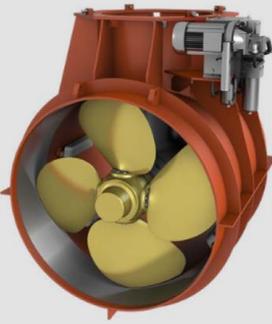
$$P_{\text{propulsor}} = \frac{20285 \text{ Kg}}{11 \frac{Kg}{HP}} = 1844,13 \text{ HP} = 1356,36 \text{ kW}$$

Como se ha mencionado, se busca un propulsor de características similares al del buque base, de manera que se entra en un catálogo buscando un propulsor con esa potencia aproximada y un diámetro de 2200mm, puesto que el buque base lleva el siguiente modelo de propulsor:

Rolls Royce TT 2200 DPN CP 199kN

De catálogo se tiene el siguiente propulsor:

Thruster type	Maximum Power <sup>1</sup> Manoeuvring AUX (kW)	Dynamic Positioning DP (kW)	Propeller Diameter (D) (mm)	Length (L) (mm)	Weight <sup>2</sup> (kg)
CT/FT 125 H	614	603	1250	1550	2820
CT/FT 150 H	880	789	1500	1800	4200
WTT-11	1100	1000	1750	1970	5672
WTT-14	1450	1300	2000	2195	8050
<b>WTT-16</b>	<b>1650</b>	<b>1475</b>	<b>2200</b>	<b>2115</b>	<b>11300</b>
WTT-18	1850	1825	2200	2275	12250
WTT-21	2100	1825	2400	2275	12975
WTT-24	2400	2150	2600	2390	13775
WTT-28	2800	2400	2800	2970	20029
WTT-32	3200	2800	3000	3150	25142
WTT-36	3600	3200	3200	3350	29530
WTT-40	4000	3600	3400	3520	30500
WTT-45 <sup>3</sup>	4500	4050	3600	3950 <sup>4</sup>	35350 <sup>4</sup>
WTT-55 <sup>3</sup>	5500	4900	4000	4300 <sup>4</sup>	47650 <sup>4</sup>



<sup>1</sup> Maximum power level is valid for uni-directional rotation (CPP).  
<sup>2</sup> Depending on propeller type, net frequency and class society, different power levels may apply.  
<sup>3</sup> Version with CP propeller including a standard tunnel with E-motor support, excluding E-motor.  
<sup>4</sup> Available on request.  
<sup>5</sup> Preliminary values.

Se selecciona un propulsor con un diámetro similar al del buque base como se ha explicado, y con una potencia superior a la calculada.

Las características son las siguientes:

$$P_{m\acute{a}x} = 1650 \text{ kW}$$

$$P_{DP} = 1475 \text{ kW}$$

La potencia máxima es algo superior a la calculada, pero la potencia DP se ajusta más. Del modo inverso al que se calculó la potencia a partir del empuje, se calcula el empuje a partir de la potencia:

$$P_{DP} = 1475 \text{ kW} = 2005,5 \text{ HP}$$

Siendo el valor de 11Kg por cada HP:

$$\text{Empuje} = 2005,5 \text{ HP} * 11 \frac{\text{Kg}}{\text{HP}} = 22060 \text{ Kg} = 216,4 \text{ kN}$$

El empuje en condición de posicionamiento dinámico es un empuje muy similar al del buque base, de manera que se considerarán los propulsores seleccionados en el catálogo.

En la tabla se especifica la potencia cuando se utiliza el posicionamiento dinámico:

$$P_{proaDP} = 4425 \text{ KW}$$

### 3.3 Propulsión Total

La potencia total de propulsión será:

- Potencia de Navegación:

$$P_{propulsión} = 8200 \text{ kW}$$

- Potencia de Posicionamiento Dinámico (DP)
  - Potencia Popa

$$P_{PopaDP} = 6560 \text{ kW}$$

- Potencia Proa

$$P_{proaDP} = 4425 \text{ KW}$$

- Total DP

Para el total, se van a considerar que todos los propulsores funcionan de manera simultánea como condición más desfavorable.

$$P_{DPtotal} = 10985 \text{ kW}$$

## 4 POTENCIA DEL SISTEMA DE ELEVACIÓN

Para la potencia de elevación, los cálculos se han realizado en el cuaderno 12, de manera, que se tienen los siguientes resultados:

$$P_{\text{elevación patas}} = 3260 \text{ kW}$$

$$P_{\text{elevación plataforma}} = 7737 \text{ kW}$$

Para la potencia, se han tenido en cuenta estos dos valores, puesto que el buque en el momento que están subiendo las patas está empleando el posicionamiento dinámico, por tanto, para calcular la potencia máxima, se tendrán en cuenta los consumidores en el momento más desfavorable de la operación del buque, y en ese caso, se usará la potencia de elevación de las patas, pero para otras condiciones de consumo, se tendrá en cuenta la potencia máxima para la que se diseña el grupo.

## 5 ELEMENTOS Y SISTEMAS AUXILIARES

Para el correcto funcionamiento de los generadores será necesario disponer de una serie de equipos auxiliares, que se resumen a continuación:

- Servicio de Refrigeración
  - Bombas
  - Intercambiadores
  
- Servicio de Combustible
  - Bombas de Trasiego
  - Bombas de Alimentación
  - Bombas de uso diario
  
- Servicio de Lubricación
  - Tanques almacén
  - Bombas
  
- Servicio de arranque con Aire Comprimido
  - Equipos
  - Botellas
  - Compresores

### 5.1 Generadores Principales (Servicio de Combustible)

Los generadores principales irán dispuestos en dos cámaras de máquinas separadas por las cámaras de bombas. En cada cámara de máquinas se situarán 3 generadores, de manera que siempre funcionen el mismo número de motores simultáneamente en la medida de lo posible. La potencia total de generación del buque se ha calculado mediante rectas de regresión en base a buques similares que se especificaron en cuadernos previos, será la siguiente:

$$P_{referencia} = 22030,3 \text{ kW}$$

Como se vio previamente, se calculó la potencia aproximada de la propulsión en posicionamiento dinámico y la potencia del grupo hidráulico para el sistema de elevación, teniendo la siguiente potencia:

$$P_{DPtotal} = 11435 \text{ kW}$$

$$P_{grupo} = 7850 \text{ kW}$$

$$P = 19285 \text{ kW}$$

Como se ve, la potencia máxima es inferior a la potencia de elevación y de posicionamiento dinámico, pero a ellos se le tendrán que sumar consumidores eléctricos que no se han tenido en cuenta (consumidores de la habitación, de cámara de bombas...), y se tiene en la RPA un MCR del 85%, por tanto, los generadores tienen que dar como mínimo la potencia de referencia a dicho porcentaje de MCR.

El modelo seleccionado es de Kongsberg Bergen B33:45L7A

$$P_{motor} = 4200 \text{ kW}$$

$$P_{totalinstalada} = 25200 \text{ kW}$$

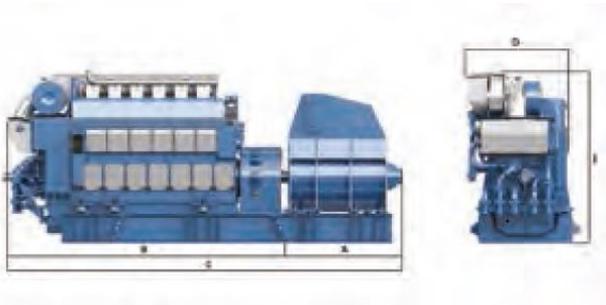
La potencia al porcentaje del 85% del MCR se tiene que poder dar con toda la planta generadora:

$$P_{generadores} = 21420 \text{ kW}$$

A continuación, se muestra la información del generador:

B33:45L7A

Bergen B33:45L



### Principal dimensions

Cylinder diameter 330mm. Piston stroke 450mm.

Engine type	A	B	C	D	E	Weights dry		
						Engine**	Alternator	Total
B33:45L6A	3410	5870	9280	2431	4100	46000 kg	18200 kg	64200 kg
B33:45L7A	3410	6405	9815	2431	4100	53100 kg	19600 kg	72700 kg
B33:45L8A	3505	6940	10445	2488	4250	60100 kg	21000 kg	81100 kg
B33:45L9A	3505	7475	10980	2488	4250	67100 kg	22300 kg	89400 kg
B33:45V12A*	4033	6870	10900	3140	4800	85000 kg	25000 kg	110000 kg

### Technical data

Engine type		B33:45L6A	B33:45L7A	B33:45L8A	B33:45L9A	B33:45V12A*
Number of cylinders		6	7	8	9	12
Engine speed	r/min	720/750	720/750	720/750	720/750	720/750
Mean piston speed	m/s	10.8/11.2	10.8/11.2	10.8/11.2	10.8/11.2	10.8/11.2
Max. cont. rating (MCR)	kW	3600	4200	4800	5400	7200
Max. cont. rating altern, ( $\eta=0.97$ )	kW	3492	4074	4656	5238	6950
Max. cont. rating altern, ( $\text{Cos}\phi=0.8$ )	kVA	4365	5093	5820	6548	8690
Max. cont. rating altern, ( $\text{Cos}\phi=0.9$ )	kVA	3880	4526	5173	5820	7722
Mean effective pressure (BMEP)	bar	26/25	26/25	26/25	26/25	26/25
Specific fuel consumption	g/kWh	177	177	177	177	176
Specific lub. oil consumption	g/kWh	0.5	0.5	0.5	0.5	0.8
Cooling water temp. engine outlet	°C	90	90	90	90	90

## 5.2 Capacidad de los tanques de Combustible

Para calcular el combustible necesario para los 30 días de operación establecidos en la RPA será necesario calcular la potencia necesaria aproximada para cada tipo de operación.

Se van a distinguir las siguientes operaciones:

- Movimiento de las patas y la plataforma
- Navegación a la Velocidad Máxima
- Movimiento e Instalación de la Carga

Se estima que el buque tendrá capacidad para cargar más aerogeneradores cuando éste ya haya instalado todos los que llevase a bordo.

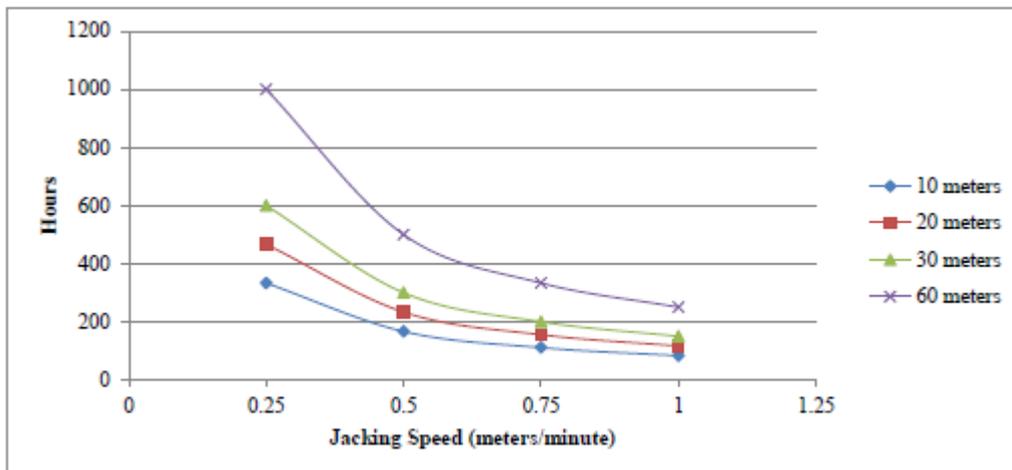
### 5.2.1 Movimiento de las Patas y la Plataforma

En este apartado se calculará el tiempo aproximado de elevación (incluyendo bajada de las patas, elevación de la plataforma y la bajada de las patas y la plataforma), con los datos utilizados previamente de las velocidades de las patas y la plataforma calcularemos el tiempo estimado para esta operación.

- Velocidad de elevación de la plataforma de  $24 \frac{m}{h} = 0,4 \frac{m}{min}$
- Velocidad de descenso de la plataforma de  $30 \frac{m}{h} = 0,5 \frac{m}{min}$
- Velocidad de movimiento de las patas de  $40 \frac{m}{h} = 0,67 \frac{m}{min}$

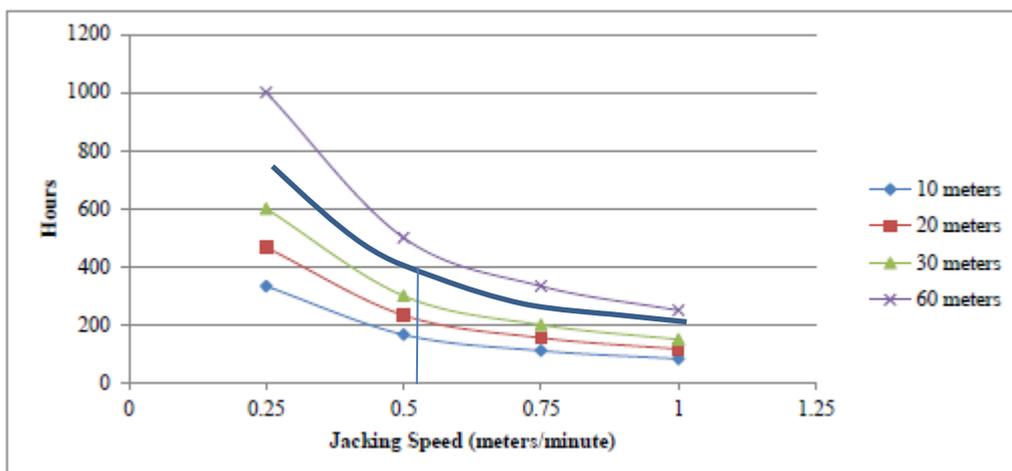
De estos datos, se tiene una velocidad media de operación de unos  $0,52 \frac{m}{min}$

Del Documento "Offshore Wind Turbine Transportation & Installation Analyses" se tiene la siguiente estimación en base a la velocidad de operación y la profundidad máxima de operación:



Como se indicó previamente en otros cuadernos, la profundidad máxima de operación será de aproximadamente 40 metros.

En la gráfica no está reflejada la profundidad de 40 metros, pero se dibuja de forma aproximada:



Como se ve en la representación aproximada para 40 metros de profundidad, para la velocidad de  $0,52 \frac{m}{min}$  mencionada previamente, se tiene un tiempo de operación de 400h por cada 100 aerogeneradores, de modo que el tiempo por aerogenerador será de  $4 \frac{h}{aerogen}$ . La capacidad de aerogeneradores depende del tipo de generador que se transporte, ya que las diferencias de peso hacen que varíe el número de aerogeneradores a transportar. Estimando la carga como de 6 aerogeneradores, se tiene un tiempo total de operación de 24 horas.

Para la potencia que se necesitará, se tiene en cuenta la potencia calculada previamente

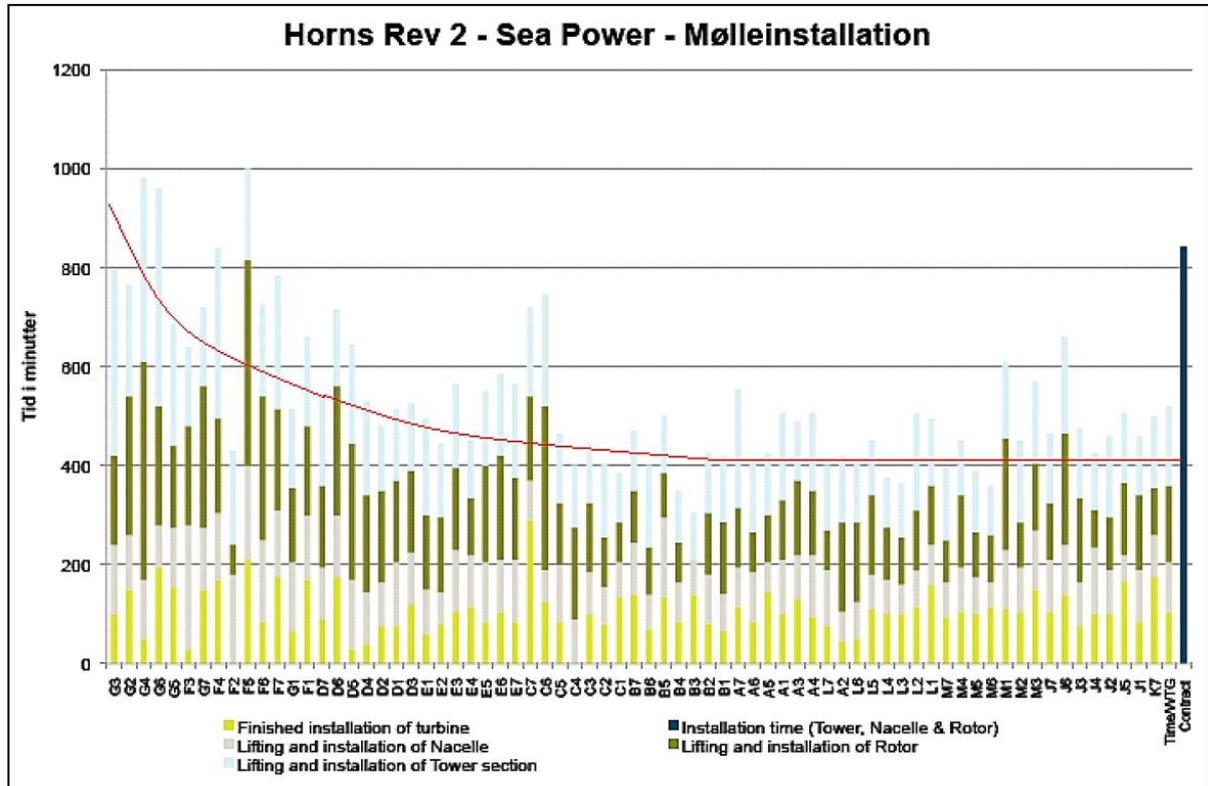
$$P_{elevación} = 19250,4 \text{ kW}$$

Este proceso se estima que se realizará un total de 7 veces.

### 5.2.2 Movimiento e Instalación de la Carga

En este apartado se estimará de forma aproximada los tiempos para el izado y la instalación de los diferentes elementos de la carga. Para ello, se ha utilizado el mismo documento que para el caso anterior.

Del documento se extrae la siguiente gráfica:



El eje y representa el tiempo en minutos para la instalación y en el eje x, son las diferentes etapas de la instalación. La curva roja es la curva de aprendizaje, es decir, en este apartado se tendrá en cuenta que la experiencia en el montaje de esta carga influye de manera bastante significativa en el tiempo de instalación.

El documento para explicar la curva de aprendizaje expone que para una etapa temprana como puede ser la G3, puede llevar instalar una misma torre unos 400 minutos, mientras que, para etapas más avanzadas, este tiempo puede reducirse hasta 100 minutos para etapas más avanzadas.

De manera aproximada, se tienen los siguientes datos:

- Torre → 250 min
- Rotor → 200 min
- Pala →  $30 \frac{\text{min}}{\text{pala}}$  (90 min total)
- Nacelle → 150 min

Tiempo total:

$$Tiempo_{aerogen} = 690 \text{ min} = 11,5 \text{ horas}$$

$$Tiempo_{6aerogen} = 69 \text{ horas} \cong 3 \text{ días}$$

Como se mencionó previamente, el buque podrá recibir carga para continuar con la instalación, de modo que, en ese caso, habría que sumar el tiempo que tarda el buque en cargar los aerogeneradores. El tiempo de carga de los aerogeneradores se estima como aproximadamente la mitad del tiempo de izamiento e instalación, y será de:

$$Tiempo_{movimiento} = 36 \text{ horas}$$

Se estima una repetición del proceso, de 4 veces el montaje de los 6 aerogeneradores y 3 estibas de aerogeneradores.

La potencia en este caso se estima con las grúas para la operación de carga y para los equipos que puedan estar funcionando en este momento, como en el apartado anterior, se tomará de 2000kW extras.

Para la potencia de las grúas:

- Grúa principal

Liebherr MTC 78000

Con capacidad máxima de 1600 t @ 35m de radio

4000 kW

- Grúa Auxiliar

Se especifican los datos en el Cuaderno 12.

Liebherr MTC 2600 -100

Capacidad-100t @ 30.00 m

750 kW

La potencia es, por tanto:

$$P_{grúas} = 4750 \text{ kW}$$

Se estima un factor de potencia y régimen de las grúas de un 0'25, de manera que la potencia de trabajo de las grúas será menor a la máxima:

$$P_{grúas0'25} = 1187,5 \text{ kW}$$

En el cuaderno 11, se tiene la potencia calculada para la condición de instalación que se muestra en el punto 5.2.4 , donde se tiene en cuenta un margen.

$$P_{instalación} = 6440,4 \text{ kW}$$

### 5.2.3 Navegación

En este apartado se calcula el tiempo y la potencia para la navegación del buque según la máxima velocidad establecida en la RPA (12kn).

Se estima que la distancia a uno de los parques eólicos definidos es de  $\approx 925,6$  millas

Para ese trayecto a 12kn, se necesita un tiempo aproximado de:

$$T_{ida} = T_{vuelta} = 3,2 \text{ días}$$

Del cuaderno 11, se tiene que la potencia total en la condición de propulsión, se tiene:

$$P_{navegación} = 10645 \text{ kW} \approx 11000 \text{ kW}$$

Se estima que el buque estará en navegación 5 horas para instalar el siguiente aerogenerador, ya que puede que necesite cambiar un aerogenerador que no se encuentre en la zona colindante al instalado previamente.

### 5.2.4 Consumos

Para saber el consumo total de combustible, hay que tener en cuenta el tiempo indicado para cada operación del buque con su respectiva potencia. Las potencias son las indicadas previamente, pero en el Cuaderno 11, se verá si las consideraciones son válidas para el dimensionamiento de los tanques.

El consumo de los motores es de  $177 \frac{g}{kW \cdot h}$

Viaje:

- Navegación (Ida y Vuelta)
  - 3,2 días = 76,8 horas
  - 2 (ida y vuelta)
  - 11000 kW
  - $Consumo = 177 * 11000 * 76,8 * 2 * 10^{-6} = 299,1 \text{ t}$
  
- Instalación
  - Sistema de Elevación
    - 24 horas
    - 4 repeticiones
    - 19250,4 kW
    - $Consumo = 177 * 24 * 4 * 19250,4 * 10^{-6} = 327,11 \text{ t}$
  - Instalación
    - 69 horas
    - 4 repeticiones
    - 6440,4 kW
    - $Consumo = 177 * 69 * 4 * 6440,4 * 10^{-6} = 314,63 \text{ t}$
  - Navegación
    - 30 horas
    - 4 repeticiones
    - 11000 kW
    - $Consumo = 177 * 30 * 4 * 11000 * 10^{-6} = 233,64 \text{ t}$
  - Total
    - $Tiempo = 492 \text{ h} = 20,5 \text{ días}$
    - $Consumo = 875,38 \text{ t}$

- Reabastecimiento de la carga
  - Sistema de elevación
    - 4 horas
    - 3 repeticiones
    - 19250,4 kW
    - $Consumo = 177 * 4 * 3 * 19250,4 * 10^{-6} = 41 t$
  - Maniobra de la carga para la estiba
    - 36 horas
    - 3 repeticiones
    - 6440,4 kW
    - $Consumo = 177 * 36 * 3 * 6440,4 * 10^{-6} = 124 t$
  - Total
    - $Tiempo = 120 horas = 5 días$
    - $Consumo = 165 t$
- Total
  - $Consumo = 1339,5 t$
  - $Tiempo = 31,9 días$
  - $Consumo_{día} = 42 \frac{t}{día}$

Se pasa un poco del tiempo de operación de lo estipulado en la RPA, pero se ha estimado el tiempo de operación del buque para el destino más alejado, de manera que para otros destinos (que se han mencionado en el cuaderno 1, variará el tiempo de operación debido a la distancia de destino, y también se podría ajustar, variando el número de reabastecimientos de carga.

$$DO = 1339,5 t$$

$$Vol = \frac{1329,5}{0,85} = 1576 m^3$$

Estos valores de consumo son los utilizados para dimensionar los tanques en el Cuaderno 4. En el Cuaderno 11, se hace la comprobación de que las estimaciones realizadas son válidas, y por tanto, que el dimensionamiento de los tanques sea el adecuado.

## 5.3 Engine Data

### Technical data:

Fuel type  
Application

B33:45 L7P  
MDO  
Marine Propulsion

### Drawing No.:

Project No.:

Engine No.:

Yard/Power plant:

#### Engine data:

Number of cylinders	-	7
Cylinder bore	mm	330
Piston stroke	mm	450
Rated power (MCR), engine	kW	4200
Mean effective pressure	bar	24,9
Rated speed	RPM	750
Mean piston speed	m/s	11,25
Displacement	l	38,49

#### Fuel oil data:

Specific fuel consumption	g/kWh	177
Fuel consumption at MCR	l/h	921
Fuel feed pump capacity	l/h	4900
Daytank, 24hrs operation	m <sup>3</sup>	22

#### Nozzle oil data:

Nozzle oil	-	SAE 40
Pressure normal (+, -0,2)	bar	2
Alarm, pressure low	bar	1
Temp, normal (+- 5)	°C	90

#### Start air data:

Start air pressure, max./min.	bar	30/20
Air consumption per. start	m <sup>3</sup> /n	4,5
No of starts, 2500l receiver	-	7
No of starts, 1500l receiver	-	4

#### Lubrication data:

Lubrication oil	-	SAE 40
Main pump capacity	m <sup>3</sup> /h	89
Priming pump capacity	m <sup>3</sup> /h	15
Lab. oil pressure:		
-normal	bar	4-5
-alarm, pressure low	bar	2,5
-start, stand-by pump	bar	0
-shut-down, pressure low	bar	1,7
Lab. oil temp engine inlet:		
-normal	°C	60
-alarm, temp high	°C	70
Spec. lub. oil consumption	g/kWh	0,8
Lab. oil consumption	kg/h	3,4
Crankcase, lub. oil volume:		
-high level	l	2560
-low level	l	2100
-dry sump, system tank	l	0

#### Jacket water waste heat recovery:

Waste heat, 100% load	kW	1593
Waste heat, 80% load	kW	1108
Waste heat, 50% load	kW	525

#### Cooling water data:

Two-stage charge air cooler:		
-Low temp. stage:		
-temp. at inlet, max	°C	37
-water flowrate, normal	m <sup>3</sup> /h	69
-water flowrate, max	m <sup>3</sup> /h	-
-High temp. stage:		
-water flowrate, normal	m <sup>3</sup> /h	74
Jacket water system:		
-pump capacity	m <sup>3</sup> /h	-
-normal stop/shut-down	bar	1,0
-water quantity, engine block	l	
-Temp. at engine outlet		
-normal	°C	90
-alarm, temp. high	°C	95
-shut-down, temp. high	°C	98
-temp. rise in engine, max	°C	8
-incl. high temp. ca-cooler	°C	25
-Expansion tank:		
-volum, single-engined	l	300
-volum, multi-engined	l	500
-height above engine	m	3-10

#### Air data:

Turbocharger type	ABB	A150-M
Charge air cooler type	-	-
Air consumption	m <sup>3</sup> /h	21806
Air consumption	kg/h	28140
Charge air pressure	bar	4,2
Charge air temperature:		
-normal	°C	55
-alarm, temp high	°C	65
Turbocharger speed alarm	rpm	

#### Exhaust data:

Mass flow	kg/h	28933
Volume flow, after turbin	m <sup>3</sup> /h	49644
Temp, after cylinder	°C	405
Temp, after turbine	°C	330
Back pressure, max	mmWG	300
Part load data:		
-Mass flow, 90% load	kg/h	24978
-Temp, after turbine	°C	340
-Mass flow, 80% load	kg/h	22033
-Temp, after turbine	°C	360
-Mass flow 50% load	kg/h	12699
-Temp, after turbine	°C	445

#### Heat dissipation:

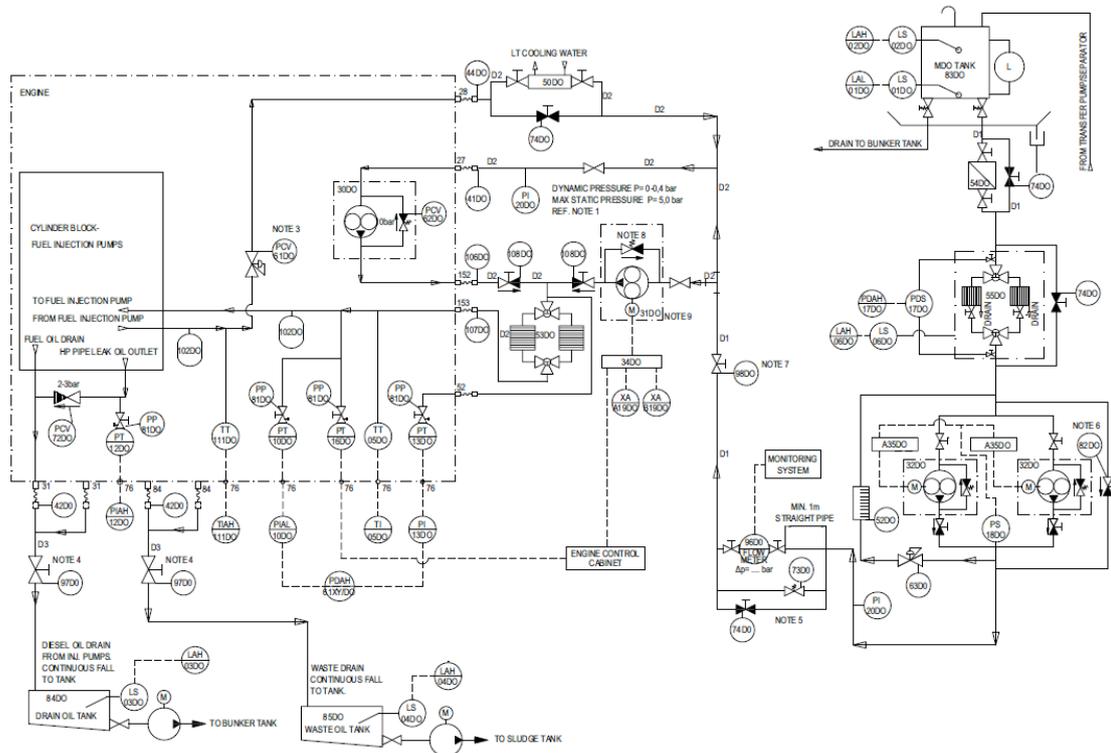
Lubrication data:		
Lab. oil cooler	kW	513
Cooling water data:		
Low temp. stage	kW	362
High temp. stage	kW	1132
Jacket water cooler:		
-Heat dissipation, engine	kW	461
-incl. high temp. ca-cooler	kW	1593
Ventilation data:		
Radiation engine	kW	163

## 5.4 Sistema de Diesel Oil (DO)

A continuación, se muestra un sistema de servicio de combustible para los generadores utilizados en el buque:

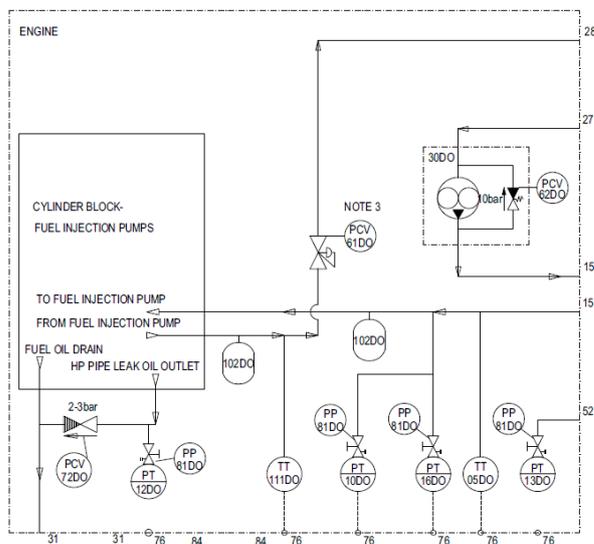
### 5.4.1 Sistema DO General

En este apartado, se muestra el sistema de DO desde el tanque de uso diario hasta el motor:



### 5.4.2 Sistema DO Interno

En este apartado se muestra el sistema de DO del generador:



### 5.4.3 Lista de Equipos

A continuación, se muestra la lista de equipos para el sistema de DO. El esquema general es para múltiples generadores. Aplicable para generadores en línea

EQUIPMENT LIST										GENERAL NOTES	
1110D	1/E	TEMPERATURE TRANSMITTER	TI/4H	FROM FUEL INJECTION PUMP	E	RR	RR				• D12/3...7 REFERS TO PIPE SIZES. PIPE SIZE ARE PROJECT SPECIFIC AND THEREFORE NOT LISTED IN THIS DRAWING. • SEE DRW. NO.: B 1175/02 FOR ARMATURE SYMBOL CHART.
1080D	2	NON RETURN VALVE		FROM EL PUMP	P	-	O				
1070D	1	HOSE		FROM EL FULE PUMP	E	RR	O				<b>NOTES</b> 1. DAY TANK TO BE PLACED IN SUCH A WAY THAT THE FUEL IS GRAVITY FED TO THE ENGINE UNDER ALL CONDITIONS, ALSO UNDER MAX. CONSTANT HEEL OR TRIM. THE PRESSURE AT FUEL BOOSTER PUMP, 30DO, INLET TO BE 0-0.4 BAR AT 100% ENGINE POWER. IF THE DYNAMIC PRESSURE WILL BE LESS THAN 0 BAR, AN ADDITIONAL ELECTRICAL FEEDER PUMP, 32DO, IS REQUIRED, ELECTRICAL FEEDER PUMP, 32DO, IS REQUIRED, ESPECIALLY WHEN A FLOW METER IS INSTALLED. PRESSURE LOSS IN FLOWMETER NORMALLY ADDS UP TO APPROX. 0.2 BAR. 2. FUEL CONSUMPTION = ... L/H*ENG. FUEL VELOSITES: MAX 0.5 M/S IN PRESSURE PIPES. - MAX 0.5 M/S IN SUCTION PIPES. 3. PRESSURE CONTROL VALVE, 61DO, TO BE ADJUSTED TO 7 BAR. 4. IN MULTI-ENGINE INSTALLATIONS, WHICH ARE SUPPLIED FROM THE SAME FUEL SOURCE AIR, A MEANS OF ISOLATING THE FUEL SUPPLY TO INDIVIDUAL ENGINES IS TO BE PROVIDED. THIS MUST NOT AFFECT THE OPERATING OF OTHER ENGINES. VALVES MUST BE OPERABLE FROM A POSITION NOT RENDERED INACCESSIBLE BY A FIRE ON ANY OF THE ENGINES. MANUALLY OPERATED VALVES MUST BE LOCATED MIN. 5 METERS AWAY FROM ENGINE, OTHERWISE REMOTE OPERATED VALVES MUST BE INSTALLED. 5. FLOWMETERS OF POSITIVE DISPLACEMENT TYPE SHALL BE FITTED WITH MEANS PREVENTING IMMEDIATE LOSS OF FUEL SUPPLY IN CASE OF BLOCKAGE IF THIS WILL LEAD TO LOSS OF PROPULSION PLANT OR AUXILIARY POWER. 6. A VALVE TYPE WITH MINIMAL OPENING PRESSURE MUST BE USED TO ENSURE FUEL SUPPLY IN CASE OF BLACKOUT. 7. TO BE INSTALLED AS CLOSE AS POSSIBLE TO PUMP INLET. 8. PRESSURE RELIEF VALVE SETPOINT: 8.5 BAR 9. 31DO STAND-BY PUMP MUST NOT BE RUNNING AT THE SAME TIME AS ENGINE DRIVEN PUMP 30DO.
1060D	1	HOSE		FROM EL FUEL PUMP	E	RR	O				
1020D	2	PULSATION DAMPERS			E	RR	O				
980D	1	CLOSING VALVE			P	-	O				
970D	2/E	ISOLATING VALVE		SCREW DOWN TYPE VALVE, SEE NOTE 4	P	O	O				
960D	/E	FLOWMETER			ER	-	O				
850D	-	WASTE OIL TANK			ER	O	O				
840D	-	DRAIN OIL TANK			ER	O	O				
830D	-	DIESEL OIL DAY TANK			ER	O	O				
820D	1	NONRETURN VALVE	SEE NOTE 6		P	O	O				
810D	/E	TEST COCK WITH FLANGE			E	RR	RR				
740D	-	BYPASS VALVE			P	O	O				
730D	/E	SAFETY VALVE	IF 32DO, SEE NOTE 5	AUT. BYPASS WHEN CLOGGED FLOWMETER	P	O	O				
720D	1/E	NONRETURN VALVE		IF 31DO	E	RR	RR				
630D	1	PRESSURE REGULATING VALVE		SEE NOTE 1	P	O	O				
620D	1/E	SAFETY RELIEF VALVE		INTERNAL ON PUMP	E	RR	RR				
610D	1/E	PRESSURE REGULATING VALVE	2-7 bar	SEE NOTE 3	E	RR	RR				
550D	-	FILTER INCL. WATER AND DIFF PRESS IND.		MESH 50-100 MICRON	P	O	O				
540D	1	STRAINER	MESH 0.5 mm		P	O	O				
530D	1/E	DIESEL OIL FILTER, DUPLEX	7-10 MICR.		ER	RR	RR				
520D	1	RIBBED TUBE COOLING RADIATOR			P	O	O				
500D	1/E	HEAT EXCHANGER		DN	ER	RR	RR				
440D	1/E	HOSE			E	RR	O				
420D	4/E	HOSE			E	RR	O				
410D	1/E	HOSE			E	RR	O				
A350D	2	PUMP STARTER		FEEDER PUMP	ER	-	O				
340D	1/E	PUMP STARTER		ST-BY PUMP	ER	-	O				
320D	2	FUEL OIL PUMP EL. DRIVEN	FEEDER PUMP	...m3h ...BAR SEE NOTE 4	ER	-	O				
310D	1/E	FUEL OIL PUMP EL. DRIVEN	ST-BY PUMP	...m3h ...BAR	ER	RR	O				
300D	1/E	FUEL OIL PUMP ENGINE DRIVEN/FUEL BOOSTER PUMP		...m3h ...BAR	E	RR	RR				
200D	/E	MANOMETER		0.5 BAR	P	O	O				
B190D	1	RELAY CONTACT, FROM STARTER CABINET	XA	MOO ST. BY PUMP STARTER FAILURE	PS	-	O				
A190D	1	RELAY CONTACT, FROM STARTER CABINET	XA	AUTO START MOO STAND BY PUMP	PS	-	O				
180D	1	PRESSURE SWITCH	PS		P	O	O				
170D	1	PRESSURE DIFF. SWITCH	PD/4H		P	O	O				
160D	1	PRESSURE TRANSMITTER		AUTO START STAND-BY PUMP	E	RR	RR				
130D	1/E	PRESSURE TRANSMITTER	PI	PRESSURE BEFORE FILTER	E	RR	RR				
120D	1/E	PRESSURE TRANSMITTER	PIA/H	ALARM HIGH PRES. PIPE LEAKAGE	E	RR	RR				
100D	1/E	PRESSURE TRANSMITTER	PIA/L	INDICATE A ALARM LOW PRESSURE	E	RR	RR				
060D	-	LEVEL SWITCH/WATER DETECTOR	LAH	ALARM HIGH LEVEL WATER	RF	O	O				
050D	1/E	TEMP. TRANSMITTER	TI		E	RR	RR				
040D	1	LEVEL SWITCH	LAH	ALARM HIGH LEVEL	WOT	O	O				
030D	1	LEVEL SWITCH	LAH	ALARM HIGH LEVEL	DOT	O	O				
020D	1	LEVEL SWITCH	LAH	ALARM HIGH LEVEL	DT	O	O				
010D	1	LEVEL SWITCH	LAL	ALARM LOW LEVEL	DT	O	O				
ITEM NO	QUANTITY	EQUIPMENT		TEXT	INST. BY	DRW. BY	CHK. BY				

### 5.4.4 Equipos

En primer lugar, se dimensionan los tanques de uso diario, que están situados en la popa de cada cámara de máquinas. Para la capacidad de los tanques de uso diario es necesario conocer la potencia total de cada cámara de máquinas, como establece el project guide de Rolls-Royce, se calculará el tanque de uso diario para la potencia máxima total de cada cámara de máquinas para un uso de 24h.

#### Day tank (83DO)

Diesel oil is transferred to day tanks after centrifuging, from which fuel is supplied to the engines. A day tank capacity for 24 hours full load consumption is required for automatic operation together with level switches with alarms for high and low level. The temperature in the diesel day tank should be in the range 20 to 40 °C.

Los generadores tienen la siguiente potencia:

$$P_{total instalada} = 25200 \text{ kW}$$

De cuadernos previos, se tiene el dimensionamiento de los tanques de uso diario para 8 horas según se especifica en el DNV, la sociedad de clasificación indicada en la RPA de este proyecto, de manera que se empleará la capacidad de los tanques del Cuaderno 4.

A continuación, se muestran los cálculos:

$$\begin{aligned} \text{Peso Combustible} &= \text{Consumo motor} * \text{Autonomía} * (\text{BKW} * N^{\circ}\text{GENSETS}) * \frac{1}{10^6} \\ &= 177 * 8 * (4200 * 3) * \frac{1}{10^6} = 17,84t \end{aligned}$$

Cada pareja de tanques de uso diario tendrá la capacidad para casi 18t de DO según los cálculos.

Según los tanques dispuestos en el cuaderno 4, se tiene el siguiente volumen total de tanques de uso diario:

$$V = 42,36 \text{ m}^3 (36t \text{ DO})$$

Del tanque de uso diario como se ve en la disposición, se utilizan dos bombas de alimentación, especificadas sus capacidades en el Project Guide:

### 1.3.6 Feeder pump (32DO)

If the dynamic pressure is less than 0 bar at the fuel booster pump inlet (30DO), an additional electric feeder pump (32DO) is required.  
The pump must be of a positive displacement screw type.

### 1.3.7 Design data

Capacity	1, 15 x consumption (m3/h) at full load
Design pressure	5 bar
Design temperature	50 °C
Viscosity for dimensioning	14 cSt

Como se ve, la capacidad de cada bomba será 1,5 veces el consumo a máxima potencia:

$$\text{Consumo}_{CM} = \frac{\text{Consumo}_{CM}}{\text{horas} * \text{densidad}_{DO}} = \frac{18}{8 * 0,85} = 2,65 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{bombas} = 1,5 * \text{Consumo}_{CM} = 1,5 * 2,65 \approx 4 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

$$\text{Presión} = 5 \text{ bar}$$

Se dispone de 3 bombas por cámara de máquinas para la alimentación de los motores generadores y 2 bombas para el trasiego de combustible de los tanques principales a los tanques de uso diario. Las bombas para el sistema de combustible son de tornillo.

Entrando en las tablas de bombas del fabricante, se tiene:

- Bombas de Trasiego de Combustible

Son las bombas para el trasiego de combustible de los tanques principales a los tanques de uso diario.

El tiempo de trabajo de las bombas será el necesario para poder llenar los tanques de uso diario, en función de la capacidad de la bomba. Se estima que el tiempo de trabajo para llenar los tanques de uso diario es de 4 horas, de modo que el caudal de las bombas es el siguiente:

$$Consumo_{bomba\text{trasiego}} = \frac{Consumo_{CM}}{horas * densidad_{DO}} = \frac{18}{4 * 0,85} = 5,3 \frac{m^3}{h} = 89 \frac{l}{min}$$

Ese consumo es el consumo de cada cámara de máquinas, por tanto, es el consumo de cada bomba de combustible.

Se dispone de 3 bombas para el trasiego de combustible, una para cada cámara de máquinas y una de respeto

La presión de trabajo de las bombas es de 5 bar.

IMO ACE 032N @ 3550 RPM -2'4kW- 96'4l/min

- Bombas de Alimentación

Son las bombas para la alimentación de los motores generadores de los tanques de uso diario a los motores generadores.

El caudal de las bombas será el caudal calculado previamente, dividido por el número de bombas (3 por cámara de máquinas en este caso).

$$Q_{bombas} = 1,5 * Consumo_{CM} = 1,5 * \frac{2,65}{3} \approx 1,34 \frac{m^3}{h} = 22,33 \frac{l}{min}$$

La bomba más próxima al valor obtenido es:

IMO ACE 032L @1470 RPM- 0'5kW- 22'8l/min

Se decide coger una bomba con un caudal superior a la indicada, puesto que hay un margen muy pequeño entre el suministro y la capacidad máxima de la bomba.

La bomba escogida será:

La presión de trabajo de las bombas será de 5 bar.

IMO ACE 032L @1770 RPM- 0'7kW- 29l/min

La potencia a la que trabajarán las bombas seleccionadas será aproximadamente la misma que la potencia de las bombas que se aproximan más al valor del caudal calculado.

- Purificadora DO

Se recomienda la separación del Diesel para poder eliminar posibles partículas de agua.

Para el dimensionamiento se utiliza la siguiente formulación:

$$Q = \frac{N \times b \times 24}{D \times T} \quad (\text{litre/ h})$$

Where:

N = Maximum continuous rating in kW.

b = Specific fuel consumption specified in Kg/kWh by engine supplier, plus 18% for non-ISO conditions, wear, fuel contamination etc.

D = Fuel oil density = 0,85 for MDO and 0,83 for Gas Oil.

T = Continuous operating time (number of hours per 24 hour day).

$$Q = \frac{12600 * 0,21 * 24}{0,85 * 4} = 18677,65 \frac{l}{h} = 18,68 \frac{m^3}{h}$$

El caudal de la purificadora de DO es de  $18,68 \frac{m^3}{h}$  y una presión de 5bar. (tres purificadoras, una por cada cámara de máquinas y una de respeto)

## 5.5 Arranque y sistema de Aire

El aire comprimido se utiliza para arrancar y controlar el motor Diesel B33:45.

La disposición de arranque se basa en un arrancador accionado por aire ubicado en el lado del receptor de un motor en línea, que actúa sobre una corona dentada reemplazable en el volante. El mecanismo de giro eléctrico está ubicado en el mismo soporte que el motor de arranque.

El motor Diesel B33:45 está equipado con un arrancador de aire neumático (32SA) y 30 bar de aire de arranque se conducen directamente al conjunto de arranque de aire a través de un filtro de aire con drenaje (112SA).

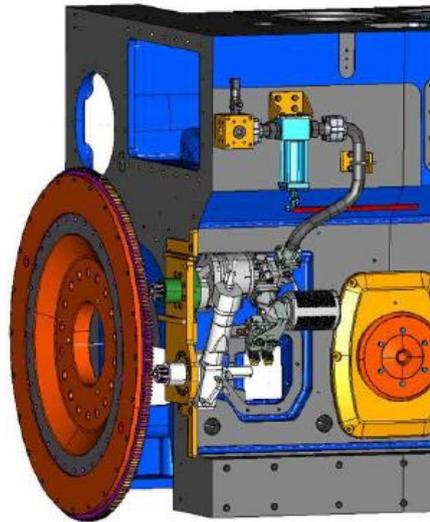
La presión máxima del aire de arranque es de 30 bar

La presión mínima depende el motor, como se ve en la tabla:

Engine Type	Fuel Type	Air consumption pr. start Nm <sup>3</sup>	Min. air pressure for start [Bar]	Number of starts with volume of 2x1.0 m <sup>3</sup>	Number of starts with volume of 2x1.25 m <sup>3</sup>	Number of starts with volume of 2x1.5 m <sup>3</sup>
B33:45 L6	Diesel	4,2	18,0	6,7	8,1	9,6
B33:45 L7	Diesel	4,5	18,5	6,3	7,5	9,0
B33:45 L8	Diesel	4,8	18,5	5,8	7,0	8,2
B33:45 L9	Diesel	5,3	20,0	4,8	5,7	6,7

Como el motor seleccionado es el de 7 cilindros, la presión mínima es de 18,5 bar.

A continuación, se muestra la disposición del aire de arranque en el motor y el engranaje giratorio eléctrico:

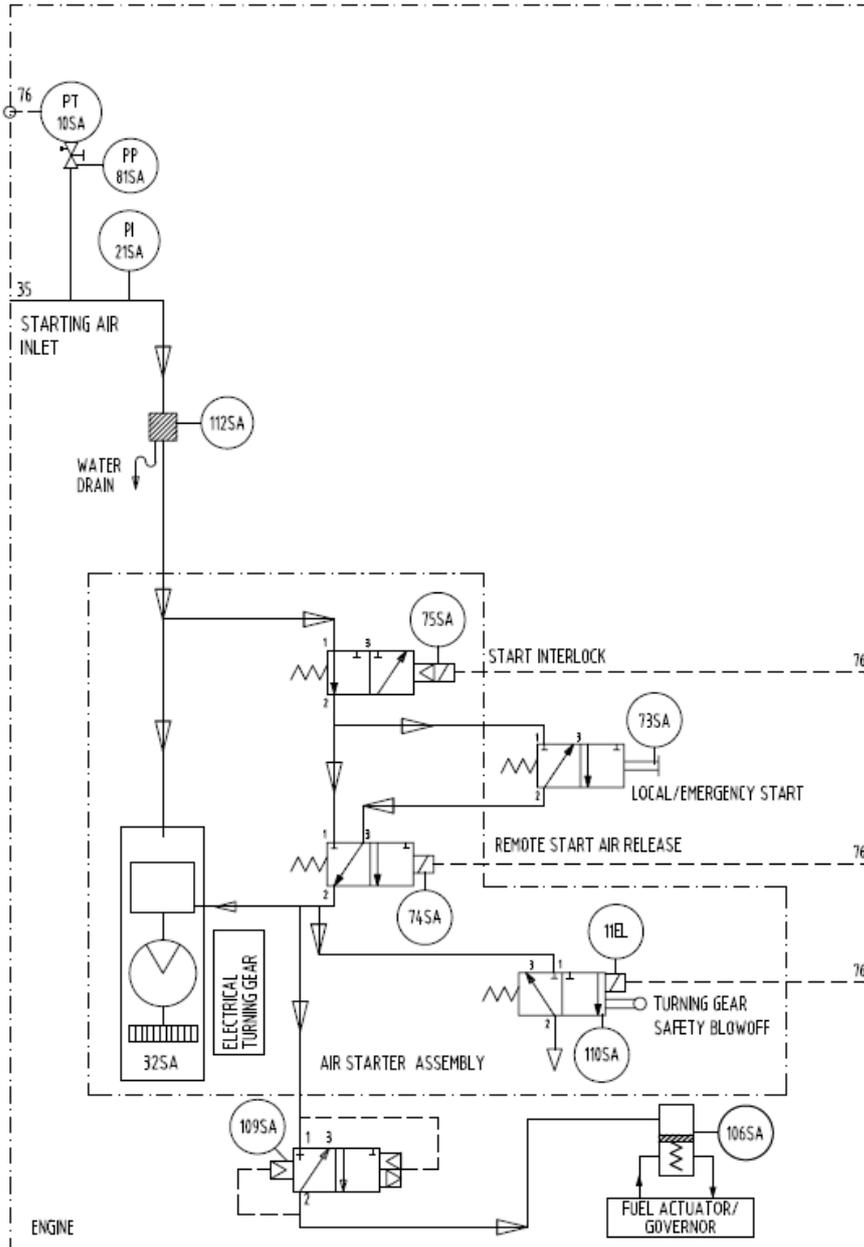


El engranaje de giro eléctrico está montado en el conjunto del arrancador de aire. Para evitar el suministro de aire al arrancador durante el funcionamiento del engranaje de giro, el conjunto del arrancador de aire está equipado con una válvula de purga de seguridad. Esta válvula puede ser operada de forma remota o localmente por un botón.

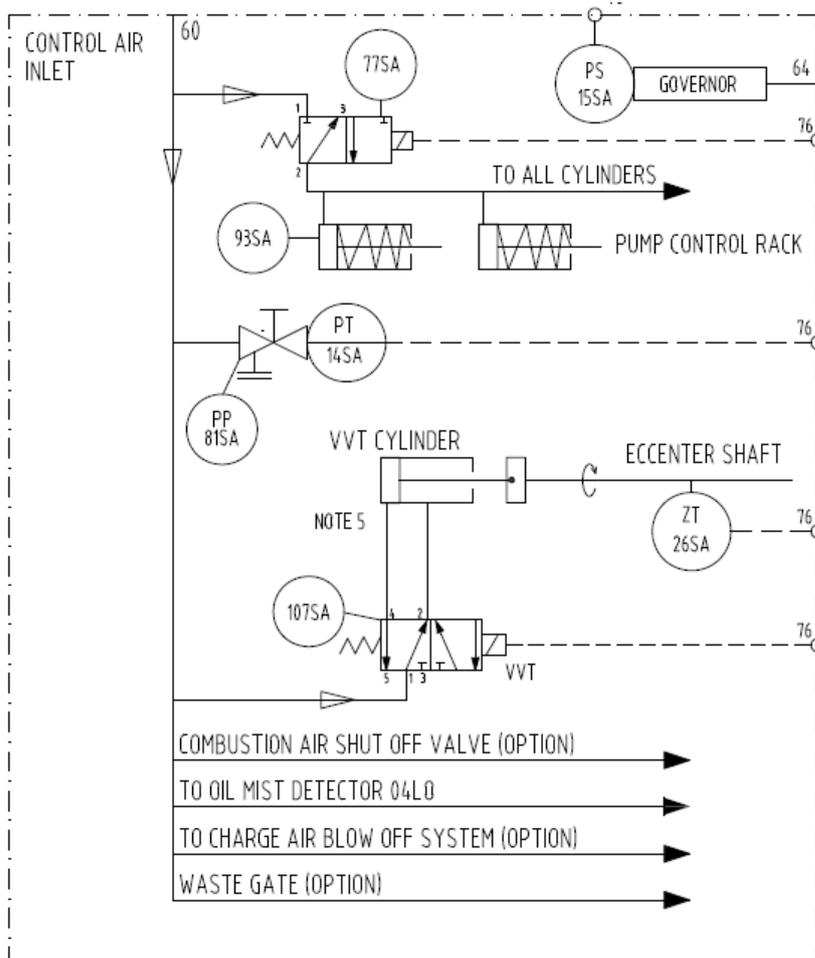
### 5.5.1 Sistema de Aire interno

A continuación, se muestra el sistema de aire de arranque interno del motor.

#### Aire de Arranque



**Aire de Control**





### 5.5.3 Lista de Equipos

A continuación, se muestran los equipos de los sistemas mostrados:

EQUIPMENT LIST				GENERAL NOTES			
11E	·	MICRO SWITCH	INTERLOCK EL. TURNING GEAR	E	RR	RR	D12/3...7 REFERS TO PIPE SIZES, PIPE SIZE ARE PROJECT SPECIFIC AND THEREFORE NOT LISTED IN THIS DRAWING. SEE DRW. NO.: 8 1175/02 FOR ARMATURE SYMBOL CHART. THE NUMBER, POSITION, AND SUPPLY OF SERVICE VALVES IN THE SYSTEM ARE CUSTOMER RESPONSIBILITY. (I.E. VALVES FOR SHUTTING OFF MEDIUM SUPPLY TO SYSTEM COMPONENTS DURING MAINTENANCE) IMPORTANT SERVICE VALVES ARE, HOWEVER, TO SOME EXTENT SHOWN ON THE DRAWING. MAIN PIPES SHALL BE INCLINED RELATIVE TO THE HORIZONTAL AS FAR AS POSSIBLE, AND DRAINAGE SHALL BE ARRANGED AT THE LOWEST POINT. AIR REQUIREMENTS: CONTROL AIR ACCORDING TO ISO 8573-1:2010[2:4:3] STARTING AIR ACCORDING TO ISO 8573-1:2010[4:4:4]
120SA	·	STOP VALVE	STOP VALVE	P	O	O	
112SA	1/E	AIR FILTER WITH DRAIN ON ENGINE		E	RR	RR	
111SA	1/C	NON RETURN VALVE	AIR COMPRESSOR	P	O	O	
110SA	1/E	2 WAY MECHANICAL VALVE	TURNING GEAR SAFETY BLOW OFF	E	RR	RR	
109SA	1/E	START AIR BOOSTER VALVE	AIR BOOSTER	E	RR	RR	
107SA	1/E	5/2 WAY SOLENOID VALVE	VVT	E	RR	RR	
106SA	1/E	START-AIR BOOSTER	FOR FUEL ACTUATOR	E	RR	RR	
104SA	2/AR	SHUT-OFF VALVE		AR	RR	O	
103SA	1/AR	FILLING VALVE	FROM AIR COMPRESSORS	AR	RR	O	
102SA	1/AR	STARTING AIR VALVE	TO ENGINE	AR	RR	O	
101SA	2/AR	AUXILIARY AIR VALVE	TO CONTR.AIR/TYPEHOON	AR	RR	O	
98SA	·	AIR FILTER WITH DRAIN	CONTROL AIR	P	·	O	
<b>NOTES</b>							
96SA	·	AIR DRYER	CONTROL AIR	P	·	O	1. P, A AND B BY CONTROL AIR UNIT REFER TO CONNECTION POINTS ON DWG FOR UNIT. 2. AIR DRYER IS STRONGLY RECOMMENDED IN HUMID AREAS AND WHEN PNEUMATIC CONTROLLED VALVES ARE INSTALLED. REFRIGERANT DRYER IS RR STANDARD, ABSORPTION TYPE MAY BE NEEDED IN COLD CONDITIONS. 3. FOR CW ROTATION, PIPING BETWEEN 5/2WAY VALVE AND VVT CYLINDER IS CROSSED. 4. IN ORDER TO AVOID CONDENSE IN AIR PIPES, AMBIENT TEMPERATURE SHOULD BE AS CONSTANT AS POSSIBLE, AVOID PIPING FROM WARM TO COLD AMBIENT TEMPERATURE. 5. WARNING! IF THE VALVES ARE UNDER PRESSURE, THE CONDENSATE IS EJECTED VERY POWERFULLY, DO NOT MOVE THE HANDLES WITH YOUR HANDS BUT USE SUITABLE TOOLS TO MOVE THE HANDLES SIDEWAYS. 6. SCR AIR CONSUMPTION TO BE CHECKED.
95SA	·	CONTROL AIR UNIT	WALL MOUNTED	ER	RR	O	
93SA	·/E	PNEUMATIC CYLINDER	OVERSPEED SHUTDOWN	E	RR	RR	
85SA	1/E	STARTING AIR RECEIVER WITH VALVE HEAD	CLOSE TO ENGINE	ER	·	O	
84SA	1/E	STARTING AIR RECEIVER WITH VALVE HEAD	CLOSE TO ENGINE	ER	·	O	
81SA	2/E	TEST COCK W/IF ANGLE	MAIN SYSTEM	E	RR	RR	
77SA	1/E	3/2-WAY SOLENOID VALVE	24V DC SHUT DOWN SOLENOID	E	RR	RR	
75SA	1/E	3/2-WAY SOLENOID VALVE	24V DC INTERLOCK START	E	RR	RR	
74SA	1/E	3/2-WAY SOLENOID VALVE	24V DC REMOTE STARTING AIR RELEASE VALVE	E	RR	RR	
73SA	1/E	3/2-WAY MANUAL VALVE	LOCAL EMERGENCY START	E	RR	RR	
72SA	1/E	CLOSING VALVE, GLOBE TYPE	CLOSE TO ENGINE, BEFORE 64SA	P	O	O	
69SA	1/AR	SAFETY VALVE	TO OPEN AIR	AR	O	O	
61SA	·	SHUT-OFF VALVE	CONTROL AIR	P	O	O	
60SA	1/AR	NON RETURN VALVE	STARTING AIR	P	O	O	
59SA	1	BALL VALVE, CLOSING VALVE	CONTROL AIR	P	O	O	
55SA	1/C	OIL AND WATER SEPARATOR		C	O	O	
54SA	1/E	COARSE AIR STRAINER	0.5mm MESH	P	O	O	
<b>REFERENCES</b>							
52SA	1/AR	AUTOMATIC DRAIN VALVE, STARTING AIR RECEIVER	OPTION	AR	O	O	CONNECTION NO. 76 = JUNCTION BOX FOR ALARM SENSORS, OTHER CONNECTION NOS. REFER TO PIPE CONNECTION DWG. AR = AIR RECEIVER C = COMPRESSOR E = ENGINE ECC = ENGINE CONTROL CABINET ER = ENGINE ROOM O = OTHER P = PIPELINE PS = PRESSURE SWITCH RR = ROLLS-ROYCE ENGINES BERGEN S = STARTER X/E = NOS/ENGINE
44SA	1/C	FLEXIBLE HOSE	AIR COMPRESSOR	C	O	O	
42SA	1/E	FLEXIBLE HOSE	CONTROL AIR INLET	E	RR	O	
41SA	1/E	HIGH PRESSURE HOSE	AIR PRESSURE = 30 BAR	E	RR	O	
32SA	1/E	AIR STARTER	PNEUMATIC TYPE	E	RR	RR	
30SA	2	STARTING AIR COMPRESSOR ELECTRICAL DRIVEN	WITH OIL AND WATER SEPARATOR	ER	O	O	
26SA	1/E	VVT POSITION FEEDBACK		E	RR	RR	
21SA	1/E	MANOMETER	STARTING AIR	E	RR	RR	
20SA	1/AR	PRESSURE GAUGE - WITH SHUT-OFF VALVE		AR	O	O	
14SA	1/E	PRESSURE TRANSMITTER	PIAL ALARM LOW CONTROL AIR PRES.	E	RR	RR	
10SA	1/E	PRESSURE TRANSMITTER	PIAL IND. & ALARM LOW PRES. STARTING AIR	E	RR	RR	
ITEM NO	QUANTITY	EQUIPMENT	TEXT	INST	BY	TEST	

### 5.5.4 Cálculo de Equipos

- Receptores de Arranque de Aire y Capacidades**

Las capacidades de las botellas de aire utilizadas tienen volúmenes estándares:

Volume	Length (L)	Diameter (D)	Weight
Litre	mm	mm	kg
1000	3845	650	800
1250	3216	800	970
1500	3745	800	1080
2000	3916	900	1320

El Project guide proporciona una tabla de capacidades para el aire de arranque y el número de botellas de aire de arranque según el número de motores:

No. of engines	No. of air receivers and volume for B33:45L6
1	2x1000 litre*
2	2x2000 litre*
3	2x2000 litre*
4	2x2000 litre*

\* DNV requirements

El Project guide no dispone de una tabla del número de botellas con sus capacidades para el motor elegido de 7 cilindros, y solo proporciona para 6, de manera que se tomará este valor como referencia puesto que el número de arranques con 2 botellas de 1,5 m<sup>3</sup> para 6 y 7 cilindros, no varía mucho, como se pudo ver en la tabla mostrada previamente, que es la siguiente:

Engine Type	Fuel Type	Air consumption pr. start Nm <sup>3</sup>	Min. air pressure for start [Bar]	Number of starts with volume of 2x1.0 m <sup>3</sup>	Number of starts with volume of 2x1.25 m <sup>3</sup>	Number of starts with volume of 2x1.5 m <sup>3</sup>
B33:45 L6	Diesel	4,2	18,0	6,7	8,1	9,6
B33:45 L7	Diesel	4,5	18,5	6,3	7,5	9,0
B33:45 L8	Diesel	4,8	18,5	5,8	7,0	8,2
B33:45 L9	Diesel	5,3	20,0	4,8	5,7	6,7

Por tanto, el valor de 2 botellas para 3 generadores de 6 cilindros se tomará como válido para 3 motores de 7 cilindros.

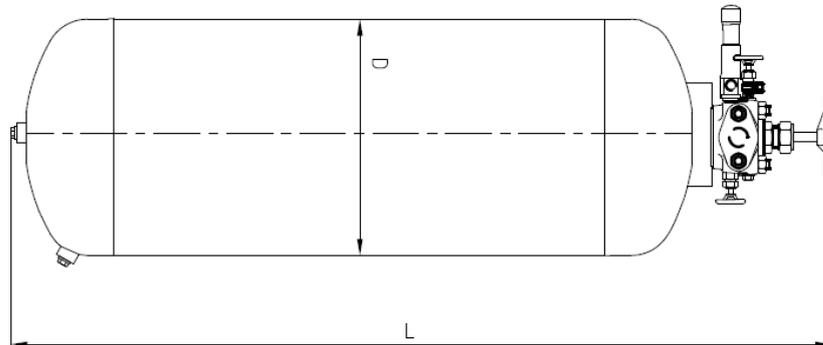
Como en cada cámara de máquinas se tienen 3 generadores, se utilizarán, 2 botellas de 2000l cada una.

Las dimensiones de las botellas de 2000l son las indicadas:

$$L = 3919mm$$

$$D = 900mm$$

$$Peso = 1320 kg$$



- **Compresor y Capacidades**

La capacidad del compresor de aire ha de ser suficiente para poder cargar los receptores de arranque de aire desde la presión atmosférica hasta la presión máxima en 60 minutos.

La capacidad total del compresor Q será:

$$Q = \frac{P_2}{P_0} \times J \times \frac{60}{t} \times s \quad , Nm^3/h$$

Donde:

$p_2$  = Max. starting air pressure = 31 bar a

$$Q = \frac{31}{1,01325} * 4 * \frac{60}{60} * 1,2$$

$p_0$  = Atmospheric pressure in bar a

$$Q = 146,86 \frac{Nm^3}{h} \text{ (para cada cámara de máquinas)}$$

$J$  = Total starting air receiver capacity in  $m^3$

$t$  = Compressor operating time in minutes

$s$  = Safety factor, normally 1,2

$Nm^3$  = cubic meter normal (at 1 bar/0 °C)

Se dispondrá de 1 compresores en cada cámara de máquinas:

$$Q = 146,86 \frac{m^3}{h}$$

30 - 68 BAR



Model	F.A.D. 1			Max. operating pressure <sup>2</sup>		No. of stages	Speed approx. rpm	Motor-power kW	Power-consumption <sup>1</sup> kW	Net weight approx.	
	l/min	m <sup>3</sup> /h	cfm	bar	psig					kg	lbs
<b>MINI-VERTICUS, 215 l/min, 30 - 68 bar</b>											
B 12.4-4-MV	215	13	7.6	68	1000	3	1420	4	3.5	324	714
<b>K 22 - K 28 SERIES, 670 - 6800 l/min, 30 - 63 bar</b>											
B 22.5-11	670	40	24	68	1000	3	920	11	10	450	1000
B 22.5-15	950	57	34	68	1000	3	1310	15	14	460	1010
B 23.4-22	1350	81	48	68	1000	3	920	22	20	670	1470
B 23.4-30	1730	104	61	68	1000	3	1200	30	26	740	1630
B 25.4-37	2400	144	85	68	1000	3	1070	37	36	1430	3150
B 25.4-45	2850	171	100	68	1000	3	1270	45	43	1460	3210
B 28.2-55	3400	204	120	68	1000	3	1050	55	51	1500	3300
B 28.3-90	5900	354	208	68	1000	3	940	90	88	2160	4750
B 28.3-110	6800	408	240	68	1000	3	1050	110	102	2330	5130

$$Q_{compresor} = 171 \frac{m^3}{h}$$

Entrando en la tabla de compresores:

BAUER KOMPRESSOREN GmbH B 25.4-45 30bar; 171 m<sup>3</sup>/h (50 Hz); 45 kW

Como el total del buque será de 4 compresores (dos por cada cámara de máquinas), se tendrá una potencia total de:

$$P_{compresores} = 90 kW$$

## 5.6 Sistema de Lubricación

Este sistema será el encargado de suministrarle al generador el aceite lubricante necesario para el correcto funcionamiento de los generadores, para protegerse de las fricciones ocasionadas entre los elementos, las altas temperaturas y posibles corrosiones químicas de los residuos de la combustión.

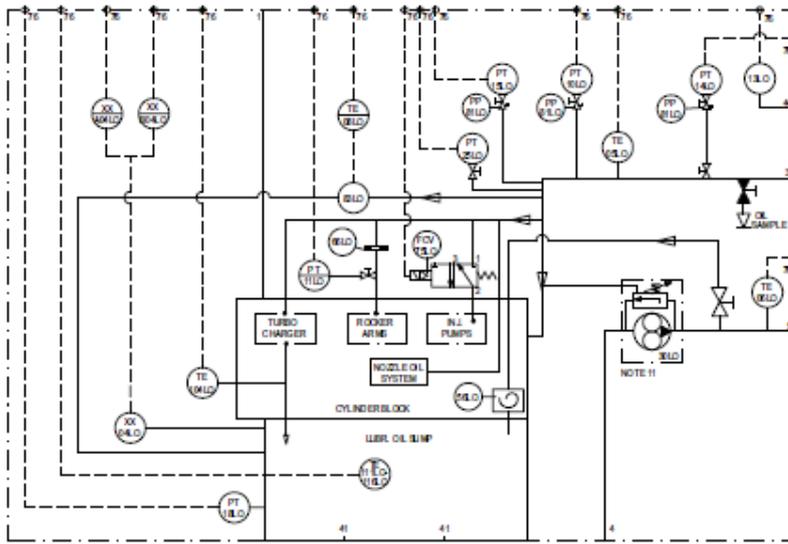
Según el fabricante, el aceite lubricante para MDO (Marine Diesel Oil), tiene las siguientes características:

Gas-oil / Marine diesel	0 - 0.5% Sulphur	~ BN 7 - 12
Marine diesel / Intermediate fuel	0.5 - 1.0% Sulphur	~ BN 10 - 16
Intermediate Fuel	1.0 - 2.0% Sulphur	~ BN 15 - 20
Intermediate Fuel	2.0 - 3% Sulphur	~ BN 30
Intermediate Fuel	3.0 - -% Sulphur	~ BN 40

Fluid Type	Lubricating Oil – SAE 40	
Lubricating oil minimum temperature	°C	15
Lubricating oil working temperature	°C	60
Lubricating Oil max. design temperature	°C	100
Filtration rating filter cartridge	micron	15 nominal
Filtration Efficiency	%	90% at > 16 µ and 98% at > 20 µ
Working pressure	bar	5
Design pressure	bar	10
Minimum test pressure filter housing	bar	15

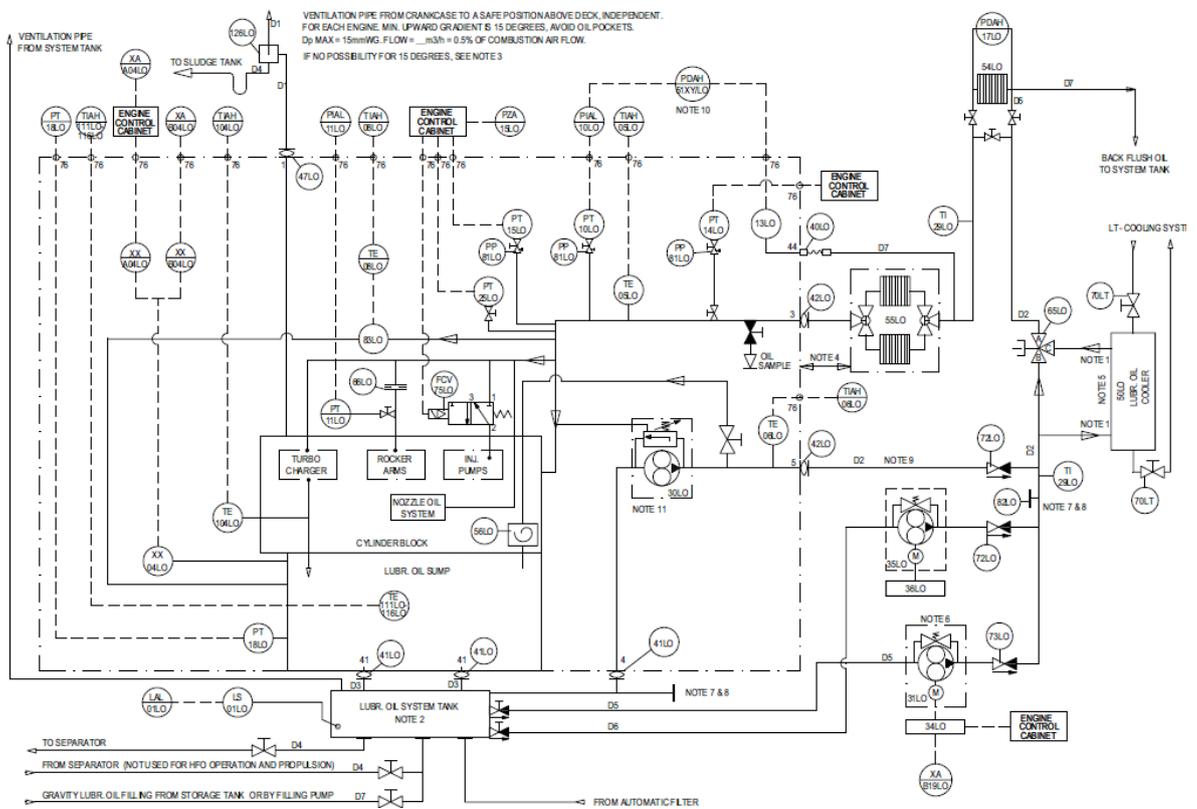
### 5.6.2 Sistema de lubricación interno

A continuación, se muestra el sistema de lubricación interno del generador con sumidero seco:



### 5.6.3 Sistema de Lubricación externo

A continuación, se muestra el servicio de lubricación externo al generador, para un sumidero seco, como se ha indicado previamente:



### 5.6.4 Lista de Equipos

A continuación, se muestran los equipos dispuestos en los esquemas previos de lubricación:

EQUIPMENT LIST				GENERAL NOTES			
70LT	2	ISOLATING VALVE	TO/FROM COOLER	ER	O	O	D1/2/3...7 REFERS TO PIPE SIZES. PIPE SIZE ARE PROJECT SPECIFIC AND THEREFORE NOT LISTED IN THIS DRAWING. SEE DRW. NO.: B 1175/02 FOR ARMATURE SYMBOL CHART.
128LO	1/ER	DRAIN POCKETS	CRANKCASE	ER	O	O	
116LO	1/E	SPLASH OIL TEMPERATURE ON CRANK NO.3	TEMPERATURE ELEMENT PT1000	E	RR	RR	
115LO	1/E	SPLASH OIL TEMPERATURE ON CRANK NO.5	TEMPERATURE ELEMENT PT1000	E	RR	RR	
114LO	1/E	SPLASH OIL TEMPERATURE ON CRANK NO.4	TEMPERATURE ELEMENT PT1000	E	RR	RR	
113LO	1/E	SPLASH OIL TEMPERATURE ON CRANK NO.3	TEMPERATURE ELEMENT PT1000	E	RR	RR	
112LO	1/E	SPLASH OIL TEMPERATURE ON CRANK NO.2	TEMPERATURE ELEMENT PT1000	E	RR	RR	
111LO	1/E	SPLASH OIL TEMPERATURE ON CRANK NO.1	TEMPERATURE ELEMENT PT1000	E	RR	RR	
104LO	1/E	TEMPERATURE ELEMENT	LUB. OIL TEMP. AFTER TC	E	RR	RR	
83LO	1/E	GENERATOR BEARING, OPTION	IF LUBRICATED FROM ENGINE	E	RR	RR	
82LO	1	BLIND FLANGE /T CONNECTION	FOR FLUSHING PURPOSE	E	O	O	
81LO	3/E	TEST COCK WITH FLANGE		E	RR	RR	
79LO	1/E	SOLENOID VALVE	LUBR. OIL FUEL INJ. PUMPS	E	RR	RR	
73LO	1/E	NONRETURN VALVE	EL. PUMP PRIMING OIL SYSTEM	P		O	
72LO		NONRETURN VALVE		E	O	O	
68LO	1/E	ORIFICE	ROCKER ARMS	E	RR	RR	
65LO	1/E	THERMOSTATIC VALVE		E	RR	RR	
59LO	1/E	CENTRIFUGAL FILTER		E	RR	RR	
55LO	1/ER	FILTER DUPLEX	15 MICRON	MAIN SYSTEM	ER	O	
54LO	1	AUTOMATIC FILTER			ER	O	
50LO	1/E	LUBR. OIL COOLER			ER	O	
47LO	1/E	FLEXIBLE CONNECTION	CRANKCASE	RESILIENTLY MOUNTED ENGINES	E	RR	
42LO	2/E	FLEXIBLE CONNECTION	TO/FROM LO COOLER	RESILIENTLY MOUNTED ENGINES	E	RR	
41LO	3/E	FLEXIBLE CONNECTION	TO/FROM SERARATOR	RESILIENTLY MOUNTED ENGINES	E	RR	
40LO	1/E	FLEXIBLE HOSE	FOR INSTRUMENTS	RESILIENTLY MOUNTED ENGINES	E	RR	
36LO	1	PUMP STARTER	STAND-BY PUMP		ER	O	
35LO	1	GEAR PUMP, ELECTRIC DRIVEN	STAND-BY PUMP	m3/h	ER	O	
34LO	1	PUMP STARTER	PRIMING PUMP		ER	O	
31LO	1	GEAR PUMP, ELECTRIC DRIVEN	PRIMING PUMP	m3/h	ER	O	
30LO	1/E	GEAR PUMP, ENGINE DRIVEN	MAIN PUMP	m3/h	ER	RR	
29LO	2	THERMOMETER	0-100°C		ER	O	
25LO	1/E	PRESSURE TRANSMITTER	INDICATION INSTRUMENT		E	RR	
19LO	1	RELAY CONTACT	ALARM START PRIMINGS PUMP FAILURE	PS		O	
18LO	1/E	PRESSURE TRANSMITTER	CRANK CASE PRESSURE		E	RR	
17LO	1/E	DIFF PRESSURE SWITCH	PDAAH AL. HIGH DIFF. PRESS. AUTOM. FILTER	AM	RR	O	
15LO	1/E	PRESSURE TRANSMITTER	PSA AUTOSTOP-ALARM LOW PRES.		E	RR	
14LO	1/E	PRESSURE TRANSMITTER	PSA INTERLOCK START ENGINE/ST BY PUMP START		E	RR	
13LO	1/E	PRESSURE TRANSMITTER	PIAL PRESS. BEFORE FILTER/ PRESS PRIMING		E	RR	
11LO	1/E	PRESSURE TRANSMITTER	PIAL ALARM ROCKER ARMS		E	RR	
10LO	1/E	PRESSURE TRANSMITTER	PIAL INDICAT. & ALARM LOW PRESSURE		E	RR	
08LO	1/E	TEMPERATURE ELEMENT		G			
06LO	1/E	TEMPERATURE ELEMENT	INDICAT. & ALARM HIGH TEMPERATURE		E	RR	
05LO	1/E	TEMPERATURE ELEMENT	INDICAT. & ALARM HIGH TEMPERATURE		E	RR	
04LO		SWITCH	ALARM OIL MIST DETECTOR/FAILURE	OMD	RR	RR	
03LO		SWITCH	AUTOSTOP HIGH OIL MIST CONCENTRATION	OMD	RR	RR	
02LO	1/E	SWITCH OIL MIST DETECTOR			E	RR	
01LO	1/E	LEVEL SWITCH	LAL ALARM LOW LEVEL OIL SUMP		E	RR	
ITEM NO.	QUANTITY	EQUIPMENT	TEXT	UNIT	SUPPLY	TEST	

### 5.6.5 Cálculo de Equipos

A continuación, se calculan los equipos del sistema de lubricación:

#### Tanque de Aceite

El sumidero húmedo al nivel máximo es aproximadamente 0,5 l/kW

$$Vol_{oil-CM} = 0,5 * \frac{25200}{2} = 6300 l = 6,3 m^3$$

#### Bombas de cebado de aceite

Según el Project guide:

Diseñada a la máxima capacidad para una temperatura mínima de 13°C, viscosidad de  $760 \frac{mm^2}{s}$  y una presión diferencial de 5bar.

Del catálogo se tiene que el consumo de aceite es de 0,5 g/kW\*h

El caudal de la bomba se calcula conociendo la densidad del aceite de lubricación y el consumo de aceite.

$$Q_{bomba} = \frac{\text{consumo}}{\rho} * Potencia_{CM} = \frac{0,5}{920000} * 12600 = 6,9 * 10^{-3} \frac{m^3}{h} = 0,115 l/min$$

Se dispondrá una bomba para cada generador y una de respeto por cada CM.

La presión de trabajo para bombas de lubricación es de 4 bar, se toman de referencia valores típicos para estas bombas, obtenidos en los apuntes de "Sistemas Auxiliares II"

Las bombas de cebado de aceite son de  $Q = 0,04 \text{ l/min}$

Entrando en la tabla de bombas, se obtiene:

MegaCPK 040-025-160 @ 2900 RPM

$$\phi = 169$$

$$P = 1,1 \text{ kW}; \eta = 0,97$$

$$P_{abs} = 1,35 \text{ kW}$$

### **Enfriador del Aceite (50LO)**

Se utiliza un intercambiador de calor con placas

de acero inoxidable como enfriador estándar de aceite lubricante. La parte fría del enfriador está conectada con la baja temperatura del sistema enfriador de agua. La pérdida de presión es de 0,3-0,5 bar, y el límite de esta pérdida será de 0,8 bar.

### **Filtro(55LO)**

El filtro principal para los generadores Bergen está diseñado para el máximo flujo y es de tipo Dúplex.

Las características del fluido son las especificadas previamente.

En el Anexo está dispuesta la información del filtro DÚPLEX comercial.

### **Tuberías**

Se utilizan tuberías de acero para el sistema de lubricación, las velocidades del aceite lubricante recomendadas son las siguientes:

-  $1 \frac{m}{s}$  para tubería de succión

-  $1,5 - 2 \frac{m}{s}$  para tuberías de presión

### **Separador de Aceite**

La separación centrífuga del aceite de lubricación es también recomendable para motores de Diesel Oil. Para dimensionar el separador del aceite, se tiene:

$$Q = k * P$$

Donde P es la potencia máxima y k es el factor de dimensionamiento en función del combustible.

k se tiene de la siguiente tabla en función del combustible utilizado:

<b>Fuel type</b>	<b>Partial discharge separator</b>	<b>Total discharge separator</b>	<b>Solid bowl separator</b>
HFO	0,23	0,24	1)
MDO	0,17	0,20	0,20

La potencia por cámara de máquinas es de 12600 kW y el factor k, se escogerá de 0,2.

$$Q = 0,2 * 12600 = 2520 \frac{l}{h} = 2,52 m^3/h$$

La temperatura recomendada de separación es de 95°C y ha de ser constante, con una variación máxima de  $\pm 2^\circ\text{C}$ .

Se escoge un separador centrífugo para cada cámara de máquinas. El caudal del separador será el calculado previamente. Según el catálogo del Anexo, la potencia total instalada con bomba es de 12kW. El separador es: ALFA LAVAL MAB 206

Se dispondrá de 3, uno para cámara de máquinas y uno de respeto.

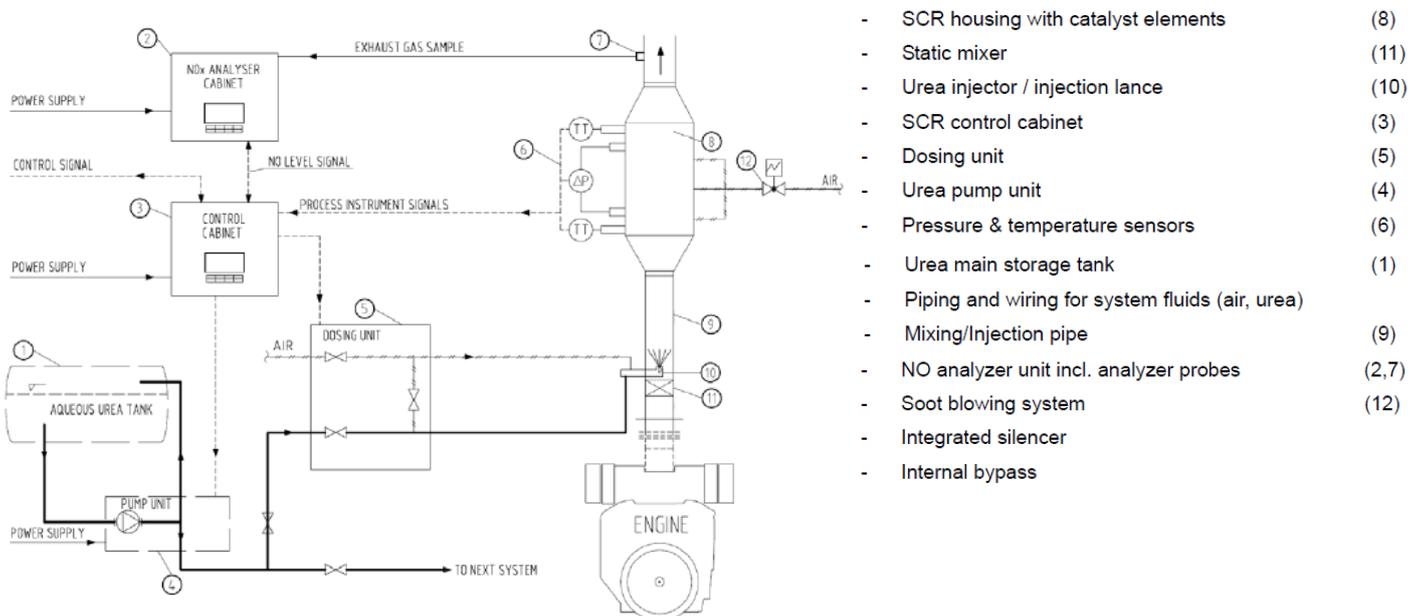
## 5.7 Sistema de Exhaustación

Es necesario un buen diseño para los gases de exhaustación para un correcto funcionamiento de los generadores. También deberá cumplir con lo establecido en MARPOL Anexo VI, donde se establecen las emisiones máximas de Óxido de Azufre ( $SO_x$ ) y Óxido de Nitrógeno ( $NO_x$ ). A continuación, se muestran las áreas de control de emisiones:

ECA	Pollutant(s)	In effect from
Baltic Sea	SOx	19 May 2006
North Sea	SOx	22 Nov 2007
North America	SOx NOx PM	1 Aug 2012
US Caribbean Sea	SOx NOx PM	1 Jan 2014

Se realizará una reducción de estos gases mediante un catalizador, donde transforma los gases de exhaustación en nitrógeno y agua.

A continuación, se muestra un esquema del sistema de funcionamiento:



Para el diseño del sistema de exhaustación de gases, será necesario tener en consideración:

- Contrapresión total en el sistema de gases de escape.
- Expansión térmica.
- Fijación del tubo de escape para evitar vibraciones.
- Aislamiento térmico.
- El gas de escape no debe entrar en la entrada del aire de ventilación.
- Atenuación del ruido de los gases de escape

- Drenaje para evitar la entrada de agua de la lluvia o la condensación en el motor.

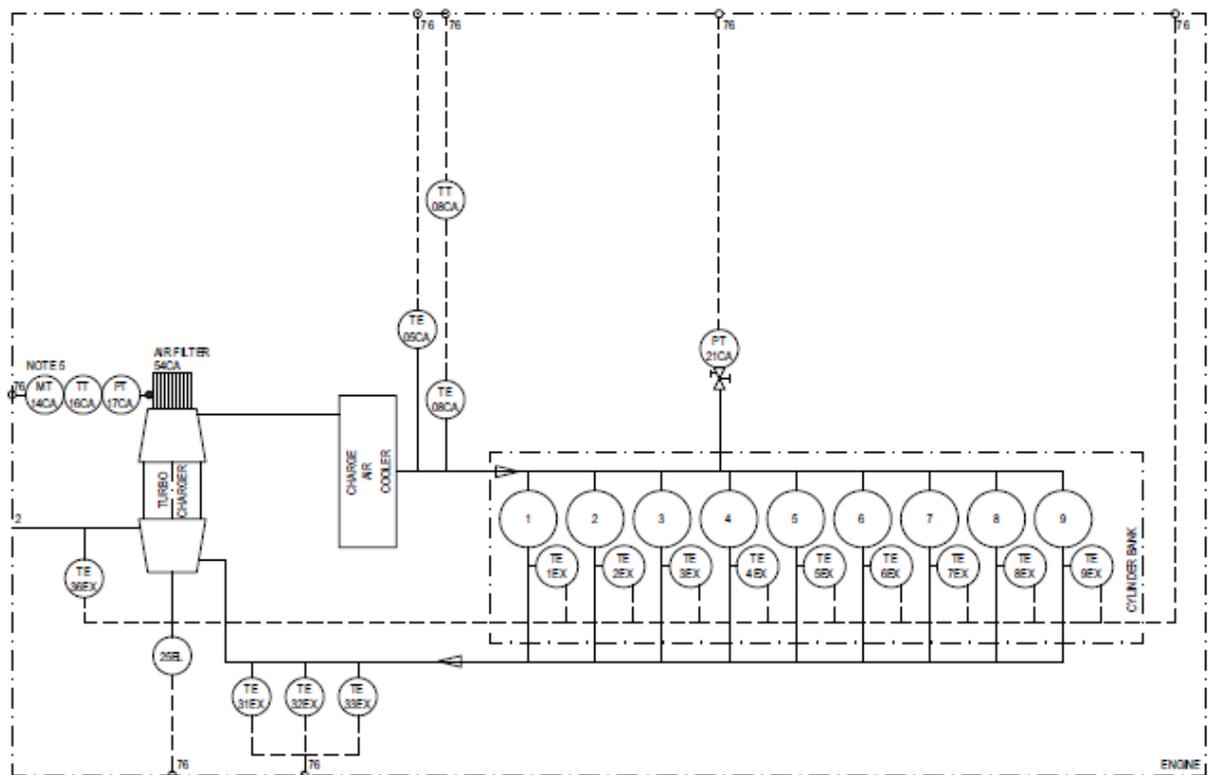
La velocidad máxima recomendable de los gases de exhaustación es de 45 m/s

### 5.7.2 Sistema Interno del Generador

El generador tiene un sistema de admisión de aire, donde el turbocompresor sobrealimenta el aire de combustión a través del enfriador de aire de carga hacia el receptor. La temperatura del aire de carga en el receptor es controlada por el flujo de agua de enfriamiento a través del enfriador del aire de carga.

Todos los generadores Diesel Bergen están construidos con un sistema de gases de escape de tipo pulso para un máximo rendimiento de aceptación de la carga, especialmente para la propulsión Diesel Eléctrica.

A continuación, se muestra el sistema de carga de aire para la combustión:



La conexión 2, es la salida de escape.

### 5.7.3 Sistema Externo del Generador

El sistema de exhaustación consta de los siguientes elementos:

#### **Sistema de Carga de Aire**

La válvula de 3 vías (73LT) regula el flujo de agua de enfriamiento a través de la etapa 2 del enfriador del aire de carga (Según se ve en el sistema de refrigeración por agua a baja temperatura), y está equipado con un actuador neumático y un posicionador I/P. El control PID de la válvula de 3 vías se realiza mediante el "Engine Control Cabinet" (ECC).

### **Sistema de Exhaustación**

Los compresores para la salida de los gases de escape vienen con el motor. El compensador se montará directamente en el turbocompresor. Después del compensador, el Difusor (48EX) debe estar hecho para que coincida con el diámetro del tubo de escape. El difusor tendrá un ángulo cónico máximo de 30°. La velocidad máxima de los gases de escape es la dada previamente (45 m/s). Cerca del compensador, preferiblemente en el difusor, el tubo de escape ha de tener un punto fijo de soporte. La atenuación del ruido de escape en el silenciador (51EX) que combina la absorción y atenuación de la reflexión con aerodinámica avanzada. El escape de un motor no debe mezclarse con el escape de otros motores.

### **Caldera de Gases de Escape**

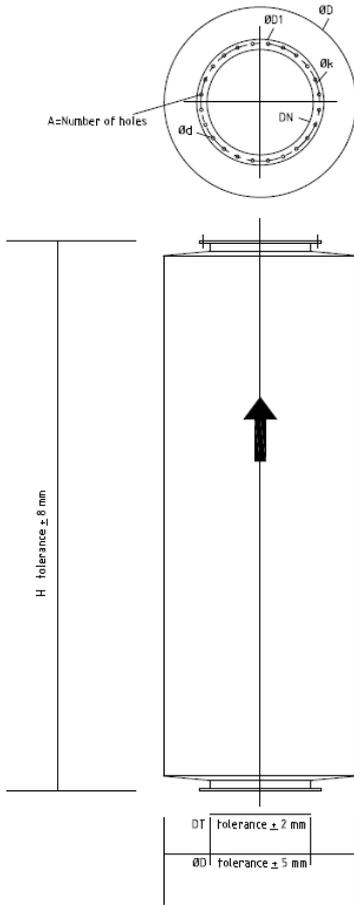
La recuperación del calor residual del gas de escape se puede realizar a través de una caldera (73EX). Cada motor ha de tener una caldera separada, alternativamente, una sección separada de una caldera común.

### **Silenciador**

El silenciador puede ser colocado en cualquier posición, pero preferiblemente se hará vertical. La atenuación del ruido de los gases de exhaustación deberá ser de entre 25dB o 35dB para una velocidad de los gases máxima de 45 m/s.

El silenciador está diseñado para soportar temperaturas de hasta 550°C por un periodo corto de tiempo. El silenciador ha de estar instalado con un compensador.

A continuación, se muestra el silenciador:



Attenua. [dB]	Cyl. DN	Flange [mm]	DT [mm]	ØD1 [mm]	Øk [mm]	Ød [mm]	A [pc.]	Back pressure 60 mm WG				
								Ød [mm]	H [mm]	Weight [kg]	BEAS part no.	BEAS part no.
25	6L	900	914	1060	1010	22	28	1356	3935	970	B01001019	F200/30
	7L	900	914	1060	1010	22	28	1436	3993	1220	B01001020	F200/31
	8L	1000	1016	1162	1110	22	32	1755	3008	1510	B01001021	F200/32
	9L	1000	1016	1162	1110	22	32	1834	3910	1650	B01001022	F200/33
	12V	1100	1120	1266	1210	22	32	2154	4545	2680	B01001023	F200/34

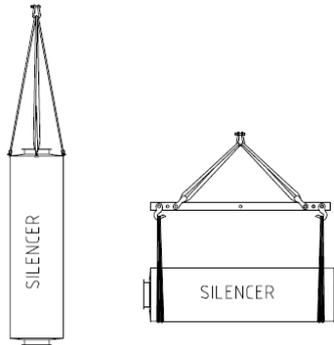
Attenua. [dB]	Cyl. DN	Flange [mm]	DT [mm]	ØD1 [mm]	Øk [mm]	Ød [mm]	A [pc.]	Back pressure 60 mm WG				
								Ød [mm]	H [mm]	Weight [kg]	BEAS part no.	BEAS part no.
35	6L	900	914	1060	1010	22	28	1598	4604	1640	B01001000	F200/35
	7L	900	914	1060	1010	22	28	1675	4661	1760	B01001001	F200/36
	8L	1000	1016	1162	1110	22	32	1755	4816	1930	B01001002	F200/37
	9L	1000	1016	1162	1110	22	32	1834	4755	2070	B01001003	F200/38
	12V	1100	1120	1266	1210	22	32	2154	5570	3370	B01001004	F200/39

La atenuación del sonido va desde 31 Hz hasta 8000 Hz.

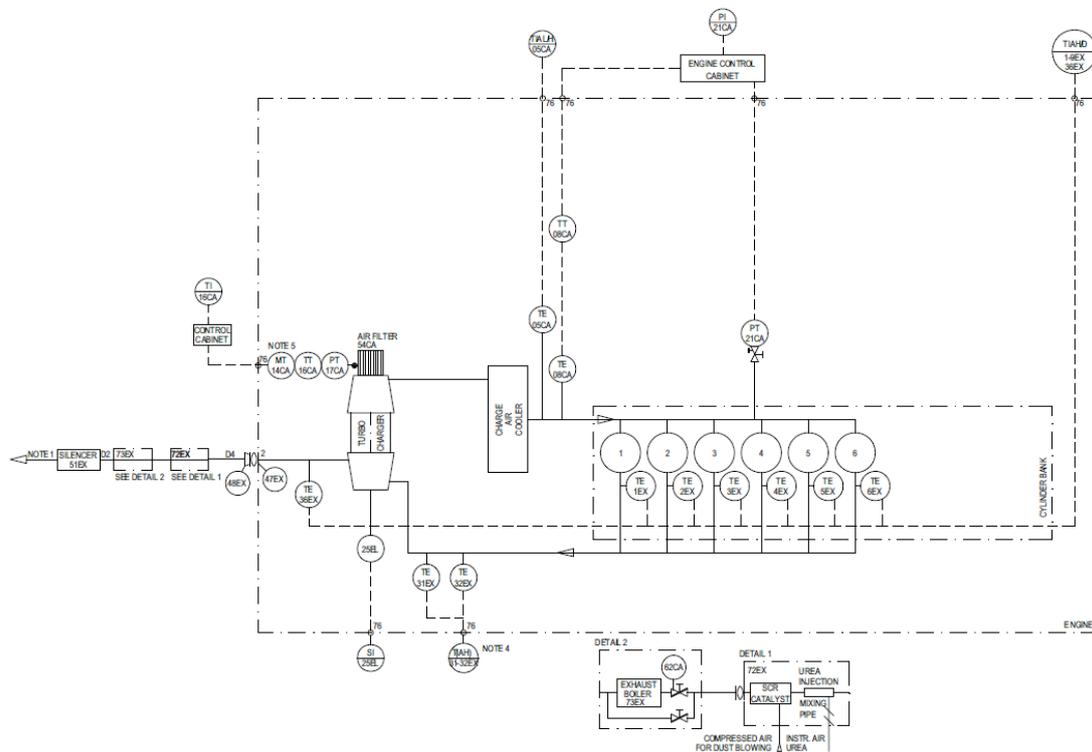
De los silenciadores mostrados, se escogerá el silenciador con la atenuación de 35 dB y el adecuado para el generador seleccionado, que es el de 7 cilindros, por tanto, las medidas del silenciador serán:

- Cilindros = 7L
- Brida = 900
- DT = 914 mm
- ØD1 = 1060 mm
- Øk = 1010 mm
- Ød = 22 mm
- A = 28 pc.
- ØD = 1675 mm
- H = 4661 mm
- Peso = 1760 kg

El transporte/levantamiento del silenciador se realizará de la siguiente manera:



A continuación, se muestra el sistema de carga de aire y de exhaustación de los gases:



**Diámetro Tubería**

Para la tubería de los gases de exhaustación, se necesita la velocidad del flujo de gases de exhaustación, esta velocidad máxima se mencionó previamente, y para el caudal, se utiliza el caudal expuesto en la tabla de características del motor (5.3 Engine Data).

$$Q = 49644 \frac{m^3}{h}$$

$$V = 45 \frac{m}{s}$$

Para el cálculo del área:

$$Q = V * A$$

$$A = \frac{Q}{V}$$

$$A = \frac{49644}{45 * 3600} = 0,31 m^2$$

$$A_{circular} = \pi * r^2$$

$$r = 0,313 m = 313 mm$$

$$D = 626 mm$$

Entrando en la Tabla de diámetros comerciales del Anexo, escogemos el diámetro superior:

$$DN = 700 mm$$

$$D_{ext} = 711,2$$

**5.7.4 Lista de Equipos**

A continuación, se muestra la lista de equipos de los sistemas mostrados previamente:

EQUIPMENT LIST				GENERAL NOTES				
73EX	1/E	BOILER		P	RR	O	D1/2/3...7 REFERS TO PIPE SIZES. PIPE SIZE ARE PROJECT SPECIFIC AND THEREFORE NOT LISTED IN THIS DRAWING. SEE DRW. NO.: B 1175/02 FOR ARMATURE SYMBOL CHART.	
72EX	1/E	SCR		ER				
51EX	1/E	EXHAUST SILENCER		P	RR	O		
48EX	1/E	REDUCER		P	O	O		
47EX	1/E	FLEXIBLE CONNECTION		E	RR	O		
<b>NOTES</b>								
36EX	1/E	THERMOCOUPLE N-QN1	PROP ENG, T1	EXHAUST TEMP. AFTER TURBINE	E	RR	RR	1. TOTAL PRESSURE DROP IN EXHAUST SYSTEM, OUTSIDE ENGINE, MAX. 300MM WG. EXHAUST VELOCITY MAX. 45 M/SEC.
			TI(AH)					
32EX	1/E	THERMOCOUPLE N-QN1	TI(AH)	EXHAUST TEMP. BEFORE TURBINE	E	RR	RR	
31EX	1/E	THERMOCOUPLE N-QN1	TI(AH)	EXHAUST TEMP. BEFORE TURBINE	E	RR	RR	
6EX	1/E	THERMOCOUPLE N-QN1	TI(AH)	EXHAUST TEMP. CYLINDER 6	E	RR	RR	3. THE NUMBER, POSITION AND SUPPLY OF PIPE COMPONENTS IN EXHAUST AND CHARGE AIR SYSTEMS, OUTSIDE ENGINE, ARE CUSTOMER RESPONSIBILITY. HOWEVER THE COMPENSATORS, 47EX AND 45CA (IF APPLICABLE), ARE NORMALLY ROLLS ROYCE MARINE, BERGEN ENGINES SUPPLY.
5EX	1/E	THERMOCOUPLE N-QN1	TI(AH)	EXHAUST TEMP. CYLINDER 5	E	RR	RR	
4EX	1/E	THERMOCOUPLE N-QN1	TI(AH)	EXHAUST TEMP. CYLINDER 4	E	RR	RR	
3EX	1/E	THERMOCOUPLE N-QN1	TI(AH)	EXHAUST TEMP. CYLINDER 3	E	RR	RR	
2EX	1/E	THERMOCOUPLE N-QN1	TI(AH)	EXHAUST TEMP. CYLINDER 2	E	RR	RR	
1EX	1/E	THERMOCOUPLE N-QN1	TI(AH)	EXHAUST TEMP. CYLINDER 1	E	RR	RR	4. AH ONLY IF REQUIRED BY CLASS. 5. INTEGRATED IN THE SAME SENSOR HOUSING. HUMID AREAS ONLY.
25EL	1/E	SPEED SENSOR	SI(AH)	TURBO CHARGER SPEED	E	RR	RR	
62CA	1/E	FLOW CONTROL VALVE			P	O	O	<b>REFERENCES</b> CONNECTION NO. 76 = JUNCTION BOX FOR ALARM SENSORS. OTHER CONNECTION NOS. REFER TO PIPE CONNECTION DWG.
54CA	1/E	AIR FILTER			E	O	O	
					P	O	O	
					P	O	O	
					E	RR	O	
21CA	1/E	PRESSURE TRANSMITTER	PI		E	RR	RR	<b>Rolls-Royce</b> Rolls-Royce Marine AS Engines - Bergen N-5808 BERGEN NORWAY
17CA	1/E	PRESSURE TRANSMITTER	PI	BAROMETRIC PRESSURE	E	RR	RR	
16CA	1/E	TEMPERATURE TRANSMITTER	TI	SUCTION AIR TEMPERATURE	E	RR	RR	
14CA	1/E	HUMIDITY TRANSMITTER		RELATIVE HUMIDITY	E	RR	RR	
					E	RR	RR	
08CA	1/E	AMPLIFIER	TX		E	RR	RR	E = ENGINE ECC = ENGINE CONTROL CABINET ER = ENGINE ROOM G = GENERATOR O = OTHER OMD = OIL MIST DETECTOR P = PIPELINE PS = PRESSURE SWITCH RR = ROLLS-ROYCE ENGINES BERGEN S = STARTER X/E = NOS/ENGINE
08CA	1/E	THERMOCOUPLE	TT		E	RR	RR	
					E	RR	RR	
					E	RR	RR	
					E	RR	RR	
05CA	1/E	TEMPERATURE ELEMENT	TI(AH)	IND. ALARM LOW/HIGH CHARGE AIR TEMP.	E	RR	RR	TITLE <b>CHARGE AIR AND EXHAUST SYSTEM</b>
ITEM NO	QUANTITY	EQUIPMENT	TEXT	TEXT	INCL	EXCL	NOT	
								G 1132/78 Drawing no.
								B33:45L TYPE

## 5.8 Sistema de Refrigeración por Agua

Es importante asegurar un buen diseño para el sistema de agua de refrigeración con respecto a la caída de presión y capacidad de enfriamiento para obtener el suficiente enfriamiento del motor y los auxiliares.

### 5.8.2 Calidad del Agua

En primer lugar, se dispone de las características para la calidad del agua y el tratamiento del agua para prevenir la corrosión, sedimentación, crecimiento superficial.

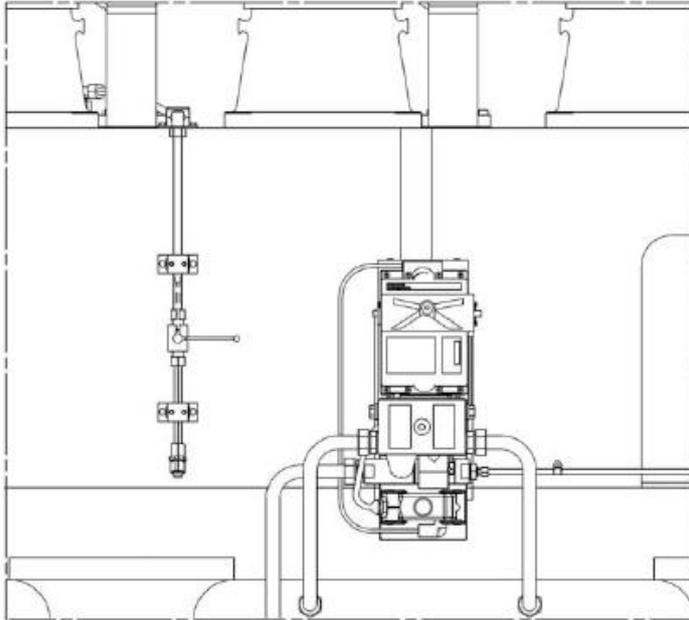
Características:

No.	Item	Unit	Fresh Water Supply Water	A	B/C	Sea Water
1.	PH at 20 °C		6,5 - 8,0	8,3-10,0	6,5-8,0	-
2.	Chemical oxygen demand (COD)	ppm <sup>(1)</sup>	-	-	-	*(2)
3.	M alkalinity as CaCO <sub>3</sub>	ppm	< 140	< 300	< 250	-
4.	Total hardness as CaCO <sub>3</sub>	ppm	< 180	20 -100	< 120	-
5.	Chloride ion (Cl <sup>-</sup> )	ppm	< 50	< 50	< 50	> 10000
6.	Sulfate ion (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	ppm	< 50	-	-	-
7.	Ammonium ion (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )	ppm	< 10	< 10	< 10	< 0.05
8.	Sulfide ion (S <sup>2-</sup> )	ppm	-	-	-	< 0.05
9.	Hydrogen sulfide (H <sub>2</sub> S)	ppm	< 10	< 10	< 10	-
10.	Iron (Fe)	ppm	< 0.3	< 1	< 1	-
11.	Silica (SiO <sub>2</sub> )	ppm	< 30	< 60	< 60	-
12.	Total residue on evaporation (Total solid.)	ppm	< 400	< 800	< 800	-
13.	Total residue on ignition	ppm	*	*	*	-
14.	Dissolved oxygen	ppm	*	*	*	-

Tratamientos:

PRODUCT	MANUFACTURER
ENGINE WATER TREATMENT 9-111AL NALFLEET 2000 COOLTREAT AL	WILHELMSSEN SHIPS SERVICE WILHELMSSEN SHIPS SERVICE WILHELMSSEN SHIPS SERVICE
HAVOLINE - ANTIFREEZE XLC HAVOLINE - INHIBITOR XLI	TEXACO TEXACO
GLACELF SUPRA - ANTIFREEZE COOLELF SUPRA - COOLANT TOTAL WT SUPRA - INHIBITOR	TOTAL / ELF TOTAL / ELF TOTAL / ELF
Nalco Track102	Nalco Company
Q8 Corrosion Inhibior Long-Life Q8 Antifreeze Long-Life	Q8 Oils Q8 Oils

Para comprobar la calidad del agua, se utiliza un controlador para que el agua de refrigeración, cumpla con las condiciones citadas con anterioridad. A continuación, se muestra el sistema de control del agua:



Es importante asegurar un buen diseño para el sistema de agua de refrigeración con respecto a la caída de presión y capacidad de enfriamiento para obtener el suficiente enfriamiento del motor y los auxiliares.

### 5.8.3 Circuito de Agua

Hay dos circuitos de enfriamiento de agua dulce para el motor:

- Circuito de baja temperatura (LT) atraviesa la segunda etapa del enfriador de aire de carga y el enfriador de aceite lubricante. El circuito LT a menudo también se usa para el aceite de engranajes o el generador de enfriamiento.
- El circuito de alta temperatura (HT) atraviesa la primera etapa del enfriador de aire de carga y el bloque de cilindros.

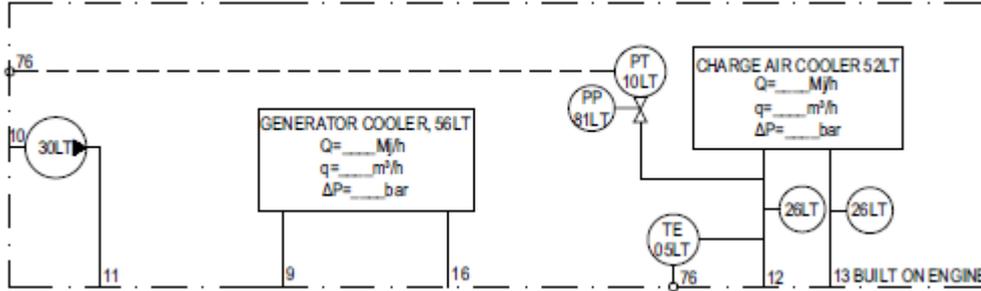
Se puede tener dos circuitos separados, cada uno con su propio enfriador de agua dulce, pero en otros casos, se unen los dos circuitos en un sistema común de agua de refrigeración. Se utilizará el segundo sistema, teniendo en común el sistema de refrigeración.

Como se tienen tres motores en cada cámara de máquinas, se utilizarán dos sistemas de refrigeración por cámara de máquinas.

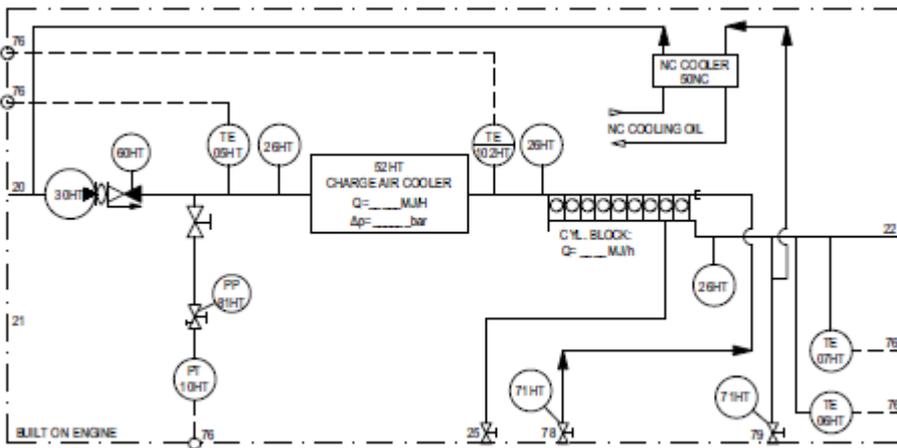
### 5.8.3.1 Cuicuito Interno

A continuación, muestran los circuitos mencionados, de baja temperatura y de alta temperatura:

#### Baja Temperatura (LT)



#### Alta Temperatura (HT)



#### Bombas y Capacidades

Una bomba de accionamiento mecánica es indispensable para el circuito de alta temperatura (30HT), para el de baja, no es necesaria, pero se dispondrá de una por motor. Atendiendo a la “Engine Data”, expuesta con anterioridad, se tiene:

$$Bomba_{HT} = 84 \frac{m^3}{h} ; 3,3 \text{ bar de aumento de presión}$$

$$Bomba_{LT} = 55 \frac{m^3}{h} \text{ (normal ISO); } 99 \frac{m^3}{h} \text{ (máximo)}$$

### 5.8.3.2 Circuito Externo

#### Tanque de Expansión y sistema de Venteo

Para instalaciones de un solo generador, el volumen mínimo recomendable, es de 300l, mientras que, para instalaciones de generadores múltiples, se recomienda un mínimo de 500l. Como la instalación del buque tiene 3 generadores en cada cámara de máquinas, se van a utilizar un volumen de 700l para los 3 motores.

Se conectarán unos tubos de ventilación al fondo del tanque y lo más lejos posible del tubo colector. Ha de ser un tubo extendido dentro del tanque de 300mm de altura para evitar que la formación de sedimentos lo obstruya.

#### Enfriador Central (50LT)

Para el cálculo del caudal del enfriador de baja temperatura, se utiliza la potencia del calor disipado del aceite de lubricación, la potencia de calor disipado por el motor y la potencia de calor disipada por el circuito de baja temperatura. Todos estos datos están dispuestos en el 5.3 Engine Data.

$$\text{Aceite de lubricación} = 513 \text{ kW}$$

$$\text{Circuito de baja temperatura} = 362 \text{ kW}$$

$$\text{Calor por motor} \approx 4\% * P_{\text{motor}} = 168 \text{ kW}$$

$$\text{Potencia total} = 1043 \text{ kW}$$

$$Q_{50LT} = \frac{P(W)}{C_e * \rho * \Delta t}$$

Donde:

$$C_{e40^{\circ}C} = 4,179 \frac{kJ}{K * kg}$$

$$\rho = 1000 \frac{kg}{m^3}$$

$$\Delta t_{40} = 8$$

Por tanto:

$$Q_{50LT-40} = 0,0312 \frac{m^3}{s} = 112,4 \frac{m^3}{h}$$

Se ha utilizado el calor disipado por motor, de manera que para cada cámara de máquinas será el triple, puesto que hay 3 motores generadores.

Se instalará un enfriador por cada motor, pero se dimensionarán con un 50% más para poder operar con dos enfriadores por cámara de máquinas en caso de fallo de uno de los tres motores.

$$Q_{50LT} = 168,5 \frac{m^3}{h}$$

### **Bombas de Agua salada**

El agua salada sirve para refrigerar el agua del circuito de alta temperatura, por tanto, se supondrá que el caudal de las bombas de agua salada, tendrán el mismo caudal que el de los enfriadores. Se dispondrá de 3 bombas, pero de las cuales, solo se utilizarán dos y una de ellas será de respeto. Las bombas de agua salada aspiran agua del mar directamente. El buque al estar elevado necesitará tener un sistema para aspirar agua estando elevado, por tanto, se dispondrá de un tubo que descienda desde la toma de mar hasta la superficie del agua para poder aspirar el agua de forma efectiva.

Las bombas de agua salada tendrán un caudal de:

$$Q = \frac{Q_{50LT} * N_{enfriadores}}{N_{bombas}}$$

Donde N es el número de bombas que trabajan de forma simultánea

$$Q = \frac{168,5 * 3}{2} = 252,75 \frac{m^3}{h}$$

Como se ha explicado, hay 3 enfriadores, pero solo funcionarán 2 bombas, puesto que habrá una de respeto, de manera que las dos bombas, han de poder suministrar el agua necesaria para los 3 enfriadores. Se instalará una bomba de respeto. (6 bombas en total, 3 por cada cámara de máquinas)

La presión de las bombas de refrigeración de agua salada tiene un valor estimado de 2,5-3 bar según los apuntes de Sistemas Auxiliares II. La presión se tomará de 3 bar, y con estos dos valores, se escoge una bomba del catálogo con las gráficas del Anexo.

Los valores obtenidos son los siguientes:

$$MEGACPK \quad 150 - 500; 960 \text{ RPM}$$

$$\phi = 480$$

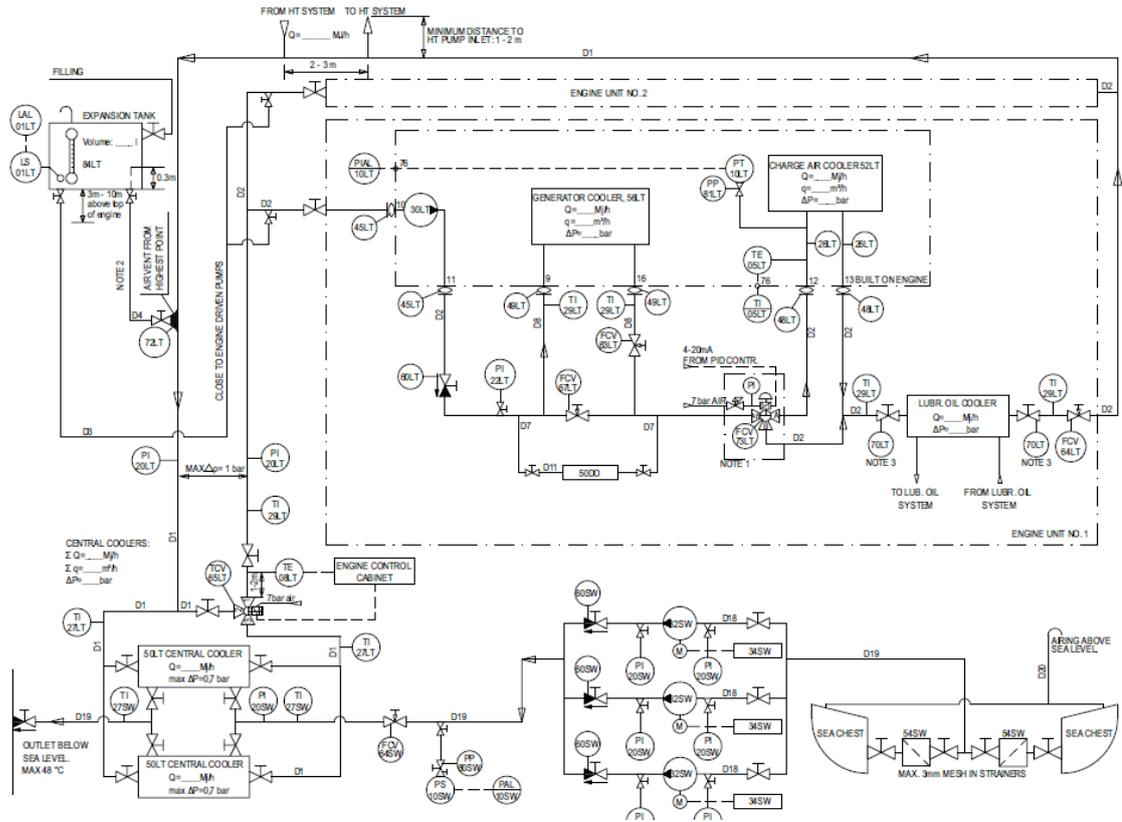
$$P_{REFRIG.BT} = 29,5 \text{ kW}$$

$$\eta = 0,983$$

$$P_{abs} = 30,01 \text{ kW}$$

A continuación, se muestra el sistema de enfriamiento:

**Baja Temperatura (LT)**



EQUIPMENT LIST						GENERAL NOTES		
5000	-	DIESEL OIL HEAT EXCHANGER	OPTION	REF. DIESEL OIL SYSTEM				D1/D2...7 REFERS TO PIPE SIZES. PIPE SIZE ARE PROJECT SPECIFIC AND THEREFORE NOT LISTED IN THIS DRAWING.
80SW	1	TEST COCK WITH FLANGE			PSW	O	O	SEE DRW. NO.: B 1175/02 FOR ARMATURE SYMBOL CHART.
64SW	1	FLOW CONTROL VALVE				P	O	
60SW	-	NONRETURN VALVE			P	-	O	
54SW	2	STRAINER	MAX. 3mm MESH	SEA WATER SUCTION	ER	O	O	
34SW	-	START CABINET INCL. ALARM CONTACT			ER	O	O	
32SW	-	SW-PUMP EL. DRIVEN			ER	-	O	
27SW	2	THERMOMETER			P	O	O	
20SW	-	MANOMETER/VACUUMMETER			P	O	O	
10SW	1	PRESSURE SWITCH	PAL	ALARM LOW PRESSURE	P	O	O	
84LT	1	EXPANSION TANK			ER	O	O	
81LT	-	SELF CLOSING VALVE		UTILIZE FOR TEST OF TRANSMITTER	E	RR	RR	
73LT	1E	3-WAY VALVE			ER	RR	RR	
72LT	1	SADDLE FITTING W. VALVE			P	O	O	
70LT	2	ISOLATING VALVE			ER	O	O	
67LT	1E	FLOW CONTROL VALVE			P	O	O	
65LT	1	THERMOSTATIC VALVE	EL/PNEUM.	MIXING APPLICATION	P	RR	O	
64LT	1E	FLOW CONTROL VALVE			P	O	O	
63LT	1E	FLOW CONTROL VALVE			P	O	O	
60LT	1E	NONRETURN VALVE			P	O	O	
56LT	1E	GENERATOR COOLER			E	RR	RR	
52LT	1E	CHARGE AIR COOLER			E	RR	RR	
50LT	-	CENTRAL COOLER			ER	-	O	
49LT	2E	FLEXIBLE CONNECTION	TO/FROM GENERATOR COOLER	RESILIENT MOUNTED ENGINES	G	RR	O	
48LT	2E	FLEXIBLE CONNECTION	TO/FROM CHARGE AIR COOLER	RESILIENT MOUNTED ENGINES	E	RR	O	
45LT	2E	FLEXIBLE CONNECTION	TO LT-PUMP	RESILIENT MOUNTED ENGINES	E	RR	O	
30LT	1E	LT-PUMP ENGINE DRIVEN			E	RR	RR	
29LT	JE	THERMOMETER			P	O	O	
27LT	2	THERMOMETER			P	O	O	
26LT	2	POCKET	PHIAL		E	RR	RR	
22LT	1E	MANOMETER			P	O	O	
20LT	-	MANOMETER			P	O	O	
10LT	1E	PRESSURE TRANSMITTER	PIAL	INDICATION AND ALARM LOW PRESSURE	E	RR	RR	
08LT	1	TEMPERATURE ELEMENT	PT-100		P	RR	O	
05LT	1E	TEMPERATURE ELEMENT			E	RR	RR	
01LT	1	LEVEL SWITCH	LAL	ALARM LOW LEVEL	EXT	O	O	
ITEM NO	QUANTITY	EQUIPMENT	TEXT	TEXT	ITEM NO	SUPPLY	REF	

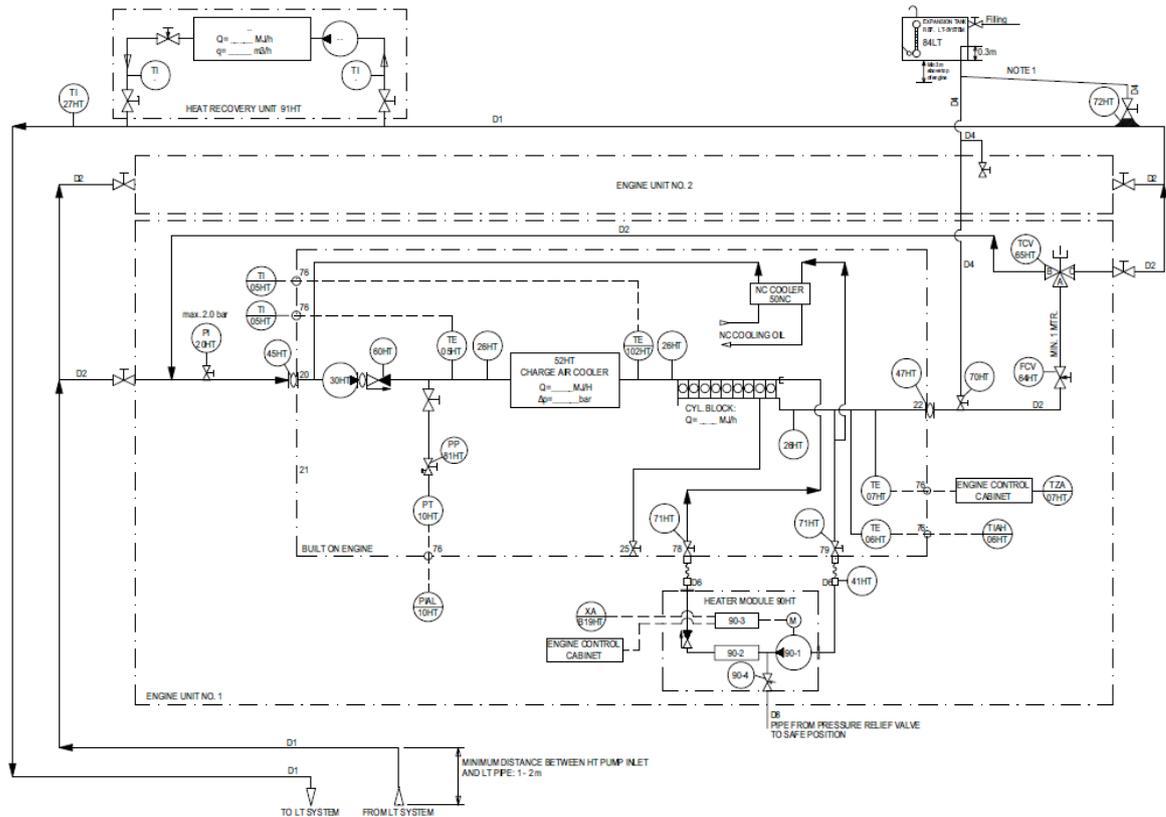
  

GENERAL NOTES		
D1/D2...7 REFERS TO PIPE SIZES. PIPE SIZE ARE PROJECT SPECIFIC AND THEREFORE NOT LISTED IN THIS DRAWING.		
SEE DRW. NO.: B 1175/02 FOR ARMATURE SYMBOL CHART.		
NOTES		
1.	73LT TO BE LOCATED CLOSE TO ENGINE. MAX. 2-3 METRES FROM COOLING WATER INLETS ON ENGINE.	
2.	THE VENTILATION PIPE TO HAVE A MINIMUM UPWARD GRADIENT OF 15 DEGREES. AVOID AIR POCKETS.	
3.	ISOLATING VALVES SHALL BE INSTALLED CLOSED TO LUBR. OIL COOLER.	
ADJUSTMENTS		
THE FLOW CONTROL VALVE (FCV 64LT) TO BE ADJUSTED UNTIL THE TEMP. DIFF. BETWEEN THERMOMETERS BEFORE AND AFTER LUBE OIL COOLER IS APPROXIMATE ____ °C AT FULL LOAD.		
THE FLOW CONTROL VALVE (FCV 64SW) TO BE ADJUSTED SO THAT THE SEA WATER PRESSURE IS BELOW THE LT WATER PRESSURE.		
THE NUMBER, POSITION, AND SUPPLY OF SERVICE VALVES IN THE SYSTEM ARE CUSTOMER RESPONSIBILITY. (I.E. VALVES FOR SHUTTING OFF MEDIUM SUPPLY TO SYSTEM COMPONENTS DURING MAINTENANCE). IMPORTANT SERVICE VALVES ARE, HOWEVER, TO SOME EXTENT SHOWN ON THE DRAWING.		
BUTTERFLY VALVES MUST NOT BE USED AS FLOW CONTROL VALVES.		
SEA WATER VELOCITY MAX 3m/s FRESH WATER VELOCITY MAX. 4m/s		
HEAT DISSIPATION VALUES STARTED ARE ACCORDING TO ENGINE POWER DEFINITION ISO 3046-1 & 8528-1, FOR REFERENCE HEAT DISSIPATION VALUES STARTED ARE ACCORDING TO ENGINE POWER DEFINITION ISO 3046-1 & 8528-1, FOR REFERENCE		
CENTRAL COOLERS SHOULD BE DIMENSIONED WITH A HTC MARGIN OF 15%		
REFERENCES		
CONNECTION NO. 76 = JUNCTION BOX FOR ALARM SENSORS, OTHER CONNECTION NOS. REFER TO PIPE CONNECTION DWG.		
E	=	ENGINE
ECC	=	ENGINE CONTROL CABINET
ER	=	ENGINE ROOM
G	=	GENERATOR
O	=	OTHER
OMD	=	OIL MIST DETECTOR
P	=	PIPELINE
PS	=	PRESSURE SWITCH
RR	=	ROLLS-ROYCE ENGINES BERGEN
S	=	STARTER
X/E	=	NOSENGINE

<p>Rolls-Royce Marine AS Engines - Bergen</p>	<p>N-5806 BERGEN NORWAY</p>
<p>G 1132/80 Drawing no.</p>	<p>B33:45L TYPE</p>

**Alta Temperatura (HT)**



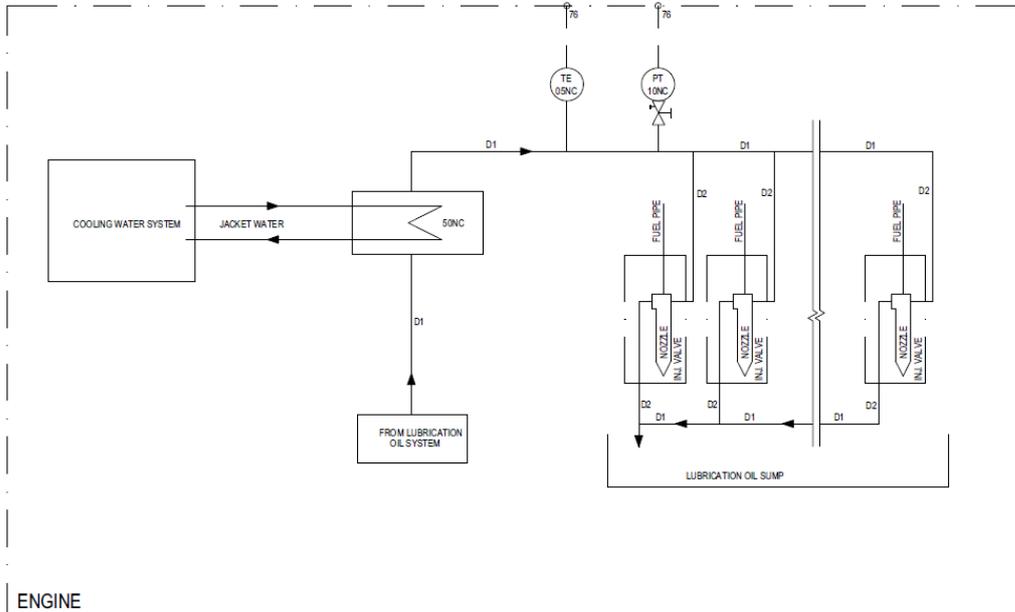
EQUIPMENT LIST				GENERAL NOTES		
50NC	HEAT EXCHANGER	SEE NOZZLE TEMP CONTROL SYSTEM				D1/23...7 REFERS TO PIPE SIZES. PIPE SIZE ARE PROJECT SPECIFIC AND THEREFORE NOT LISTED IN THIS DRAWING.
102HT	TEMPERATURE ELEMENT	INDICATE TEMP. AFTER COOLER	E	RR	RR	SEE DRW. NO.: B 1175/02 FOR ARMATURE SYMBOL CHART.
91HT	HEAT RECOVERY UNIT		ER	O	O	NOTES
90-4	PRESSURE RELIEF VALVE		HM			
90-3	CONTROL BOX WITH PUMPSTARTER		HM			BUTTERFLY VALVES MUST NOT BE USED AS FLOW CONTROL VALVES.
90-2	HEATER		HM			
90-1	PUMP		HM			ADJUSTMENTS
90HT	HEATER MODULE KW		ER	RR	O	
81HT	SELF CLOSING VALVE	UTILIZE FOR TEST OF TRANSMITTER	E	RR	RR	THE NUMBER, POSITION, AND SUPPLY OF SERVICE VALVES IN THE SYSTEM ARE CUSTOMER RESPONSIBILITY. (I.E. VALVES FOR SHUTTING OFF MEDIUM SUPPLY TO SYSTEM COMPONENTS DURING MAINTENANCE). IMPORTANT SERVICE VALVES ARE, HOWEVER, TO SOME EXTENT SHOWN ON THE DRAWING.
72HT	SADDLE FITTING W. VALVE		P	O	O	
71HT	SHUT OFF VALVE		E	RR	RR	BUTTERFLY VALVES MUST NOT BE USED AS FLOW CONTROL VALVES.
70HT	AIR VENT. VALVE		P	O	O	
68HT	THERMOSTATIC VALVE	WAX DIVERTING APPLICATION	P	RR	O	JACKET WATER VELOCITY MAX. 4m/s
64HT	FLOW CONTROL VALVE		P	O	O	
60HT	NONRETURN VALVE		E	RR	RR	HEAT DISSIPATION VALUES STATED ARE ACCORDING TO ENGINE POWER DEFINITION ISO 3046-1 & 8528-1, FOR REFERENCE PLEASE SEE DATASHEET ...
52HT	CHARGE AIR COOLER		E	RR	RR	
47HT	FLEXIBLE CONNECTION	RESILIENLY MOUNTED ENGINES	E	RR	O	LETTER CODE FOR IDENTIFICATION OF INSTRUMENT FUNCTIONS ARE ACCORDING TO ISO 3511/2-1984 (E).
49HT	FLEXIBLE CONNECTION	RESILIENLY MOUNTED ENGINES	E	RR	O	
41HT	FLEXIBLE HOSE	RESILIENLY MOUNTED ENGINES	E	RR	O	REFERENCES
30HT	HT-PUMP ENGINE DRIVEN	...m3/h ... BAR	E	RR	RR	
27HT	THERMOMETER		P	O	O	E = ENGINE ECC = ENGINE CONTROL CABINET ER = ENGINE ROOM G = GENERATOR O = OTHER OMD = OIL MIST DETECTOR P = PIPELINE PS = PRESSURE SWITCH RR = ROLLS-ROYCE ENGINES BERGEN S = STARTER X/E = NOS/ENGINE
26HT	POCKET		E	O	O	
20HT	MANOMETER		P	O	O	 Rolls-Royce Marine AS Engines - Bergen N-5008 BERGEN NORWAY
B19HT	RELAY CONTACTS	XA ALARM HEATER MODULE CIR: PUMP FAILURE	HM	RR	RR	
10HT	PRESSURE TRANSMITTER	PIAL INDICATE & ALARM LOW PRESSURE	E	RR	RR	TITLE
07HT	TEMPERATURE ELEMENT	TZA AUTOSTOP HIGH TEMPERATURE	E	RR	RR	HIGH TEMP COOLING SYSTEM
08HT	TEMPERATURE ELEMENT	TIAH INDICATE & ALARM HIGH TEMPERATURE	E	RR	RR	G 1132/81
05HT	TEMPERATURE ELEMENT	TI	E	RR	RR	B33:45L
ITEM NO	QUANTITY	EQUIPMENT	TEXT	INDICATED BY	NOT BY	Drawing no.
						TYPE

### 5.9 Boquilla de control de temperatura

Todos los motores están equipados con un sistema de control de temperatura de boquilla. El objetivo es mantener la temperatura baja para evitar “la formación de trompeta” que interfiere con la combustión, y para evitar la corrosión fría en baja carga.

A continuación, se muestra el esquema de este sistema de control de temperatura:

#### 5.9.1 Sistema de Control de Temperatura



#### 5.9.2 Lista de equipos

EQUIPMENT LIST						GENERAL NOTES	
50NC	1/E	HEAT EXCHANGER				E	RR RR
10NC	1/E	PRESSURE TRANSMITTER	PIAL	ALARM LOW PRESSURE		E	RR RR
05NC	1/E	TEMPERATURE ELEMENT	TAIHL	ALARM HIGH & LOW TEMP.		E	RR RR
ITEM NO.	QUANTITY	EQUIPMENT	TEXT	REF. NO.	REF. UNIT	REF. UNIT	REF. UNIT
<p><b>GENERAL NOTES</b></p> <p>D1/2/3...7 REFERS TO PIPE SIZES. PIPE SIZE ARE PROJECT SPECIFIC AND THEREFORE NOT LISTED IN THIS DRAWING. SEE DRW. NO.: B 1175/02 FOR ARMATURE SYMBOL CHART.</p> <p><b>NOTES</b></p>							
<p><b>REFERENCES</b></p> <p>CONNECTION NO. 76 = JUNCTION BOX FOR ALARM SENSORS, OTHER CONNECTION NOS. REFER TO PIPE CONNECTION DWG.</p> <p>E = ENGINE                      EOC = ENGINE CONTROL CABINET                      ER = ENGINE ROOM                      G = GENERATOR                      O = OTHER                      OMD = OIL MIST DETECTOR                      P = PIPELINE                      PS = PRESSURE SWITCH                      RR = ROLLS-ROYCE ENGINES BERGEN                      S = STARTER                      X/E = NOS/ENGINE</p>							
<p>Rolls-Royce Rolls-Royce Marine AS Engins - Bergen</p>						<p>N-5018 BERGEN NORWAY</p>	
TITLE						XX	
XX						B33:45L	
Drawing no.						TYPE	

## 5.10 Ventilación Cámara de Máquinas

Para la ventilación de la cámara de máquinas se utilizará el reglamento de la UNE-EN\_ISO 8861.

El flujo de aire  $Q$  de la sala de máquinas se calcula de las siguientes maneras, escogiendo el mayor de los dos resultados:

$$Q = q_c + q_h$$

$$Q = 1,5 * q_c$$

Donde:

$q_c =$  Flujo para la combustión de los motores

$q_h =$  flujo de aire para la evacuación de la emisión de calor

Se tienen los siguientes comunes:

$$\rho_{aire} = 1,13 \frac{kg}{m^3}$$

$$C_e = 1,01 \frac{kJ}{kg * K}$$

$$\Delta T_{min} = 12,5 K$$

Los datos que son propios del motor generador, se obtienen de la tabla de características del motor adjunta previamente.

### 5.10.1 Flujo para la combustión de los motores

La cantidad de flujo de aire para la combustión debe calcularse de la siguiente manera:

$$q_c = q_{dp} + q_{dg} + q_b$$

- $q_{dp}$  es el flujo de aire para la combustión del motor principal diesel. En este caso, al tener propulsión diésel eléctrica, los motores propulsores no spn de copcombustión, por tanto, no se tiene en cuenta este dato.
- $q_{dg}$  es el flujo de aire para la combustión de los motores generadores. Se calcula de la siguiente manera:

$$q_{dg} = \frac{P_{dg} * m_{ad}}{\rho}$$

Donde:

$P_{dg}$  es la potencia normalizada de servicio del/los motor(es) diesel del/los generador(es) a la máxima potencia de salida, en kilowatios;

$m_{ad}$  es el aire necesario para la combustión del motor diesel, en kilogramos por kilowatio segundo;

$$P_{dg} = 4200 kW \text{ (por motor generador)}$$

$$P_{dg} = 12600 kW \text{ (por cámara de máquinas)}$$

$$m_{ad} = 28140 \frac{kg}{h} = 6,7 \frac{kg}{kW * h} = 1,861 * 10^{-3} \frac{kg}{kW * s}$$

$$q_{dg} = \frac{12600 * 1,861 * 10^{-3}}{1,13} \approx 20,75 \frac{m^3}{s}$$

Con estos datos, calculamos el flujo de aire para la combustión como se indicó al principio:

$$q_c = q_{dp} + q_{dg} + q_b$$

$$q_c = 0 + 20,75 + 0 = 20,75 \frac{m^3}{s}$$

### 5.10.2 Flujo de Aire para la evacuación de la emisión de calor

La cantidad de flujo de aire para la evacuación de calor, se calcula de la siguiente manera:

$$q_h = \frac{\phi_{dp} + \phi_{dg} + \phi_b + \phi_p + \phi_g + \phi_{el} + \phi_{ep} + \phi_t + \phi_o}{\rho * c * \Delta T} - 0,4 * (q_{dp} + q_{dg}) - q_b$$

Donde:

- $\phi_{dp}$  es la emisión de calor del motor(es) diesel de propulsión principal, en kilovatios (véase apartado 6.1);
- $\phi_{dg}$  es la emisión de calor del motor(es) diesel del generador, en kilovatios (véase 6.2);
- $\phi_b$  es la emisión de calor de las calderas y los calentadores de fluido térmico, en kilovatios (véase 6.3);
- $\phi_p$  es la emisión de calor de las tuberías de vapor y condensación, en kilovatios (véase 6.4);
- $\phi_g$  es la emisión de calor del generador(es) eléctrico refrigerado por aire, en kilovatios (véase 6.5);
- $\phi_{el}$  es la emisión de calor de las instalaciones eléctricas, en kilovatios (véase 6.6);
- $\phi_{ep}$  es la emisión de calor de las tuberías de escape incluidas las calderas alimentadas por llama de gas (véase 6.7);
- $\phi_t$  es la emisión de calor de los tanques de calefacción, en kilovatios (véase 6.8);
- $\phi_o$  es la emisión de calor de otros componentes, en kilovatios (véase 6.9);

La emisión de calor del motor generador y del generador, se tomará como la misma, utilizando el dato de las características del motor, que es la radiación del motor indicada en la tabla.

Se calculará la emisión de calor producida por las calderas y el calor emitido por las tuberías de escape.

- $\phi_{dg}$

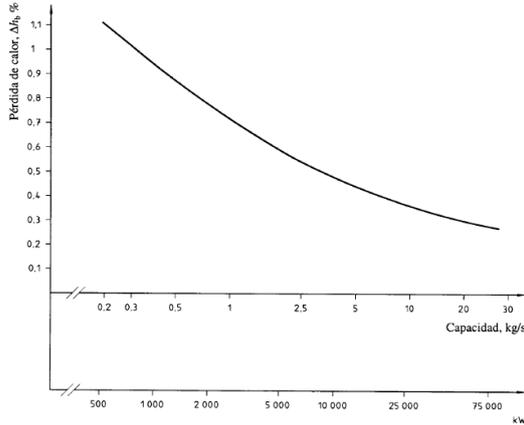
Disipación de calor del motor:

$$P_{dg} = 163 \text{ kW}$$

$$P_{dgtotal} = 489 \text{ kW}$$

- $\phi_b$

Entrando en la siguiente gráfica con la potencia de cada generador, se obtiene el porcentaje de pérdida de calor para cada generador.



Entrando con la potencia de cada generador, se tiene una capacidad de 2 kg/s y un porcentaje de 0,6%.

$$\phi_b = m_s * m_{sf} * h * \frac{\Delta_{hb}}{100} * B_1$$

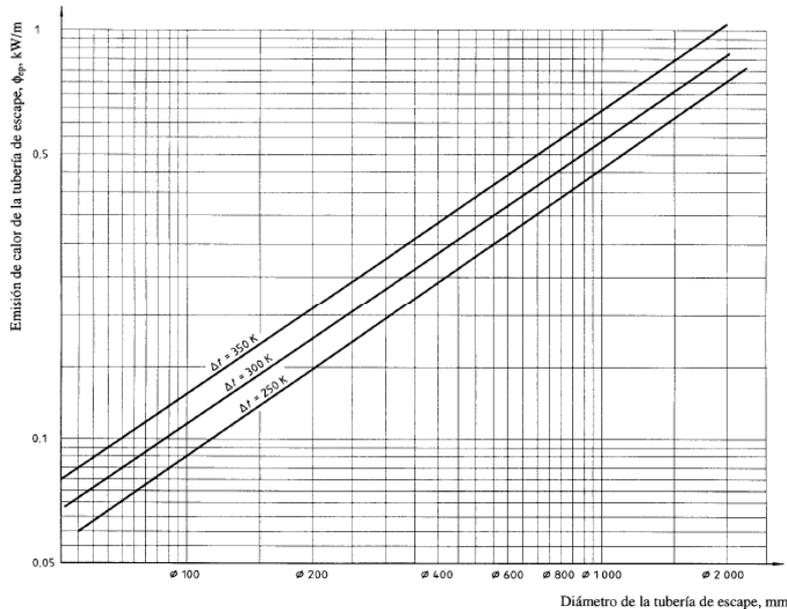
$$\phi_b = 7,89 * 0,077 * 37,85 * \frac{0,6}{100} * 0,1 = 0,014$$

Cada generador.

•  $\phi_{ep}$

Es la radiación de calor de las tuberías de escape.

Este valor se obtiene de la tabla que se muestra a continuación, entrando con el dato del diámetro obtenido previamente para las tuberías de los gases de exhaustación (700mm):



Se ha utilizado la recta de 250 K para la obtención de la radiación de calor, obteniendo un valor de  $0,35 \frac{kW}{m}$

Para la radiación de calor total, se necesita conocer la longitud total del sistema de exhaustación, que se ha estimado aproximadamente de 10 metros por cada generador.

$$\phi_{ep} = 0,35 * 10 * 3 = 10,5 kW$$

Con todos estos datos calculados, se procede al cálculo para el flujo de aire para la evacuación de calor:

$$q_h = \frac{489 + 0,014 * 3 + 10,5 + 489}{1,13 * 1,01 * 12,5} - 0,4 * (0 + 20,75) - 22,17 = 38,9 \frac{m^3}{s}$$

### 5.10.3 Cálculo del Flujo Total

Se escogerá el resultado mayor de las siguientes operaciones:

$$Q = q_c + q_h = 20,75 + 38,9 = 60 \frac{m^3}{s} = 216000 \frac{m^3}{h}$$

$$Q = 1,5 * q_c = 1,5 * 20,75 = 31,125 \frac{m^3}{s} = 112050 \frac{m^3}{h}$$

De los dos, se escoge:

$$Q = 216000 \frac{m^3}{h}$$

Para ellos, se dispone de 2 ventiladores axiales (por cada cámara de máquinas) que cumplan con el flujo de aire calculado.

Características:

$$Q = 180000 \frac{m^3}{h} \text{ (Cada uno)}$$

Motor: WEG W22 IE2<sup>1</sup> 75 kW 6 poles B3 V 400/690 50 Hz

Con dos ventiladores, el total es de:

$$Q = 360000 \frac{m^3}{h}$$

$$P_{motor} = 150 \text{ kW}$$

---

<sup>1</sup> <https://www.stiavelli.com/prds/wind-tunnel-fan/>

## 6 ANEXO

### 6.1 Tubo de Acero

Tubos soldados según ISO-1127



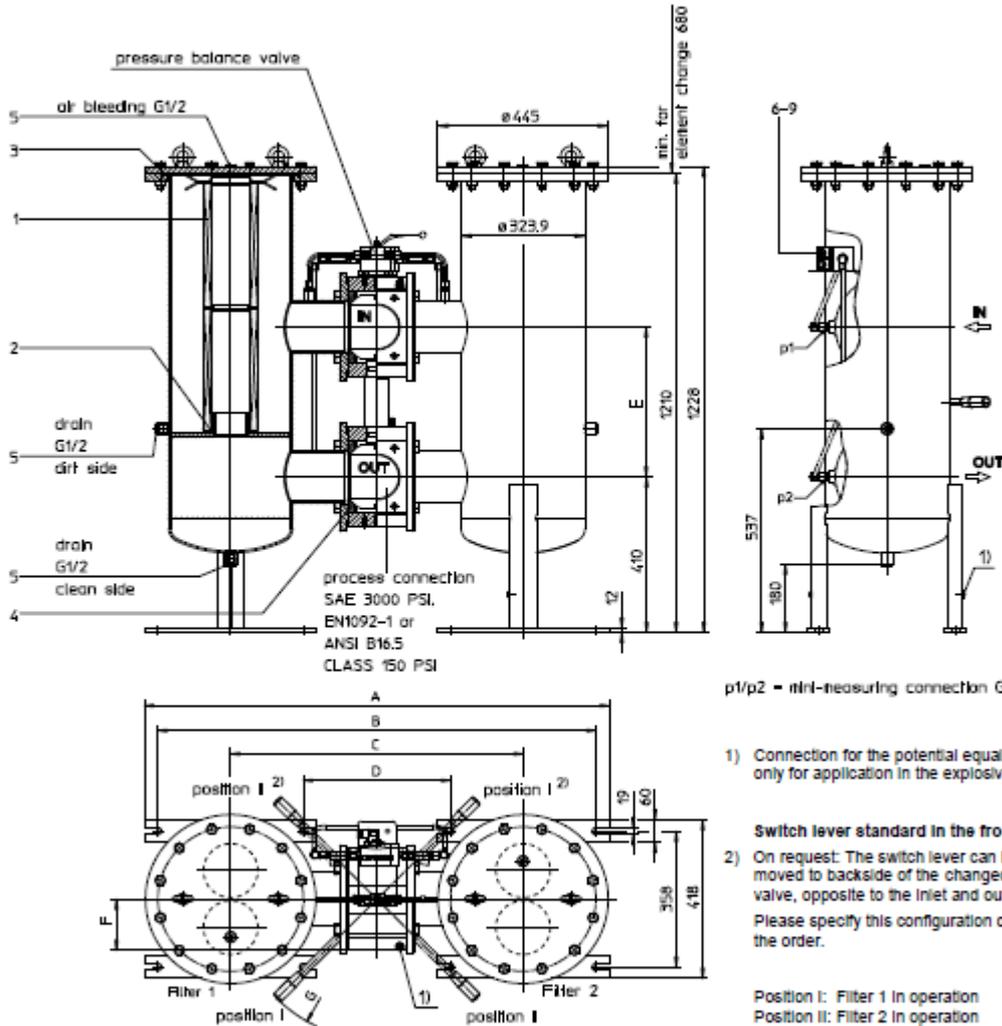
Diámetro nominal		Diámetro ext. mm	Espesor mm												
DN	Pulg.		0,80	1	1,2	1,6	2	2,5	2,6	3	3,2	3,6	4	5	6
			Peso en kg/m												
10	3/8"	17,2	0,329	0,406	0,481	0,625	0,761	0,920	0,951	1,067					
15	1/2"	21,3	0,411	0,508	0,604	0,789	0,967	1,177	1,217	1,375					
20	3/4"	26,9	0,523	0,649	0,772	1,014	1,247	1,527	1,582	1,795					
25	1"	33,7	0,659	0,819	0,977	1,286	1,588	1,953	2,025	2,306	2,444				
32	1 1/4"	42,4		1,037	1,238	1,536	2,023	2,498	2,591	2,960	3,141	3,498	3,846		
40	1 1/2"	48,3		1,184	1,415	1,758	2,319	2,867	2,975	3,403	3,614	4,029	4,437		
50	2"	60,3		1,485	1,776	2,209	2,920	3,618	3,757	4,304	4,575	5,111	5,639	6,924	
65	2 1/2"	76,1		1,881	2,251	2,802	3,711	4,607	4,785	5,491	5,841	6,535	7,222	8,902	
80	3"	88,9			2,635	3,283	3,498	5,409	5,618	6,453	6,867	7,689	8,504	10,504	
90	3 1/2"	101,6				3,760	4,006	4,988	6,445	7,407	7,885	8,834	9,776	12,094	
100	4"	114,3				4,237	4,515	5,624	7,272	8,361	8,902	9,979	11,048	13,684	16,271
125	5"	139,7				5,533	6,896	8,589	8,926	10,269	10,937	12,269	13,592	16,864	20,087
150	6"	168,3				6,679	8,328	10,379	10,788	12,417	13,229	14,847	16,456	20,445	24,384
200	8"	219,1					10,872	13,559	14,095	16,233	17,300	19,426	21,544	26,805	32,016
250	10"	273					13,572	16,933	17,604	20,282	21,619	24,285	26,943	33,554	40,114
300	12"	323,9					16,121	20,120	20,918	24,106	25,697	28,873	32,041	39,926	47,761
350	14"	355,6					17,708	22,104	22,982	26,487	28,237	31,731	35,216	43,895	52,524
400	16"	406,4					20,252	25,284	26,289	30,303	32,308	36,310	40,304	50,255	60,156
450	18"	457,2					22,759	28,462	29,594	34,000	36,320	40,82	45,320	56,612	67,784
500	20"	508					25,338	31,642	32,901	37,933	40,446	45,465	50,477	62,971	75,416
600	24"	609,6								45,565	48,586	54,623	60,635	75,691	90,679
700	28"	711,2											70,828	88,411	105,942
800	32"	812,8											81,004	101,136	121,206
900	36"	914,4											91,180	113,850	136,470
1000	40"	1016											101,335	126,597	151,733

## 6.2 Filtro Dúplex

PRESSURE FILTER, change over

Sheet No. 2228 E

### Series DWF 3005 PN 16



#### Dimensions:

process connection	A	B	C	D	E	SAE	DIN EN	ANSI	G	weight kg	volume tank
4" (DN100)	1170	1100	720	340	365	127	231	255	370	240	2x 76 l
5" (DN125)	1214	1144	764	384	395	135	242	276	370	296	2x 76 l
6" (DN150)	1236	1166	786	406	440	-	207	207	430	382	2x 76 l



Dimensions: mm  
 Designs and performance values are subject to change.

07/11/2010

**Technical data:**

operating temperature: -10 °C to +100 °C  
 operating medium: mineral oil, other media on request  
 max. operating pressure: 16 bar  
 test pressure: 23 bar  
 standard process connection: SAE-flange 3000 PSI  
 housing material: carbon steel  
 housing material changeover 4": carbon steel  
 housing material changeover 5"/6": EN-GJS-400-18-LT  
 sealing material: Nitrile (NBR) or Viton (FPM), other materials on request  
 installation position: vertical  
 drain- and bleeder connections: G 1/4  
 measure connections: G 1/4

Classified under the Pressure Equipment Directive 2014/68/EU for mineral oil (fluid group 2), Article 4, Para. 3.  
 Classified under ATEX Directive 2014/34/EU according to specific application (see questionnaire sheet-no. 34279).

**Pressure drop flow curves:**

**Filter calculation/sizing**

The pressure drop of the assembly at a given flow rate Q is the sum of the housing Δp and the element Δp and is calculated as follows:

$\Delta p_{assembly} = \Delta p_{housing} + \Delta p_{element}$   
 $\Delta p_{housing} = (\text{see } \Delta p = f(Q) \text{ - characteristics})$

$\Delta p_{element} (mbar) = Q \left( \frac{l}{min} \right) \times \frac{MSK}{10} \left( \frac{mbar}{l/min} \right) \times V \left( \frac{mm^2}{s} \right) \times \frac{\rho}{0,876} \left( \frac{kg}{dm^3} \right)$

For ease of calculation, our Filter Selection tool is available online at: [www.eatonpowersource.com/calculators/filtration/](http://www.eatonpowersource.com/calculators/filtration/)

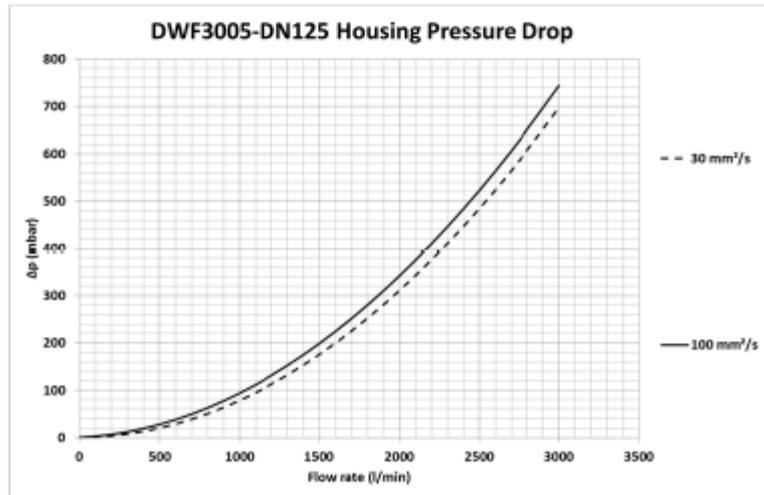
**Material gradient coefficients (MSK) for filter elements**

The material gradient coefficients in mbar/(l/min) apply to mineral oil (HLP) with a density of 0,876 kg/dm³ and a kinematic viscosity of 30 mm²/s (139 SUS). The pressure drop changes proportionally to the change in kinematic viscosity and density.

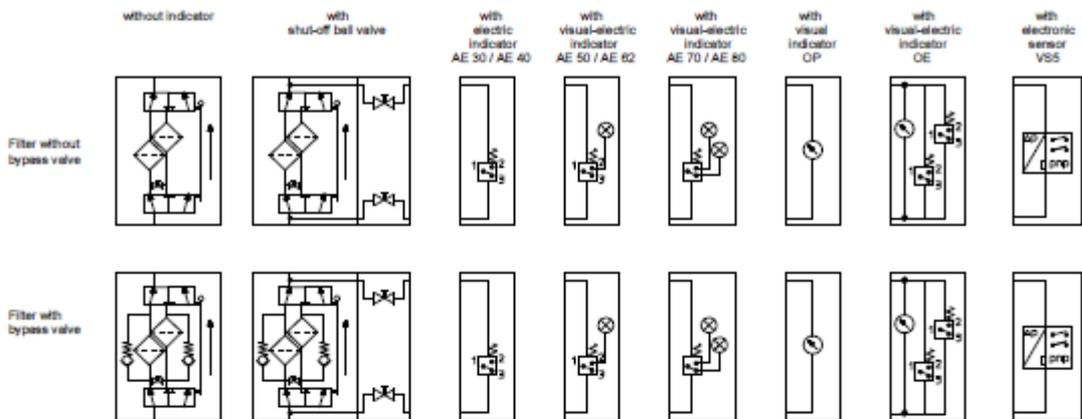
DWF	VG					G				API	
	3VG	6VG	10VG	16VG	25VG	10G	25G	40G	80G	10 API	25 API
3005	0,080	0,056	0,036	0,031	0,021	0,0029	0,0021	0,0020	0,0014	0,019	0,009

**Δp=f(Q) – characteristic according ISO 3968**

The pressure drop characteristics apply to mineral oil (HLP) with a density of 0,876 kg/dm³. The pressure drop changes proportionally to the density. The flow curves for DN100 and DN150 available on request.



**Symbols:**



**Spare parts:**

item	qty.	designation	dimension	artike-no.	
1	4	filter element	Ø1E-1501...		
2	4	O-ring	93 x 5	307588 (NBR)	307589 (FFPM)
3	2	O-ring	339 x 5	352792 (NBR)	352793 (FFPM)
4	4	gasket kit of changeover UKK	4" (DN100)		
	4	gasket kit of changeover UKK	5" (DN125)		
	4	gasket kit of changeover UKK	6" (DN150)		
5	6	screw plug	G 3/8	304678	
6	1	clogging indicator, visual-electric	AE	see sheet-no. 1609	
7	1	clogging indicator, visual	OP	see sheet-no. 1614	
8	1	clogging indicator, visual-electric	OE	see sheet-no. 1614	
9	1	clogging sensor, electronic	VS5	see sheet-no. 1641	

**Test methods:**

Filter elements are tested according to the following ISO standards:

- ISO 2941 Verification of collapse/burst resistance
- ISO 2942 Verification of fabrication integrity
- ISO 2943 Verification of material compatibility with fluids
- ISO 3723 Method for end load test
- ISO 3724 Verification of flow fatigue characteristics
- ISO 3958 Evaluation of pressure drop versus flow characteristics
- ISO 16889 Multi-pass method for evaluating filtration performance



**North America**  
44 Apple Street  
Tinton Falls, NJ 07724  
Toll Free: 800 656-3344  
(North America only)  
Tel: +1 732 212-4700

**Europe/Africa/Middle East**  
Auf der Heide 2  
53947 Nettelsheim, Germany  
Tel: +49 2488 809-0

Friedenstraße 41  
68804 Albstadt, Germany  
Tel: +49 6205 2094-0  
An den Nöhrenleien 24  
55450 Langerlorenstein, Germany  
Tel: +49 6704 204-0

**China**  
No. 3, Lane 280,  
Linhong Road  
Changning District, 200335  
Shanghai, P.R. China  
Tel: +86 21 5200-0099

**Singapore**  
1000 Pasir Panjang Road #07-08  
Singapore 118523  
Tel: +65 6825-1688

**Brazil**  
Av. Ermanno Marchetti, 1435 -  
Água Branca, São Paulo - SP,  
05038-001, Brazil  
Tel: +55 11 3616-8461

**For more information, please  
email us at [filtration@eaton.com](mailto:filtration@eaton.com)  
or visit [www.eaton.com/filtration](http://www.eaton.com/filtration)**

© 2019 Eaton. All rights reserved. All trademarks and registered trademarks are the property of their respective owners. All information and recommendations appearing in this brochure concerning the use of products described herein are based on tests believed to be reliable. However, it is the user's responsibility to determine the suitability for its own use of such products. Since the actual use by others is beyond our control, no guarantee, expressed or implied, is made by Eaton as to the effects of such use or the results to be obtained. Eaton assumes no liability arising out of the use by others of such products. Nor is the information herein to be construed as absolutely complete, since additional information may be necessary or desirable when particular or exceptional conditions or circumstances exist or because of applicable laws or government regulations.

## 6.3 Separador de Aceite



### MMB

#### Solids-retaining centrifugal separators

##### Application

Purification or clarification (optional) of mineral oils used in marine installations and power stations:

- Distillates
- Marine Diesel Oils MDO up to 13 cSt at 40°C
- Lubricating oils for trunk diesel engines operating on distillates and light MDO
- Lubricating oils for steam and gas turbines
- Lubricating and hydraulic oils for hydroelectric power stations

##### Concept

The MMB series of solids-retaining separators is available in two models, the MMB 304 and MMB 305.

Each MMB separation system comprises:

- An MMB separator
- Ancillary equipment consisting of connections and valve assembly

##### Optional equipment

- Independent oil feed pump
- Oil heating system, steam or electric
- Water seal alarm MAWA-40

##### Features and benefits

The unique features of the system are:

- Compact, robust design
- Internal paring disc for discharge of clean oil
- Large sludge space
- Belt-driven

The major benefits are:

- Easy to install.
- Requires limited space.
- Pressurised discharge of clean oil.
- No need for downstream pump.
- Fewer service manhours.
- Larger sludge space extends operating period between manual cleaning.
- Lower maintenance and spare parts costs.



MMB 305 solids-retaining separator.



Water seal alarm MAWA-40.

**System working principle**

Separation takes place in a solids-retaining, also known as a solid-wall, bowl that can be arranged for purification or clarification (optional). In both cases the contaminated oil is fed to the separator by a feed pump through the oil inlet and is separated by centrifugal force into its various phases. The heaviest phase, sludge, is forced to and deposited at the periphery of the bowl. Separated sludge is collected in the space at the periphery of the bowl and removed periodically by hand using the stainless steel sludge basket. The clean oil is continuously discharged by the built-in paring disc pump. Water leaves the bowl via an open outlet.

When operated in purifier mode, a gravity disc must be fitted to obtain the correct interface position (the boundary between the separated oil and the water seal) in the separator bowl. In the optional clarifier mode, a clarifier disc is fitted instead of a gravity disc.

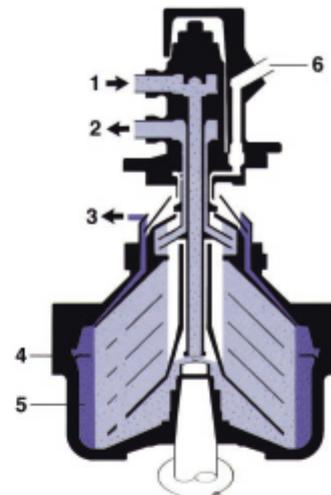
A MAWA-40 water seal alarm is available as optional equipment to monitor the pressure in the clean oil outlet. The control unit will shut off the oil feed to the separator in case a pressure drop is detected and give an audible and visible alarm.

**Installation**

The MMB separation system is designed for installation as a complete system. The schematic layout in the figure below shows a typical installation of an MMB separator. Contaminated fuel or oil is supplied by the feed pump from the oil tank to the separator bowl for continuous cleaning.

After separation, the cleaned oil is discharged by a built-in paring disc pump.

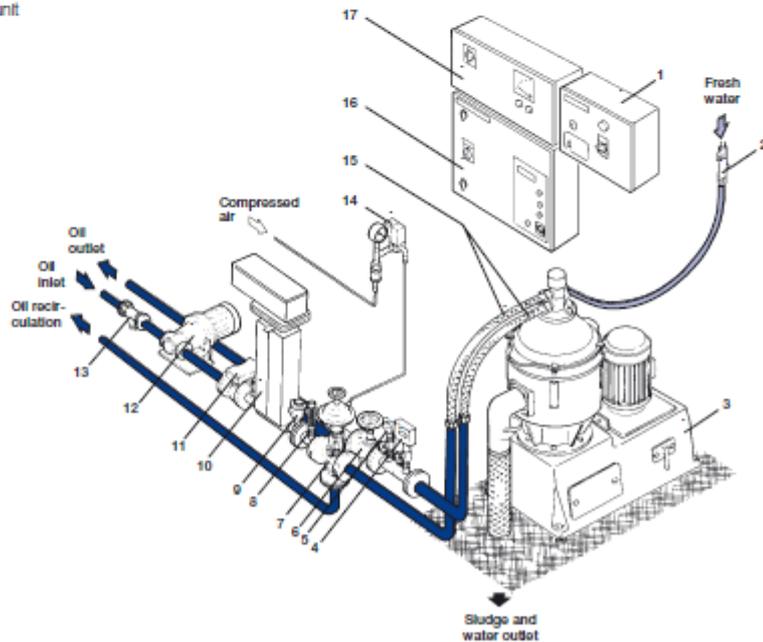
The complete system includes MAWA water seal alarm, starter, heater, valves, piping and other essential ancillary equipment.



Purifier-Clarifier.

- |                 |                        |
|-----------------|------------------------|
| 1. Oil inlet    | 4. Sludge basket       |
| 2. Oil outlet   | 5. Sludge              |
| 3. Water outlet | 6. Sealing water inlet |

1. MAWA-40 water seal alarm unit
2. Constant flow valve
3. Separator
4. Pressure switch
5. Pressure gauge
6. Regulating valve
7. Three-way valve
8. Thermometer
9. Temperature sensor
10. Preheater
11. Flow switch
12. Oil feed pump
13. Strainer
14. Solenoid valve, air
15. Flexible hoses
16. Control unit for heater
17. Starter for separator and pump



Schematic installation layout of an MMB separation system.

**Standard design MMB 304/305**

The MMB 304/305 series are solids-retaining separators that are identical in concept, with different throughput capacities.

Each separator model comprises a frame, power transmission and bowl assembly.

The lower frame houses the flat-belt power transmission unit connected to a vertical drive shaft with friction clutch to the vertical bowl spindle.

The bowl is fixed on top of the spindle inside the space formed by the upper part of the frame and the frame hood.

The frame hood also contains the oil inlet and outlet and the sealing water inlet. The separated water is discharged by gravity through an outlet pipe mounted on the frame.

**Basic equipment**

- MMB separator
- Sealing water inlet with hose nipple, non-return valve and constant flow valve with vacuum breaker
- Set of gravity discs
- Set of resilient mountings
- Stainless steel sludge basket
- Flexible hoses for: oil, water outlet and drain, and sealing water inlet
- Intermediate service kit

**Optional equipment**

- MAWA-40 water seal alarm unit
- Pressure switch kit
- Three-way valve kit
- Preheater
- Clarifier disc
- Major service kit

**Additional equipment required for operation**

- Electric motor and starter
- Oil feed pump and starter
- Set of tools

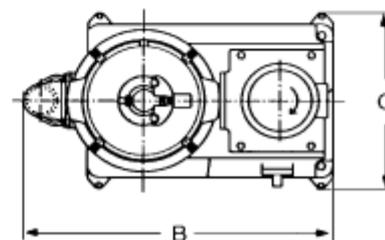
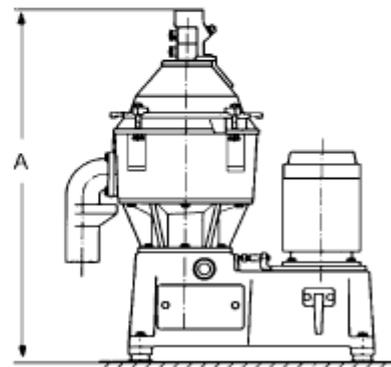
**Technical data in brief**

	MMB 304	MMB 305
Input voltage supply:	220/230, 380/400, 415, 440 V AC (50/60 Hz)	
Power consumption at max. rec. flow for gas oil:	1.4 kW	2.3 kW

**Shipping data**

	Dimensions (mm)	
	MMB 304	MMB 305
A	910	935
B	795	795
C	465	465

Type of equipment	Weight (kg)	
	Net	Gross
Separator MMB 304		
- without motor	185	235
- with motor	201	251
Separator MMB 305		
- without motor	190	240
- with motor	218	268



**Technical documentation**

Complete information and documentation accompany each separator system.

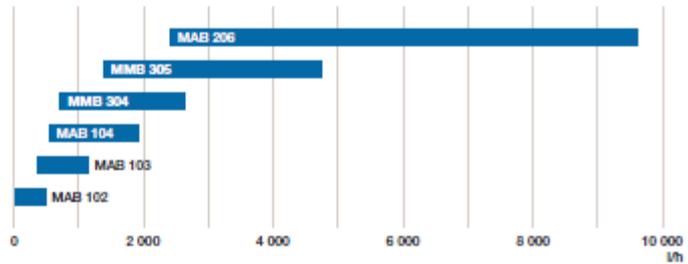
**After Sales support**

Alfa Laval's Preventive Maintenance Program is available for the MMB 300 series. Alfa Laval service engineers are available to assist you with all types of maintenance and repair, and to help you train your personnel.

The use of genuine Alfa Laval spare parts reduces down-time and repair costs. Spare parts kits can be ordered from Alfa Laval Marine Service Centers and stocked as single units.

Intermediate service kits for routine bowl maintenance and major service kits for bowl overhaul are available.

All service kits include detailed service instructions.



**Throughput capacities**

The blue bars indicate range from minimum economical throughput on detergent type lubricating oil for trunk diesel engines to a maximum recommended throughput on distillate fuel (1.5-6 cSt/40°C). Detailed information on throughput capacities is provided on separate data sheets for each model.

For more detailed information see the separate data sheet of each model.



## MAB 206

### Solids-retaining Centrifugal Separator

#### Efficient oil cleaning

Clean oil is crucial for the safe, reliable and economical running of virtually all kinds of equipment that uses oils for either fuel, lubrication or in hydraulic systems. Clean oil reduces wear and corrosion on all equipment installed downstream, thus helping avoid breakdowns and cutting back on downtime throughout a plant or installation.

#### The impact of contaminants in oil

Contaminants in lubricating and hydraulic oils have serious effects on system performance, operating costs and durability.

For example, the presence of solid particles:

- abrades metal surfaces
- increases friction
- clogs filters

Similarly, if water is present in the oil, this:

- causes corrosion
- reacts with additives
- forms oil/water emulsions
- causes significant deterioration in the performance of the oil.
- eliminates or reduces corrosion by removing any water present in the oil

#### Standard equipment

The separator is working either with two or three phases and could easily be changed between the two different versions: clarifier and purifier.



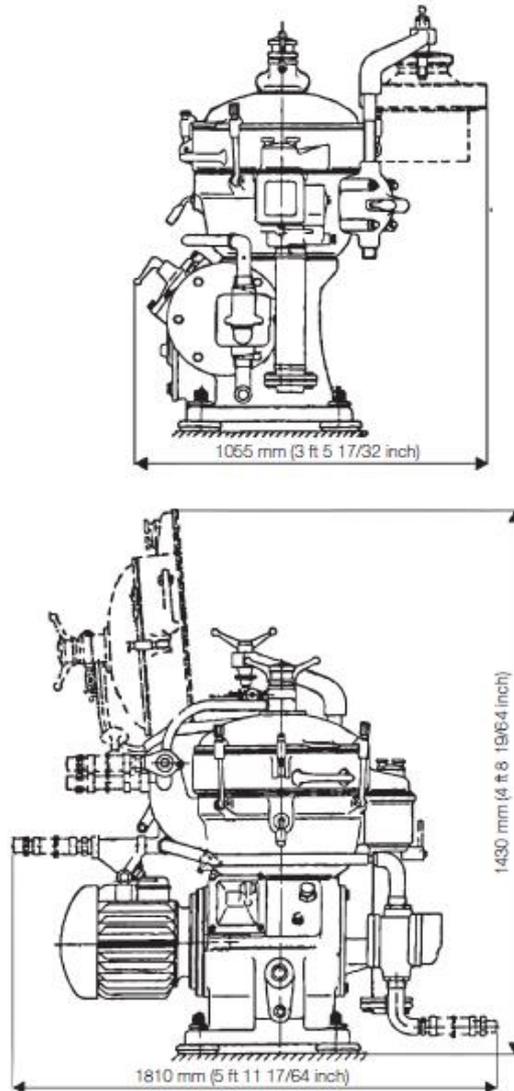
MAB 206 complete with motor

#### Features and benefits

Compact and robust design with the following benefits:

- Simple installation, operation and maintenance
- Internal paring disc for discharge of clean oil
- Large sludge space
- Sludge basket for easy removal of sludge
- Flexibility: the bowl may be used either as purifier or clarifier
- Extremely reliable, ensuring long service life eliminates or reduces corrosion by removing any water present in the oil

**Dimensions**



**Clarifier**

- 1. Oil inlet
- 2. Clean oil outlet
- 3. Sludge

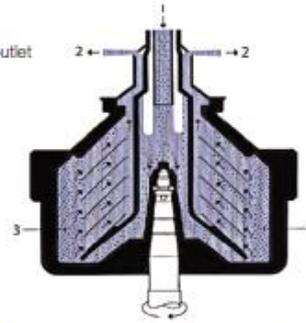


Fig 2 MAB bowl arranged as a clarifier for separating oils containing sludge and a very small quantity of water.

**Purifier**

- 1. Oil inlet
- 2. Clean oil outlet
- 3. Sludge
- 4. Oil/water interface
- 5. Water outlet

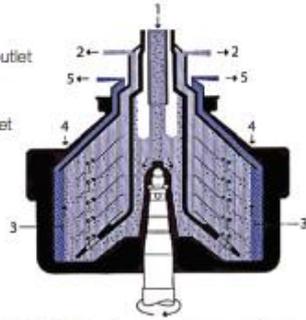


Fig 3 MAB bowl arranged as a purifier for separating oils containing sludge and an appreciable quantity of water.

**Technical specifications**

Max. throughput capacity	10.6 m <sup>3</sup> /h <sup>1)</sup>
Sludge and water space	3.4 l
Feed temperature range	0 - 100 °C
Installed motor power	5.5 / 12 kW <sup>2)</sup>
Sound pressure	75 dB(A) <sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Actual capacity depends on composition of feed and separation demands.

<sup>2)</sup> Without built-on pump 5.5 kW

With built-on pump 12 kW

<sup>3)</sup> According to ISO 3744 or 3746

**Utilities consumption**

Electric power	3.3 – 8 kW <sup>1)</sup>
----------------	--------------------------

<sup>1)</sup> Actual consumption depends on throughput capacity, feed characteristics.

**Shipping data (approximate)**

Net weight	420 kg (926 lbs)
Gross weight	525 kg (1 157 lbs)
Volume	2.1 m <sup>3</sup>

PCHS00112EN 1309

Alfa Laval reserves the right to change specifications without prior notification.

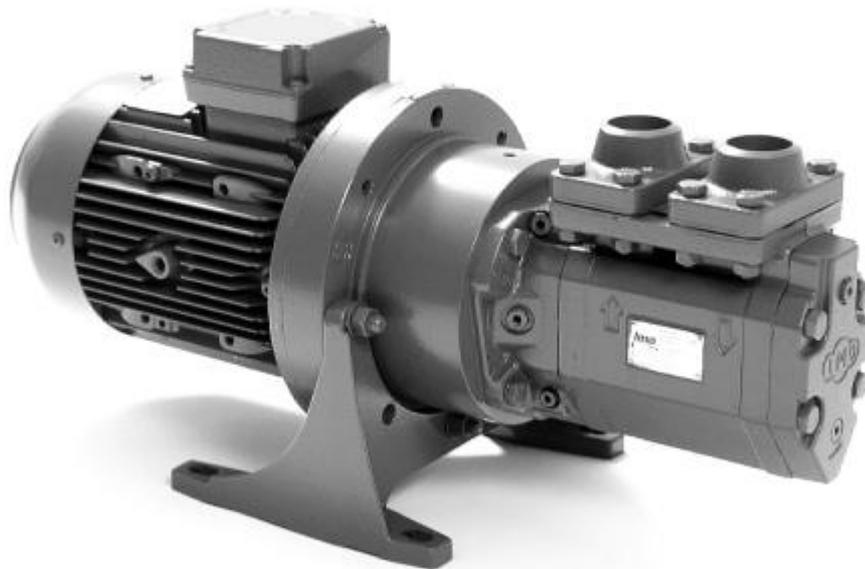
**How to contact Alfa Laval**  
Up-to-date Alfa Laval contact details for all countries are always available on our website at [www.alfalaval.com](http://www.alfalaval.com).

## 6.4 Bombas de Tornillo

# ACE3 Std Line



## Product Description



Flow volume:	10 - 180 l/min
Max differential pressure:	16 bar
Applications:	Circulation, lubrication and transfer

## 1. Applications

### 1.1 Functionality

The Std Line (standard) ACE pump comes in two executions; Lube Line and Fuel Line. The main difference is the shaft seal design; (V-Seal) - optimized for light duty and (T-Seal) - heavy duty respectively.

The ACE pump is used for a number of different fluids:

Lubrication oil, fuel oil, vegetable oil, hydraulic oil and other hydraulic fluids, polymers, emulsions and any non-aggressive fluid with sufficient lubricating properties.

If requested, the ACE pump may be certified according to any of following classification societies: DNV, BV, LRS, ABS, RS, GL, RINA, KR, NK, RMR or CCS.

### 1.2 Applications

Typical applications are:

- Lubrication of diesel engines, gears, gas and steam turbines, hydro turbines and paper machines
- Circulation for cooling and filtration in large machineries, hydraulic systems and transformer oil for insulation in transformers
- As transfer pumps onboard vessels, in power plants, oil factories, refineries, tank farms etc
- Fuel supply duties for engines
- Supply and circulation of fuel oil

### 1.3 Installation

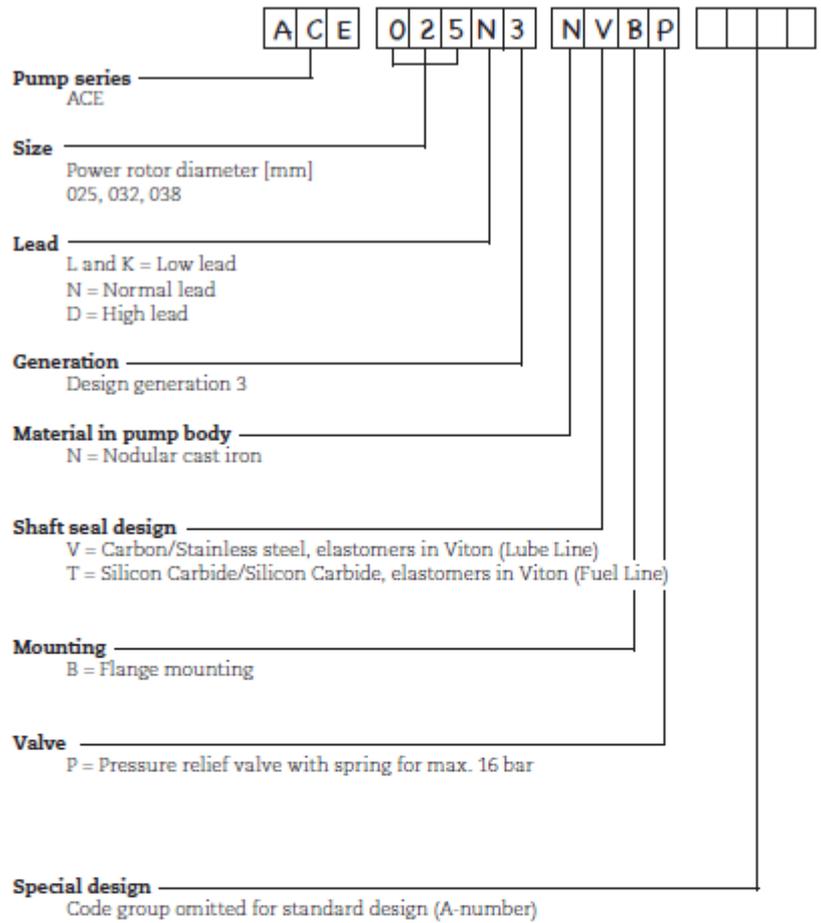
The pump is designed to be flange-mounted to its electric motor via a connecting frame and a flexible shaft coupling. By the angle bracket, the pump may be mounted horizontally or vertically.

The ACE pump can also be mounted on valve blocks called T4 or T5.

As standard, the pump is delivered including counter flanges (IMO AB design).

For more information about installation, see Installation and Start-up instruction for low pressure pumps.

## 2. Pump model code



## 3. Technical Data

### 3.1 Pressure Information

#### Pressure relief valve

The pump is equipped with an integral pressure relief valve with internal return, limiting the differential pressure across the pump and protecting the pump. Should the discharge line be blocked, the relief valve will open by the pressure.

The valve is adjustable for different opening pressures. The value of the pressure limit can be set at the factory and should be adjusted at installation (see Installation & Start-up instruction for low-pressure pumps).

The maximum pressure accumulation varies with pump size, speed and viscosity, but will normally not exceed 4 bar.

The valve has a maximum set pressure of 16 bar.

#### Inlet pressure

Minimum inlet pressure (suction capability) is dependent on fluid viscosity and rotation speed. It increases with decreasing viscosity and decreasing speed. Information about minimum inlet pressure for each individual duty case can be obtained from IMO AB or pump selection software WinPump.

Maximum inlet pressure is 7 bar.

#### Discharge pressure

Maximum discharge pressure is 16 bar.

#### Differential pressure

Maximum differential pressure is 16 bar but reduced at low viscosities according to table below

Viscosity [cSt]	1,4	2	6	10	>12
Max. diff. pressure [bar]	6,9	8	12,4	15	16

Refer to your IMO representative or use the pump selection software WinPump to determine the exact operating limits.

### 3.2 Driver information

#### Driver type

The pump is designed to be connected to an electrical motor via a flexible shaft coupling.

#### Speed

The maximum speed is 3600 rpm. For higher speeds, contact IMO AB.

#### Rotation

The pump is designed to operate in one rotational direction only, as standard clockwise when facing the shaft end. Pumps for CCW operation can be delivered on special request.

For shorter periods of time, a few minutes for emptying a discharge line, the pump may be operated in reverse direction, provided the back pressure is limited to 3 bar.

### 3. Technical Data

#### 3.3 Sound level

Typical pump sound levels refer to free field conditions at a distance of 1 m from the pump. Noise of driver excluded in the quoted figures. The sound levels are measured at a discharge pressure of 5 bar, speed 2940 rpm and viscosity 40 cSt, according to ISO-3741.

Size	025	032	038
Sound level dB [A]	58	58	58

#### 3.4 Moment of Inertia

Moment of inertia [ $10^{-6}$ kgm <sup>2</sup> ]			
Size	025	032	038
Value	49	72	194

#### 3.5 Fluid viscosity

Lube Line seal (Seal version code V):  
1,4 – 800 cSt for Lube and hydraulic oil

Fuel Line seal (Seal version code T):  
1,4 – 3500 cSt for Fuel oil

For higher viscosity, contact IMO AB.

#### 3.6 Fluid temperature

Lube Line (Seal version code V): -20 – +90 °C  
Fuel Line (Seal version code T): -20 – +155 °C

## 4. Design

#### 4.1 Ball bearing

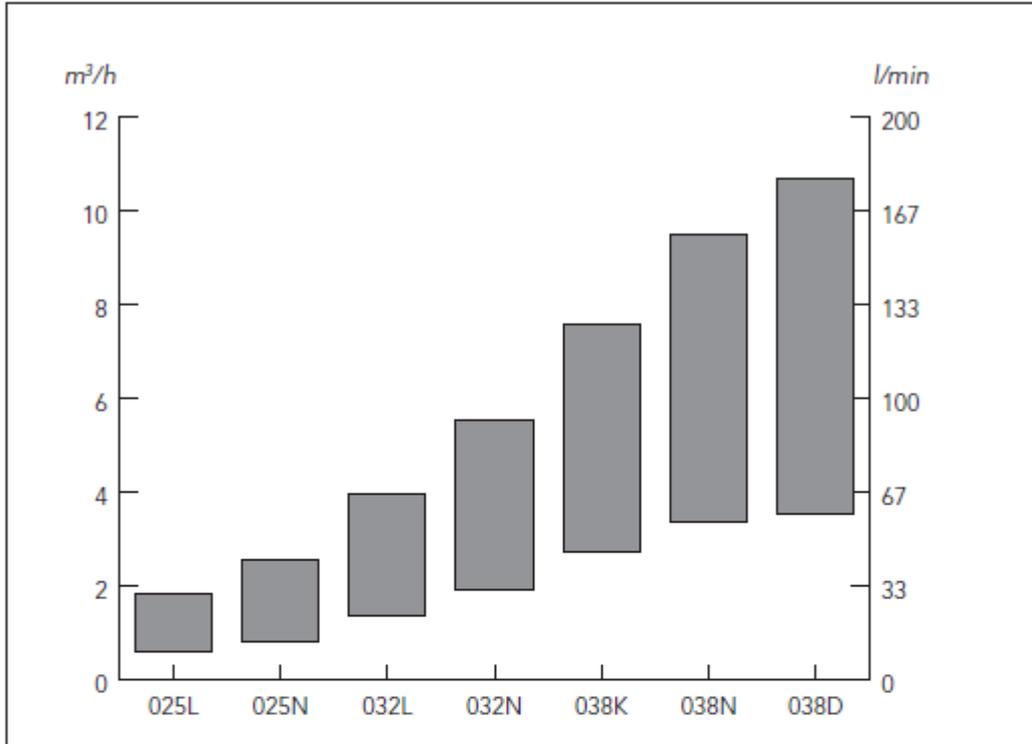
The pump is fitted with an internal ball bearing which continuously is being greased by the handling media.

#### 4.2 Design material

Model	Material pump	Material rotor	Material idler	Material seal	Material Elastomers
ACE NV	Nodular cast iron	Steel, surface treated	Cast iron, surface treated	Carbon/Silicon carbide	Viton
ACE NT	Nodular cast iron	Steel, surface treated	Cast iron, surface treated	Silicon carbide / Silicon carbide	Viton

## 5. Performance

Typical performance values at 5 bar  
Flow calculated at 26 cSt, power at 260 cSt.



<b>025L</b>			<b>025N</b>		
<b>rpm</b>	<b>l/min</b>	<b>kW</b>	<b>l/min</b>	<b>kW</b>	
1470	10,0	0,3	13,5	0,4	
1770	12,9	0,4	17,7	0,5	
2950	24,5	0,9	34,1	1,0	
3550	30,4	1,1	42,5	1,3	

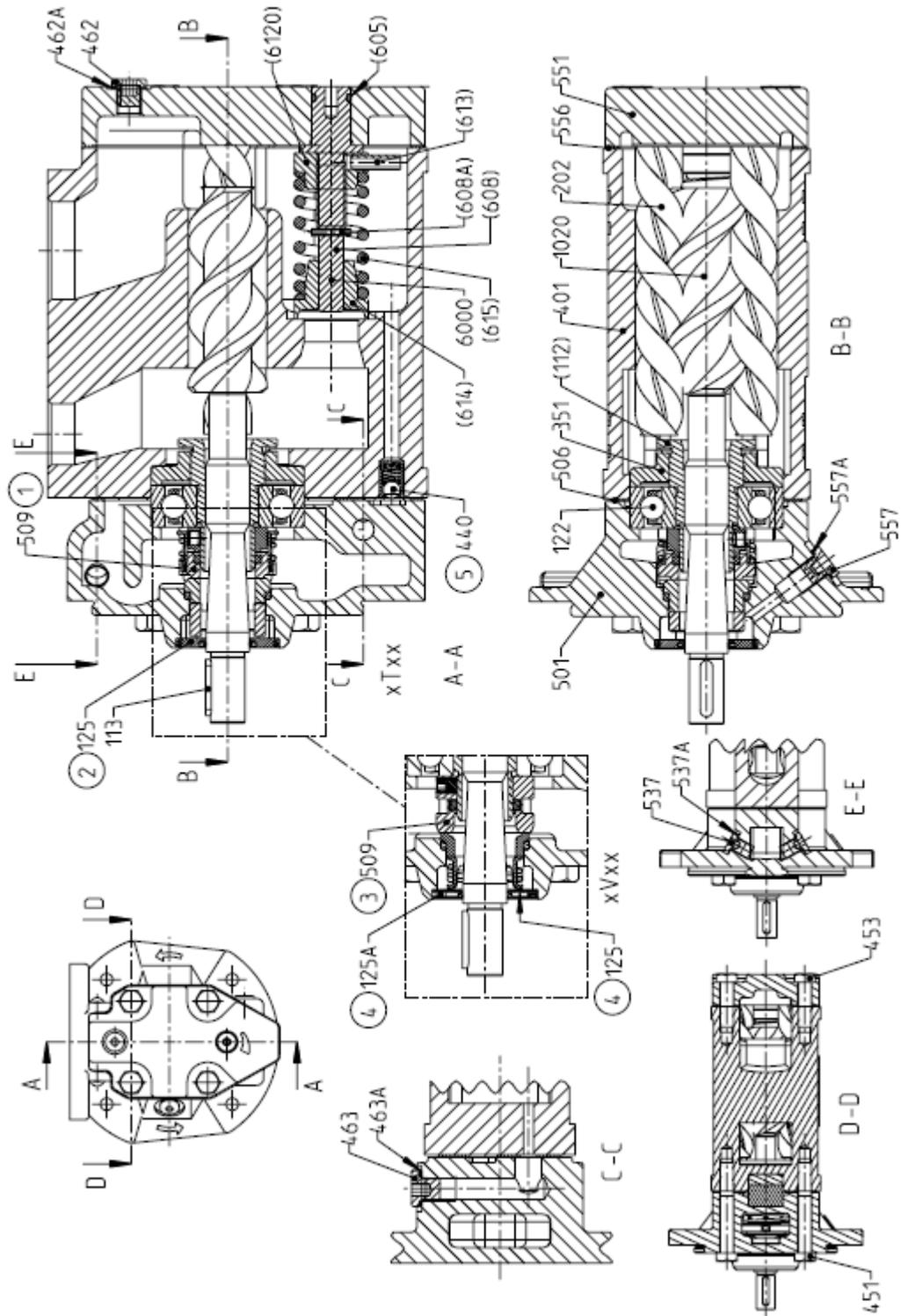
  

<b>032L</b>			<b>032N</b>		
<b>rpm</b>	<b>l/min</b>	<b>kW</b>	<b>l/min</b>	<b>kW</b>	
1470	22,8	0,5	35,9	0,8	
1770	29,0	0,7	44,6	1,0	
2950	53,3	1,3	79,0	1,9	
3550	65,6	1,7	96,4	2,4	

<b>038K</b>			<b>038N</b>		<b>038D</b>	
<b>rpm</b>	<b>l/min</b>	<b>kW</b>	<b>l/min</b>	<b>kW</b>	<b>l/min</b>	<b>kW</b>
1470	45,5	1,0	55,8	1,3	59,1	1,2
1770	57,1	1,3	70,5	1,7	76,2	1,5
2950	102,9	2,5	128,4	3,2	143,9	2,9
3550	126,2	3,2	157,9	4,1	178,2	3,6

**6. Sectional view**



## 6.5 Compresores

### BAUER KOMPRESSOREN

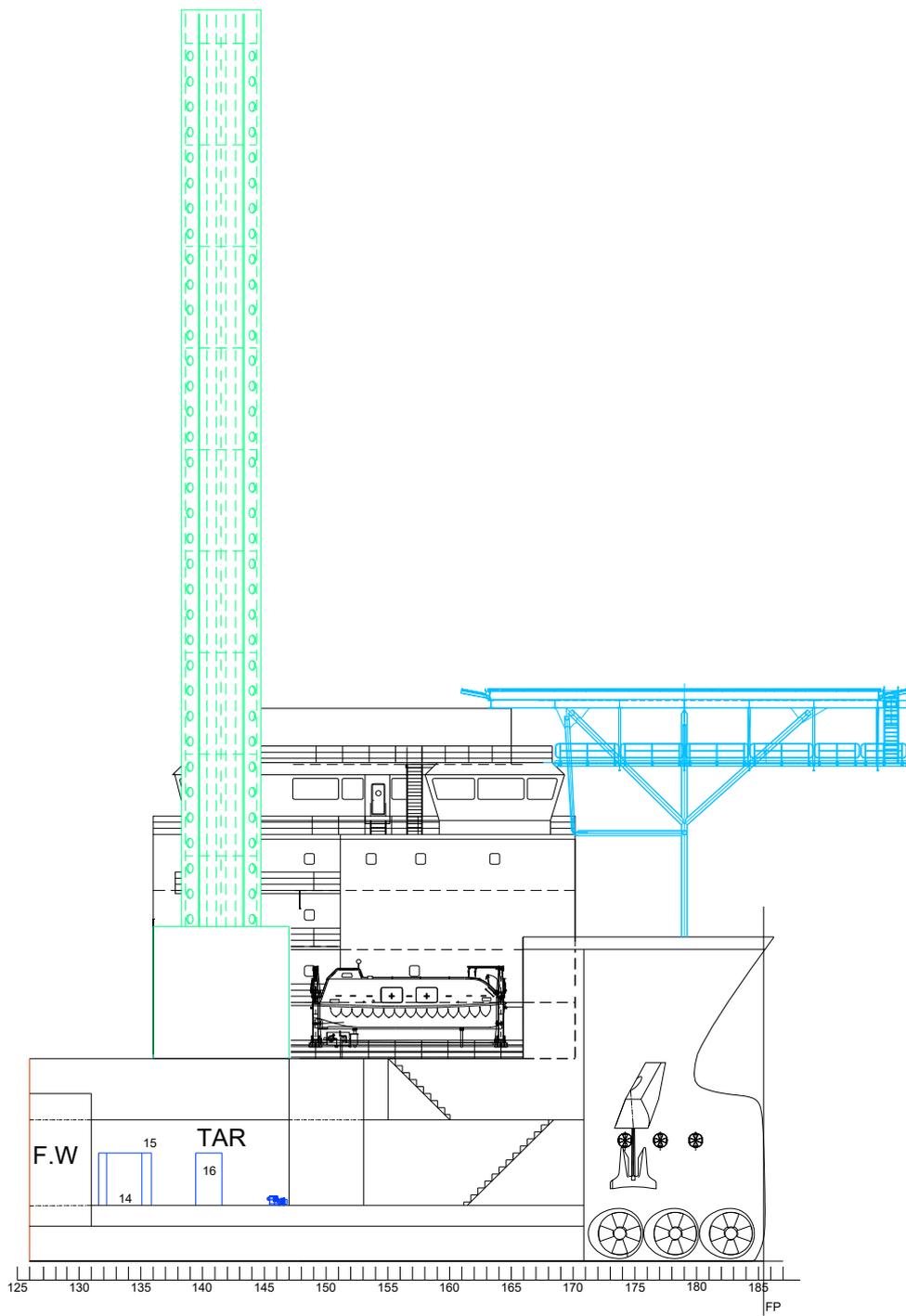
30 - 68 BAR

AIR N<sub>2</sub>

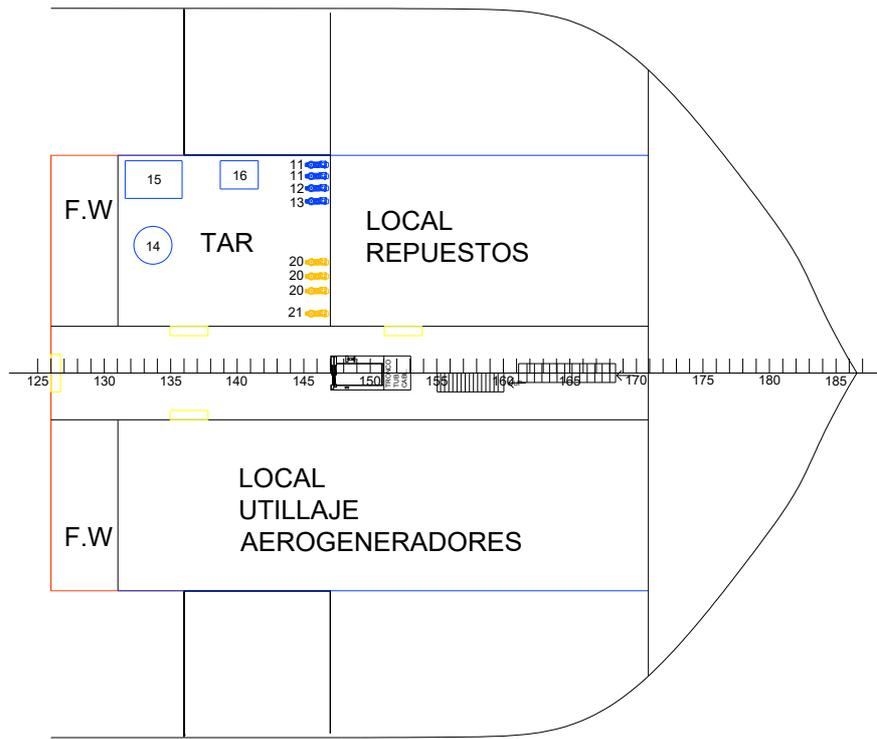
Model	F.A.D. <sup>1</sup>			Max. operating pressure <sup>2</sup>		No. of stages	Speed approx. rpm	Motor-power kW	Power-consumption <sup>1</sup> kW	Net weight approx.	
	l/min	m <sup>3</sup> /h	cfm	bar	psig					kg	lbs
<b>MINI VERTICUS, 215 l/min, 30 - 68 bar</b>											
B 12.4-4-MV	215	13	7.6	68	1000	3	1420	4	3.5	324	714
<b>K 22 - K 28 SERIES, 670 - 6800 l/min, 30 - 63 bar</b>											
B 22.5-11	670	40	24	68	1000	3	920	11	10	450	1000
B 22.5-15	950	57	34	68	1000	3	1310	15	14	460	1010
B 23.4-22	1350	81	48	68	1000	3	920	22	20	670	1470
B 23.4-30	1730	104	61	68	1000	3	1200	30	26	740	1630
B 25.4-37	2400	144	85	68	1000	3	1070	37	36	1430	3150
B 25.4-45	2850	171	100	68	1000	3	1270	45	43	1460	3210
B 28.2-55	3400	204	120	68	1000	3	1050	55	51	1500	3300
B 28.3-90	5900	354	208	68	1000	3	940	90	88	2160	4750
B 28.3-110	6800	408	240	68	1000	3	1050	110	102	2330	5130

## **6.6 Planos CM**

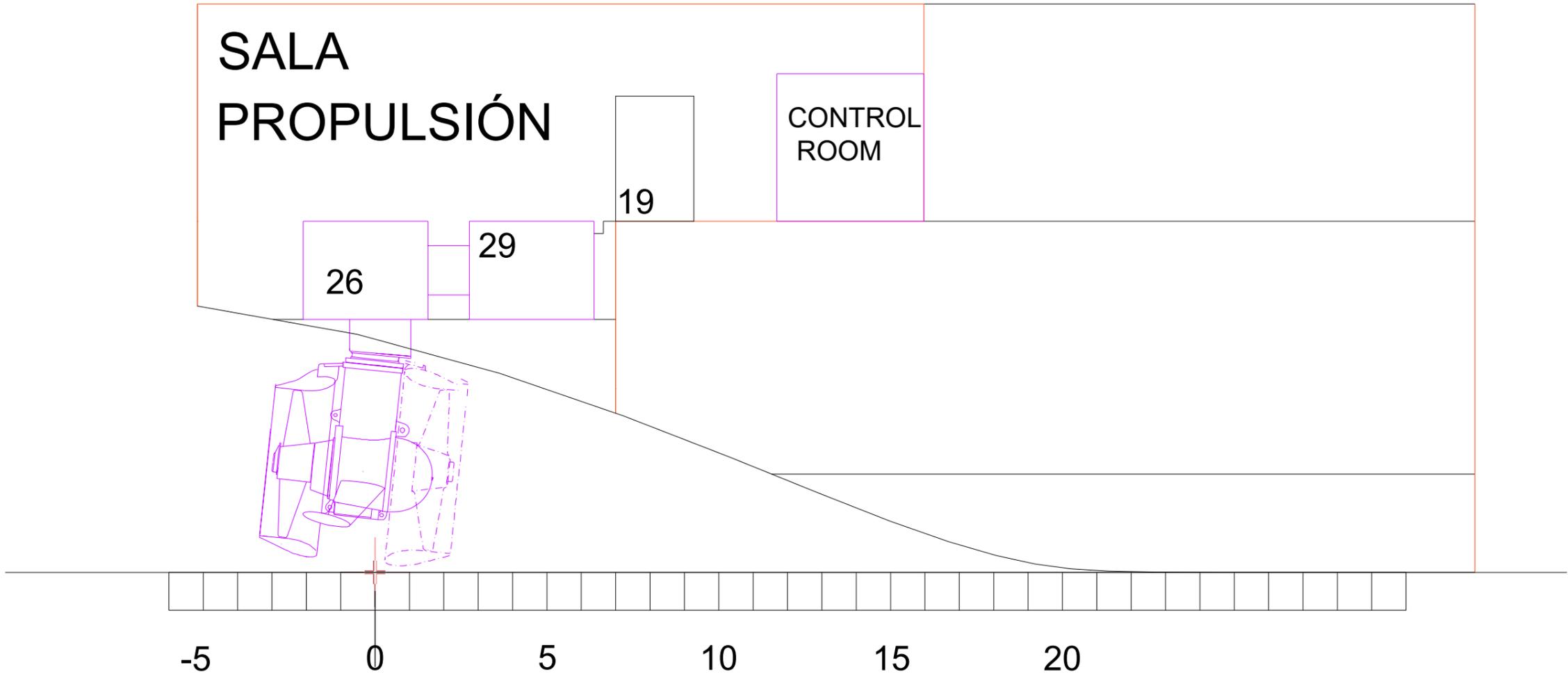
La cámara de depuración indicada en los planos del cuaderno 4, sufre una pequeña modificación para incorporar más espacios en la zona de proa, a continuación, se reflejan dichos espacios en los planos.



ESCALA 1:400	SISTEMA 	SISTEMA 	FORMATO <b>UNE A-4</b>	COMPARTIMENTADO PROA
AUTOR	NOMBRE MELO BELLO, ANTONIO	FECHA	FIRMA AMB	
COMPROBADO				
DIRECTOR PROYECTO	MÍGUEZ GONZÁLEZ, MARCOS			
				HOJA 1 DE 7

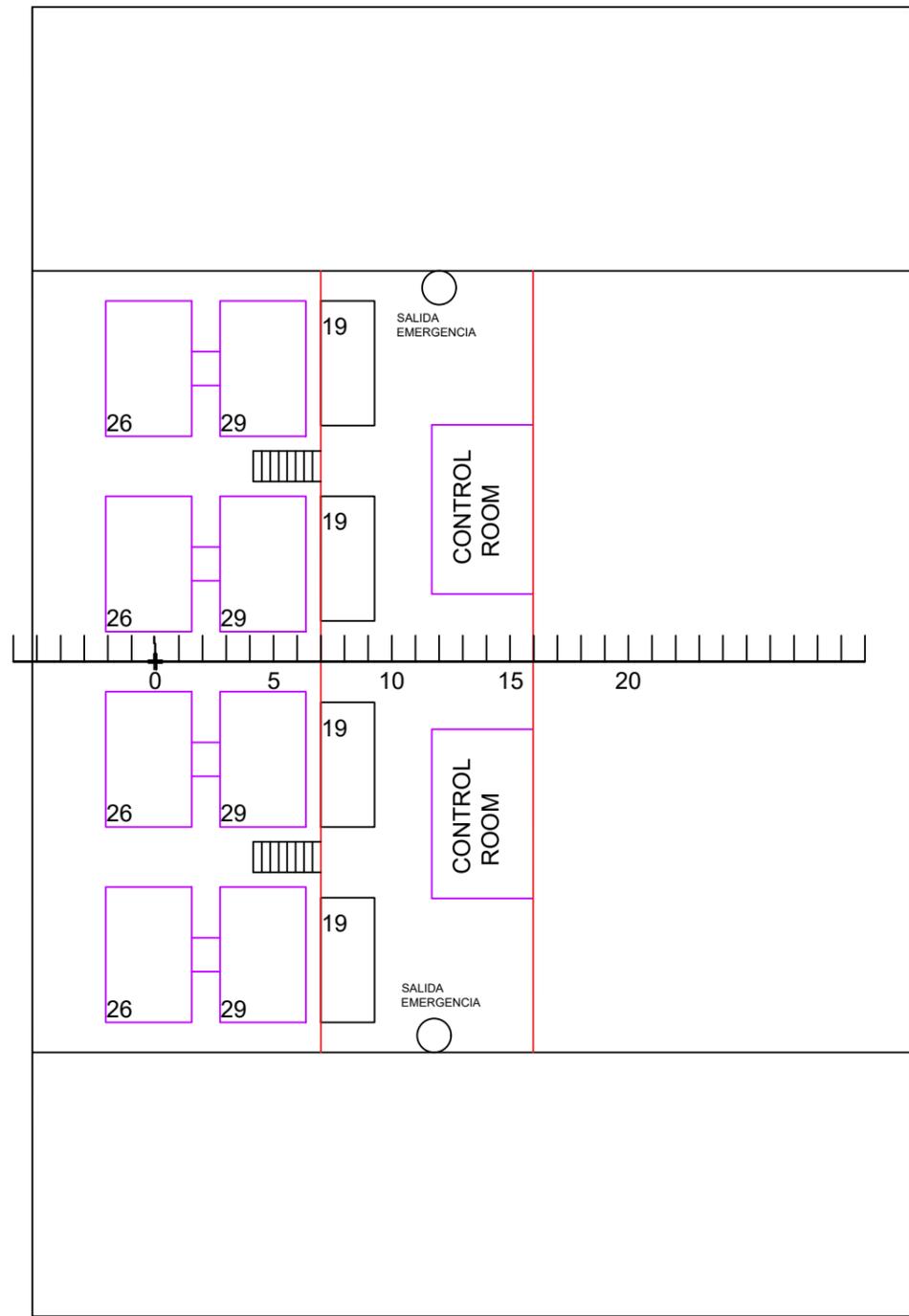


ESCALA 1:400	SISTEMA 	SISTEMA 	FORMATO <b>UNE A-4</b>	COMPARTIMENTADO PROA
AUTOR	NOMBRE MELO BELLO, ANTONIO	FECHA	FIRMA AMB	
COMPROBADO				
DIRECTOR PROYECTO	MÍGUEZ GONZÁLEZ, MARCOS			
				HOJA 2 DE 7

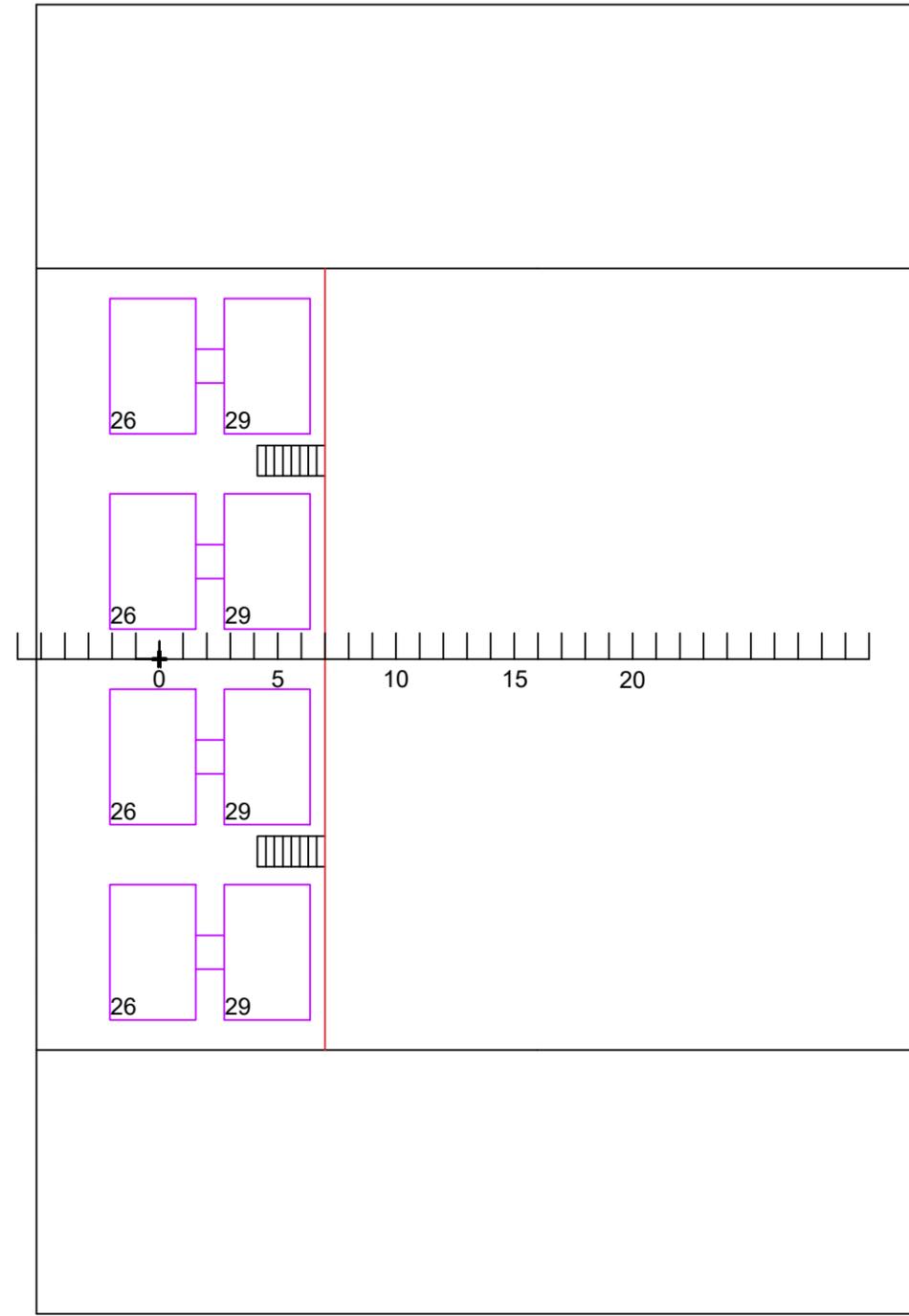


ESCALA	SISTEMA		SISTEMA	FORMATO	PLANO PERFIL CÁMARA PROPULSORES
1:100				UNE A-3	
AUTOR	NOMBRE	FECHA	FIRMA		
MELO BELLO, ANTONIO			AMB		
COMPROBADO					
DIRECTOR PROYECTO	MÍGUEZ GONZÁLEZ, MARCOS				HOJA 3 DE 7

CÁMARA SUPERIOR DE PROPUSLORES



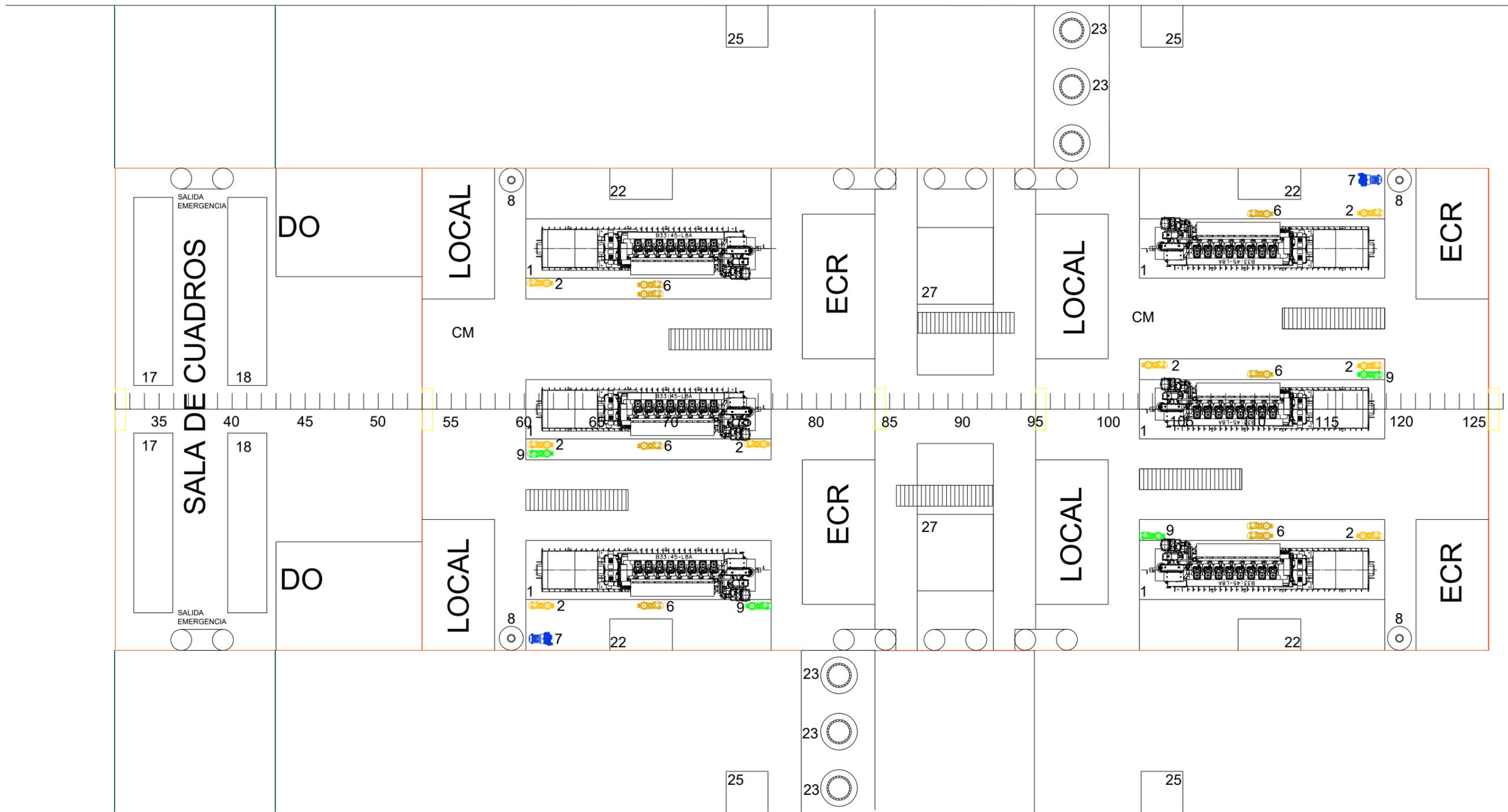
CÁMARA INFERIOR DE PROPUSLORES



CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

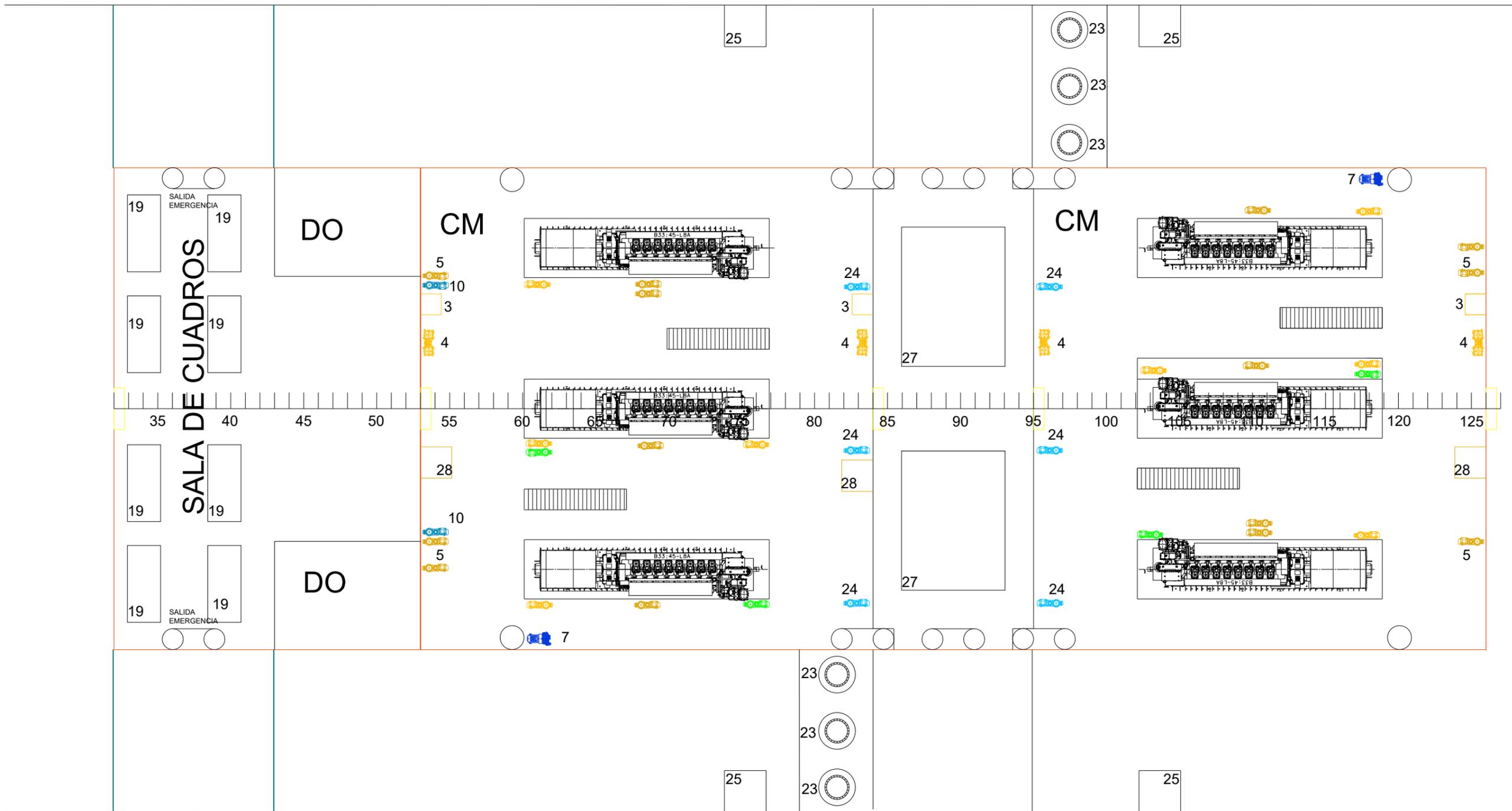
ESCALA 1:200	SISTEMA		FORMATO <b>UNE A-3</b>	PLANO PLANTA CÁMARA PROPULSORES
AUTOR	NOMBRE MELO BELLO, ANTONIO	FECHA	FIRMA AMB	
COMPROBADO				
DIRECTOR PROYECTO	MÍGUEZ GONZÁLEZ, MARCOS			HOJA 4 DE 7



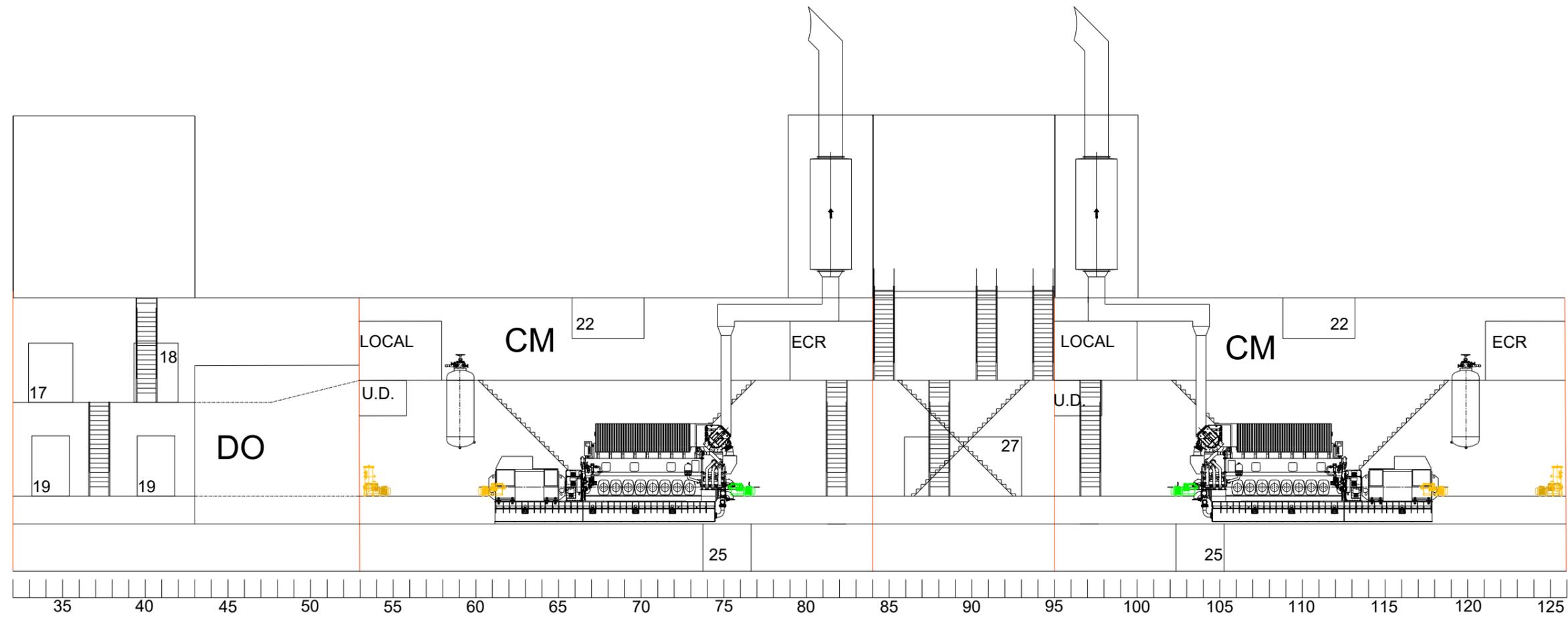
ESCALA	SISTEMA		SISTEMA	FORMATO	PLANTA SUPERIOR CÁMARA DE MÁQUINAS
1:200				UNE A-3	
AUTOR	NOMBRE		FECHA	FIRMA	
MELO BELLO, ANTONIO				AMB	
COMPROBADO					
DIRECTOR PROYECTO	MÍGUEZ GONZÁLEZ, MARCOS				

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



ESCALA	SISTEMA		SISTEMA	FORMATO	PLANTA INFERIOR CÁMARA DE MÁQUINAS
1:200				UNE A-3	
AUTOR	NOMBRE		FECHA	FIRMA	
MELO BELLO, ANTONIO				AMB	
COMPROBADO					
DIRECTOR PROYECTO	MÍGUEZ GONZÁLEZ, MARCOS				HOJA 6 DE 7



ESCALA	SISTEMA		FORMATO	PERFIL CÁMARA DE MÁQUINAS, GRUPO HIDRÁULICO Y TRNASFORMADORES
1:200			UNE A-3	
AUTOR	NOMBRE	FECHA	FIRMA	
COMPROBADO	MELO BELLO, ANTONIO		AMB	
DIRECTOR PROYECTO	MÍGUEZ GONZÁLEZ, MARCOS			

### 6.6.1 Elementos

NÚMERO	ELEMENTO
1	GENERADORES
2	BOMBAS DE CEBADO DE ACEITE
3	SEPARADOR DE ACEITE
4	FILTRO DÚPLEX
5	BOMBA TRASIEGO COMBUSTIBLE
6	BOMBAS ALIMENTACIÓN COMBUSTIBLE
7	COMPRESOR DE AIRE
8	BOTELLAS DE AIRE
9	BOMBAS DE SENTINA
10	BOMBAS DE LASTRE
11	BOMBAS DE SUMINISTRO AGUA DULCE
12	BOMBA CIRCULACIÓN A.FRÍA
13	BOMBA CIRCULACIÓN A.CALIENTE
14	CALENTADOR
15	PLANTA TAR
16	POTABILIZADORA
17	CUADROS DE 6600V
18	CUADROS DE 690V
19	TRANSFORMADORES
20	BOMBA CI
21	BOMBA EMERGENCIA CI
22	VENTILADORES CM
23	SILENCIADORES
24	BOMBAS DE AGUA SALADA
25	TOMAS DE MAR
26	PROPULSORES POPA
27	GRUPO HIDRÁULICO
28	PURIFICADORA DO
29	MOTOR PROPULSOR