



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

**Trabajo Fin de Grado**

**CURSO 2019/20**

---

*BARCAZA BUNKERING MULTIPRODUCTO Y COLD  
IRONING*

---

**Grado en Ingeniería Naval y Oceánica**

**ALUMNO**

Julio Elías Sánchez

**TUTOR**

Raúl Villa Caro

**FECHA**

JULIO 2020

## GRADO EN INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA

### TRABAJO FIN DE GRADO

*CURSO 2.018-2019*

#### **PROYECTO NÚMERO 19-99**

**TIPO DE BUQUE:** TOWED BUNKERING BARGE (BARCAZA DE BUNKERING SIN PROPULSIÓN PARA SER REMOLCADA)

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

DNV GL Non self-propelled unit ICE CLASS C. Class notation: Barge SHELTERED WATERS. INTERNATIONAL VOYAGES. Código IMO para la construcción y el equipo de buques que transporten gases licuados a granel; Convenio Internacional para prevenir la contaminación por los buques, 1973, modificado por el protocolo de 1978 y por el Protocolo de 1997 (Convenio MARPOL). Convenio Internacional sobre líneas de carga, 1966 Y ENMIENDAS. Convenio sobre el Reglamento Internacional para prevenir los abordajes, 1972 (Convenio COLREG). SOLAS ÚLTIMA EDICIÓN APLICABLE.

**CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA:** Capacidad de transporte y transferencia de LNG, así como operaciones de suministro eléctrico "cold ironing". MULTIPRODUCTO DE COMBUSTIBLES FÓSILES COMO HFO LSFO MDO 2500 TPM. 450 m<sup>3</sup> de LNG.

**VELOCIDAD Y AUTONOMÍA:** 10 nudos siendo remolcada o empujada. Calcular la capacidad de las embarcaciones auxiliares para ello.

**SISTEMAS Y EQUIPOS DE CARGA / DESCARGA:** Tanque/s para LNG de tipo C y su correspondiente brazo de transferencia. Dos grupos electrógenos a gas y uno DF y una grúa de transferencia de cables situada en un costado.

**PROPULSIÓN:** No autopropulsada. Posibilidad de duplicar la capacidad del diseño mediante un tren de barcasas. 2 o 4 unidades máximo.

**TRIPULACIÓN Y PASAJE:** 10 personas en camarotes individuales.

**OTROS EQUIPOS E INSTALACIONES:** DISPOSITIVO DE REMOLQUE POR PROA O DE SER EMPUJADA POR POPA.

Ferrol, 18 Marzo 2019

ALUMNO/A: **D<sup>a</sup> Julio Elías Sánchez**

## 2 RESUMEN

### 2.1 Castellano

En estos Cuadernos se pretende reflejar el proceso completo del proyecto de diseño, construcción y evaluación económica de una barcaza de *bunkering* multiproducto, con capacidad de transporte tanto de combustibles navales tradicionales (HFO, MDO, LSFO) como de Gas Natural Licuado (LNG). Asimismo, el buque proyectado también será destinado a labores de suministro eléctrico entre buques (*Cold Ironing*).

### 2.2 Gallego

Nestes Cuadernos preténdese amosar o proceso completo do proxecto de diseño, construción e avaliación económica dunha barcaza de *bunkering* multiproducto, con capacidade de transporte tanto de combustibles navais tradicionais (HFO, MDO, LSFO) como de Gas Natural Licuado (LNG). Asemade, o buque proxectado tamén será destinado a labores de suministro eléctrico entre buques (*Cold Ironing*).

### 2.3 Inglés

In these Booklets the whole process of design, construction and economic evaluation of a multiproduct bunker barge, with capacity of transportation of traditional marine fuels (HFO, MDO, LSFO) and Liquefied Natural Gas (LNG). Likewise, the projected ship will also be destined to ship to ship electricity supply activities (Cold Ironing).



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

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

---

*BARCAZA BUNKERING MULTIPRODUCTO Y COLD  
IRONING*

---

**Grado en Ingeniería Naval**

**Cuaderno 10:**

**DEFINICIÓN DE LOS SISTEMAS DE LA CÁMARA DE MÁQUINAS.**

## ÍNDICE

1 RPA .....	2
2 Resumen .....	3
2.1 Castellano.....	3
2.2 Gallego .....	3
2.3 Inglés.....	3
3 Introducción .....	7
4 Selección de la planta eléctrica principal.....	8
5 Consumo de combustible y autonomía .....	11
5.1 Consumo de LNG .....	12
5.1.1 Consumo durante operaciones de cold ironing .....	13
5.1.2 Consumo durante la navegación .....	13
5.2 Consumo de diésel .....	14
5.2.1 Consumo durante operaciones de cold ironing .....	15
5.2.2 Consumo durante la navegación .....	15
5.3 Consumo de aceite.....	15
6 Servicios auxiliares de la planta generadora principal .....	17
6.1 Sistema de combustible .....	17
6.1.1 Tanques de almacenamiento.....	17
6.1.2 Sistema de regasificación .....	18
6.1.3 Unidad de válvulas de gas (GVU).....	19
6.2 Sistema de lubricación .....	19
6.2.1 Tanques .....	20
6.2.2 Unidad de bombeo .....	21
6.2.3 Venteo del cárter .....	22
6.3 Sistema de aire comprimido.....	22
6.3.1 Aire de arranque .....	22
6.3.2 Aire de control e instrumentación.....	25
6.4 Sistema de refrigeración .....	25
6.4.1 Bombas de agua dulce .....	29
6.4.2 Intercambiadores de calor .....	30
6.4.3 Bombas de agua salada .....	31
6.4.4 Precalentador .....	31
6.5 Sistema de escape .....	33
6.6 Sistema de control .....	36

6.6.1 Control del grupo electrógeno.....	36
6.6.2 Control de la planta.....	37
7 Ventilación de la cámara de máquinas.....	38
7.1 Flujo de aire para la combustión .....	38
7.2 Flujo de aire para la evacuación de la emisión de calor .....	39
7.2.1 Motores de los grupos generadores.....	40
7.2.2 Generadores eléctricos.....	40
7.2.3 Instalaciones eléctricas.....	41
7.2.4 Tuberías de escape .....	41
7.2.5 Otros componentes de la cámara de máquinas .....	42
7.3 Flujo de aire total para la evacuación del calor .....	43
7.4 Ventiladores de la cámara de máquinas .....	45
8 Disposición general de la cámara de máquinas .....	46
9 Bibliografía.....	47
10 Anexos.....	48
10.1 Disposición de la cámara de máquinas.....	48
10.2 Fichas técnicas y catálogos comerciales .....	48

### 3 INTRODUCCIÓN

En líneas generales, el objetivo del presente cuaderno es la descripción de la configuración de la planta propulsora, definiendo sus componentes a partir de los resultados obtenidos en los cuadernos 6, 11 y 12, según sea aplicable, justificando la adecuación de las máquinas térmicas seleccionadas como generadores de energía principales y definiendo los elementos auxiliares necesarios para el funcionamiento de los anteriores. Al final del cuaderno se debe adjuntar una disposición esquemática de la cámara de máquinas de la barcaza, mostrando la configuración en planta de todos los anteriores equipos.

No obstante, de forma análoga a como ha sucedido en otros cuadernos, las peculiaridades del buque a proyectar motivarán una serie de modificaciones necesarias respecto al contenido inicial del cuaderno descrito en el anterior párrafo. La ausencia de planta propulsora a bordo significa que la maquinaria principal de la cámara de máquinas serán los grupos electrógenos que constituyen la planta eléctrica principal. Este servicio del buque ha sido dimensionado en el cuaderno 11, a partir de los resultados obtenidos a través del balance eléctrico de los consumidores a bordo.

Una vez descritos los grupos generadores instalados a bordo, se procederá a la estimación del consumo de combustible y justificación de la autonomía del buque. En el caso de un buque convencional, esto se haría calculando el consumo horario del buque a la velocidad contractual y, a partir del mismo, se determinaría el volumen de combustible requerido para alcanzar la autonomía deseada por el armador. En el caso de que no haya una autonomía prefijada, se calcularía la disponible de igual forma a partir del combustible almacenado a bordo. No obstante, una vez más la peculiaridad del diseño del buque proyecto motiva una serie de cambios obligados en estos cálculos. El volumen máximo de combustible (gas natural concretamente) requerido no vendrá fijado exclusivamente por la autonomía de la barcaza, sino que a esta habrá que sumarle el tiempo desinado al aprovisionamiento eléctrico cold ironing a otros buques.

Acto seguido, se determinarán los sistemas auxiliares de los motores de los grupos generadores, de acuerdo con lo prescrito en las guías de proyecto del fabricante. Se realizará, por este orden, la definición de los siguientes sistemas:

- Agua salada de refrigeración.
- Agua dulce de refrigeración.
- Combustible (tanto LNG como el diésel piloto).
- Aceite lubricante.
- Gases de exhaustación.
- Aire de arranque.

Una vez dimensionados estos sistemas, se procederá al cálculo de la ventilación de la cámara de máquinas de la barcaza. En primer lugar, se calculará el flujo de aire necesario para la combustión de los motores de los generadores y después el flujo de aire para la evacuación de la emisión de calor. En este apartado también se realizará el dimensionamiento de las tuberías de escape definidas por el fabricante.

## 4 SELECCIÓN DE LA PLANTA ELÉCTRICA PRINCIPAL

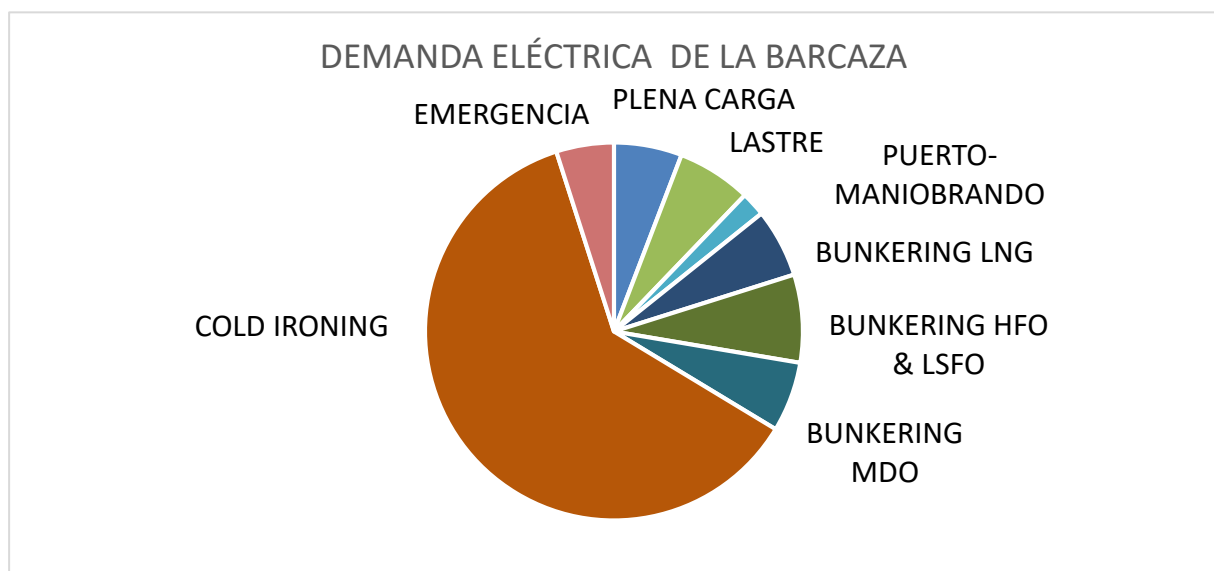
En este capítulo se realizará un breve resumen de proceso de selección de la planta eléctrica principal de la barcaza, que, como ya se ha explicado en la página anterior, constituirá el sistema principal de la cámara de máquinas del buque proyecto. El proceso completo puede consultarse en el cuaderno 11 del presente proyecto.

Los requisitos previos del anteproyecto (RPA) fijan que a bordo se deben instalar 2 grupos generadores a gas natural y otro dual fuel, dejando la configuración de los mismos dentro del servicio eléctrico a criterio del diseñador. Se ha decidido que los 2 primeros constituyan la planta eléctrica principal y el tercero la de emergencia. La que se describirá en este capítulo será la primera, ya que será la que se halla en la cámara de máquinas de la barcaza.

Tras evaluar las diferentes opciones, se ha decidido que trabaje a una tensión de 400 V y la frecuencia europea de 50 Hz. Ante posibles casos de consumidores que trabajen en diferentes condiciones, se dispondrán de transformadores de corriente a bordo.

Una vez realizado el balance eléctrico del buque, se ha obtenido los siguientes consumos para las diferentes situaciones de carga eléctrica del buque proyecto durante su operación normal:

Situación de carga	Potencia demandada (kW)	Potencia + Margen (kW)
Navegación Plena Carga	93.92	103.31
Navegación Lastre	102.62	112.88
Puerto-maniobrando	33.87	37.257
Bunkering LNG	95.2	104.72
Bunkering HFO& LSFO	105.42	115.96
Bunkering MDO	98.4	108.24
Cold ironing	997.88	1097.67



En vista de esta situación de la demanda eléctrica y tras realizar un análisis de las diferentes configuraciones posible, se ha decidido instalar 2 grupos electrógenos de la reconocida firma MTU, con diferentes potencias nominales cada uno de ellos. De esta manera, el de mayor



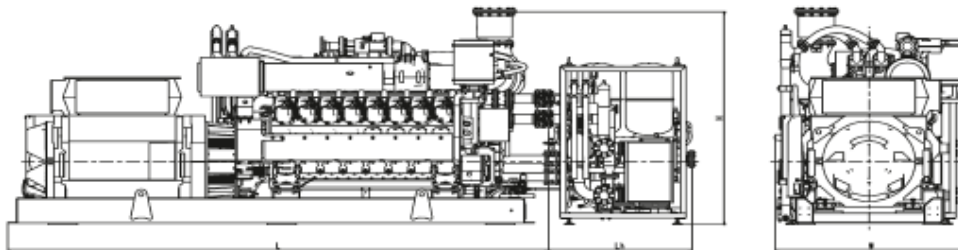
tamaño (12V4000 GS-L32, con una potencia nominal de 1169 kW) sólo trabajará de forma conjunta con el de menor tamaño (6R400 GS-E3066 D4, con una potencia nominal de 135 kW) durante la situación de cold ironing, mientras que estará en stand-by durante el resto de situaciones de carga eléctrica, en las que trabajará el de menor potencia de forma exclusiva.

A continuación se muestran las especificaciones principales de los grupos generadores, con sus dimensiones y característica técnicas:

### Modelo 12V4000 GS-L32 (Pot. Nom.=1169 kW)

Genset type	Engine type	Output Elect. <sup>1)</sup>	Therm. <sup>2)</sup>	Exhaust <sup>3)</sup>	Low Temp.	Energy input <sup>4)</sup>	Efficiency Electr.		Methane number <sup>5)</sup>
		kW <sub>e</sub>	kW <sub>th</sub>	kW <sub>th</sub> (°C)	kW <sub>th</sub> (°C)		n <sub>e</sub> (%)	n <sub>tot</sub> (%)	
<b>Hot ambient conditions</b>									
MTU 8V4000 GS	L32	776	460	420 (120)	32 (53)	1853	41,9	89,4	≥ 80
MTU 12V4000 GS	L32	1169	652	638 (120)	43 (53)	2747	42,6	89,5	≥ 80
MTU 16V4000 GS	L32	1560	890	805 (120)	76 (53)	3651	42,7	89,2	≥ 80
MTU 16V4000 GS	L64 FNER	1999	1155	965 (120)	90 (58)	4558	43,9	90,4	≥ 80
MTU 16V4000 GS	L64 FNER	2028	1173	974 (120)	93 (58)	4622	43,9	90,3	≥ 80
MTU 20V40 00 GS	L64 FNER	2538	1441	1243 (120)	150 (58)	5781	43,9	90,3	≥ 80

### Drawings and dimensions



Note: This drawing is provided for reference only and should not be used for installation planning.

Genset type	Dimensions genset (LxWxH)	Heat recovery module (LxWxH)
MTU 8V4000 GS	4200 x 2000 x 2300 mm	1500 x 1900 x 2000 mm
MTU 12V4000 GS	5000 x 2000 x 2300 mm	1500 x 1900 x 2000 mm
MTU 16V4000 GS	5500 x 2000 x 2300 mm	1500 x 1900 x 2000 mm
MTU 20V4000 GS	6600 x 2000 x 2300 mm	1500 x 1900 x 2000 mm

### Engine data

<b>4000</b>	
Configuration	90° V
No. of cylinders	8/12/16/20
Bore/stroke	170/210 mm
Cyl. displacement	4,77 lit.

### Design and equipment (extract)

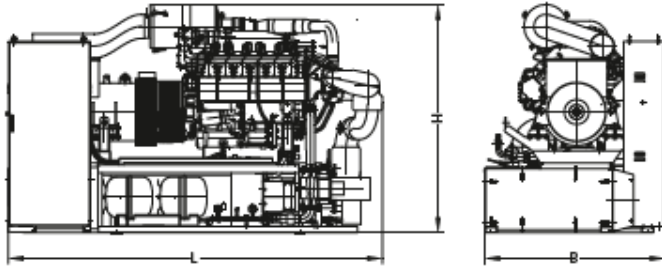
- Sliding gear starter 24V
- Gas supply with electronically controlled gas metering valve
- Electronic high-voltage capacitor ignition system with one ignition coil per cylinder
- Electronic speed governor for speed and power output control with automatic knocking control

### 6R400 GS-E3066 D4 (Pot. Nom.=135 kW)

Gas genset with optional heat recovery (90°/70°C heating water circuit)

Genset type	Engine type	Output Elect. <sup>1)</sup>	Therm. <sup>2)</sup>	Exhaust <sup>3)</sup>	Low Temp.	Energy input <sup>4)</sup>	Efficiency Electr.		Methane number <sup>5)</sup>
		kW <sub>e</sub>	kW <sub>th</sub>	kW <sub>th</sub> (°C)	kW <sub>th</sub> (°C)		n <sub>e</sub> (%)	n <sub>tot</sub> (%)	
MTU 6R400 GS*	E3066 D4*	135	115	89 (90)	---	371	36.4	91.4	≥ 70
MTU 6R400 GS	E3066 L9	182	122	143 (120)	---	506	36.0	88.3	≥ 70

### Drawings and dimensions



Note: This drawing is provided for reference only and should not be used for installation planning.

Genset type	Dimensions genset (LxWxH)	Cogeneration module (LxWxH)
MTU 6R400 GS (D4)	---	3650 x 960 x 1875 mm
MTU 6R400 GS (L9)	3400 x 1700 x 2100 mm	3700 x 1900 x 2100 mm
MTU 6R400 GS (Z5)	3900 x 1900 x 2150 mm	3900 x 1900 x 2150 mm
MTU 12V400 GS (D4/L9)	4000 x 1700 x 2200 mm	3700 x 1900 x 2300 mm
MTU 12V400 GS (Z6)	4000 x 1700 x 2200 mm	3900 x 1900 x 2300 mm
MTU 6R400 GS (DH3)	---	3950 x 960 x 1875 mm
MTU 6R400 GS (LH9)	---	3900 x 1900 x 2100 mm
MTU 12V400 GS (DH3/LH9/ZH6)	---	4000 x 1900 x 2300 mm

### Engine data

	3066	3042
Configuration	in-line	90°V
No. of cylinders	6	12
Bore/stroke	130/155 mm	130/142 mm
Cyl. displacement	2.06 lit.	1.88 lit.
Rated speed	1500 rpm	1500 rpm

### Design and equipment (extract)

- Sliding gear starter 24V
- Gas supply with electronically controlled gas metering valve
- Electronic high-voltage capacitor ignition system with one ignition coil per cylinder
- Electronic speed governor for speed and power output control with automatic knocking control

Se han encontrado importantes dificultades para hallar las guías técnicas completas de los modelos concretos seleccionados para este proyecto (más allá de las fichas de las que se ha obtenido la información superior). Tras un exhaustivo proceso de búsqueda y evaluar las diferentes opciones posibles, se ha decidido finalmente emplear, cuando las fichas de los modelos seleccionados no aporten la información necesaria para el cálculo de la cámara de máquinas, la información de la guía de proyecto del generador 8V4000 GS-L62 (de potencia nominal ligeramente inferior al modelo 12V4000) y, en el caso del generador de menor tamaño, la de la ficha técnica del generador a gas HGP-150 T5 NG (de potencia eléctrica nominal de 127,6 kW frente a los 135 kW del modelo instalado).

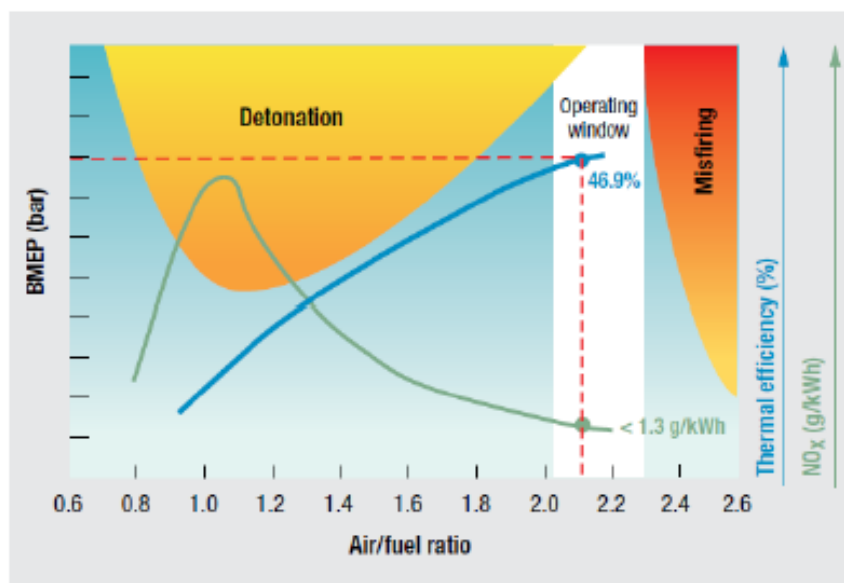
En los anexos finales del proyecto se adjuntarán tanto los catálogos de las series a las que pertenecen los modelos instalados a bordo, como las guías de proyecto de los grupos mencionados en el párrafo anterior.

## 5 CONSUMO DE COMBUSTIBLE Y AUTONOMÍA

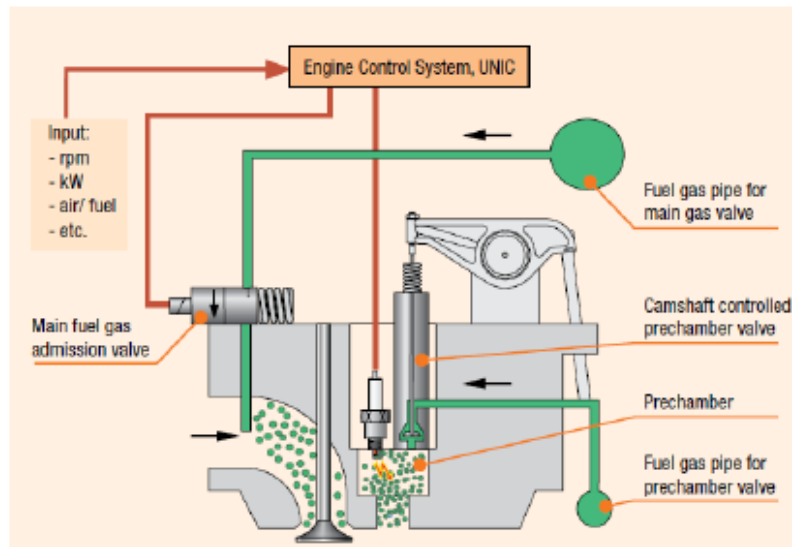
En el presente capítulo se realizará la comprobación de los consumos tanto de combustible como de aceite lubricante de las máquinas primarias de los generadores eléctricos principales, partiendo de las especificaciones del fabricante.

Como ya se indicó al comienzo del cuaderno, el volumen máximo de gas natural requerido por los grupos generadores principales no vendrá fijado exclusivamente por la autonomía de la barcaza, sino que a ésta habrá que sumarle el tiempo desinado al aprovisionamiento eléctrico cold ironing a otros buques. A pesar de ello, a continuación se realizará una breve explicación del funcionamiento de las máquinas térmicas a gas como las instaladas a bordo del buque proyecto. Para ello se emplearán los datos aportados por el TFG del grado de Tecnologías de la UDC “Planta energética para cold ironing. Planta de generación” [1].

Las máquinas primarias de los grupos electrógenos de la cámara de máquinas están basadas en el ciclo Otto, que, a diferencia del Diésel y su encendido por compresión, necesita de una fuente de calor externa para iniciar la combustión (en forma de chispa). Por otro lado, serán de 4 tiempos, frente a los 2 tiempos típicos de los grandes motores propulsores. Durante la carrera de admisión, el aire premezclado y el combustible (gas natural en este caso) se introducen en el cilindro cuando el pistón se mueve hacia abajo a la posición de “punto muerto inferior”. Durante la carrera de compresión, la mezcla de aire-gas natural es comprimida por el pistón y encendida por una chispa, estando el autoencendido prevenido al estar la máquina térmica diseñada con unos límites claros y adecuados en la relación de compresión.



Para obtener una mejor eficiencia y unas emisiones más bajas, cada cilindro se controla individualmente para asegurar la relación aire-gas natural adecuada y la sincronización correcta de la ignición, optimizando el nivel de eficiencia y las emisiones de cada cilindro en todas las condiciones de operación. Además una combustión estable y bien controlada también contribuye a una menor carga mecánica y térmica de los componentes del motor.



## 5.1 Consumo de LNG

Para estimar el consumo de gas natural se seleccionará la configuración de máximo consumo, es decir, con los 2 grupos generadores que constituyen la planta eléctrica principal. La potencia de estos equipos ha sido calculada en el cuaderno 11, a partir de los datos aportados por el fabricante. En cuanto a la autonomía, se ha decidido que el buque tenga capacidad para tener operativos ambos generadores durante las operaciones de cold ironing (con una duración máxima de 24 h) y sólo de la unidad de menor potencia durante cualquiera de las 2 condiciones de navegación (24 h).

Antes de realizar los cálculos necesarios para obtener los consumos de gas natural de la planta generadora principal, se deben conocer las potencias nominales y consumos específicos de las unidades que la integran. Como ya se dijo antes, las fichas informativas que aporta la firma MTU sobre los modelos a instalar a bordo no son tan detalladas como se precisa para el desarrollo de este cuaderno. Lo que sí establece es que los consumos específicos de sus máquinas de gas natural estarán comprendidos en el intervalo de 800-1100kJ/kWh.

Teniendo este rango de consumos presente, se estimarán los de los grupos generadores a instalar a bordo a partir de la siguiente tabla de la reconocida empresa de venta de maquinaria eléctrica GeneratorSource:



### Approximate Natural Gas Fuel Consumption Chart

This chart approximates the natural gas fuel consumption\* of an industrial or commercial generator based on the size of the generator and the load at which the generator is operating. Please note that this table is intended to be used as an estimate of how much fuel a generator uses during operation and is not an exact representation due to various factors that can increase or decrease the amount of fuel consumed.

Generator Size (kW)	1/4 Load (ft <sup>3</sup> /hr)	1/2 Load (ft <sup>3</sup> /hr)	3/4 Load (ft <sup>3</sup> /hr)	Full Load (ft <sup>3</sup> /hr)
20	157	188	247	289
30	202	260	348	416
40	246	333	449	543
60	334	479	652	798
75	400	588	803	990
100	510	771	1056	1308
125	621	953	1308	1627
135	665	1026	1409	1754
150	731	1135	1561	1946
175	841	1317	1813	2264
200	952	1500	2066	2583
230	1084	1718	2369	2965
250	1172	1864	2571	3220
300	1393	2229	3076	3857
350	1614	2593	3581	4495
400	1834	2958	4086	5132
500	2276	3687	5096	6407
600	2717	4416	6107	7681
750	3379	5509	7622	9593
1000	4482	7332	10147	12780

\*Fuel consumption is based on 1015 Btu/standard ft<sup>3</sup> natural gas

De acuerdo con los valores recogidos en la tabla y suponiendo un 75% de carga, los consumos específicos de gas natural de los grupos que constituyen la planta eléctrica principal serán los siguientes:

$$Ce_{12V4000} = 10147 \frac{ft^3}{h} \cdot \frac{1 m^3}{35,31 ft^3} \cdot \frac{3700 kJ}{1 m^3} \cdot \frac{1}{1169} = 909,55 \frac{kJ}{kWh}$$

$$Ce_{6R400} = 1409 \frac{ft^3}{h} \cdot \frac{1 m^3}{35,31 ft^3} \cdot \frac{3700 kJ}{1 m^3} \cdot \frac{1}{135} = 1093,66 \frac{kJ}{kWh}$$

Como se puede observar, ambos valores están dentro del rango de consumos específicos aportado por la firma MTU, por lo que, para el diseño conceptual de la cámara de máquinas que constituye el objeto de este cuaderno, se ha decidido emplear los consumos obtenidos.

### 5.1.1 Consumo durante operaciones de cold ironing

El consumo de gas natural de los grupos generadores durante las operaciones de aprovisionamiento eléctrico a flota a otros buques tendrá el siguiente valor:

$$Consumo_{GNL 12V4000} = 1169 kW \cdot 909,55 \frac{kJ}{kWh} \cdot 12 h \cdot \frac{1 m^3}{37000 kJ} = 293,12 m^3$$

$$Consumo_{GNL 6R400} = 135 kW \cdot 1093,66 \frac{kJ}{kWh} \cdot 12 h \cdot \frac{1 m^3}{37000 kJ} = 40,70 m^3$$

### 5.1.2 Consumo durante la navegación

El consumo de gas natural del grupo generador MTU 6R400 GS-E3066 D4 durante la navegación de la barcaza, tanto en condiciones de plena carga y de lastre, tendrá el siguiente valor:

$$Consumo_{GNL 6R400} = 135 kW \cdot 1093,66 \frac{kJ}{kWh} \cdot 24 h \cdot \frac{1 m^3}{37000 kJ} = 81,40 m^3$$

Por lo tanto, la capacidad total de gas natural que deberá poseer la barcaza para consumo propio de sus generadores (ya que contará también con gas natural para labores de

bunkering) tendrá un valor de 415,22 m<sup>3</sup>. Serán almacenados en tanques tipo C sobre la cubierta principal del buque en la zona de carga, que recordemos que tendrán una capacidad total de 450 m<sup>3</sup>, de acuerdo con los requisitos del anteproyecto.

## 5.2 Consumo de diésel

Como ya se ha dicho antes, aunque los generadores eléctricos instalados en la cámara de máquinas trabajarán con gas natural como combustible, será necesario contar con un pequeño volumen de diésel para crear la chispa necesaria para iniciar la combustión (la conocida como llama piloto).

Una vez más, MTU no aporta datos concretos sobre los consumos de diésel para la llama piloto de sus máquinas térmicas a gas. Se ha decidido emplear los datos de consumo del motor Wartsila 8L20DF [2], con una potencia nominal de 1168 kW a 1000 rpm. Se realizará una interpolación lineal para ajustar los valores de la tabla a los generadores instalados en la barcaza:

Wärtsilä 8L20DF		AE/DE		AE/DE		ME	
		Gas mode	Diesel mode	Gas mode	Diesel mode	Gas mode	Diesel mode
Cylinder output	kW	160		185		185	
Engine speed	rpm	1000		1200		1200	
Speed mode		Constant		Constant		Variable	
Engine output	kW	1280		1480		1480	
Mean effective pressure	MPa	2.18		2.1		2.1	
IMO compliance		Tier 3	Tier 2	Tier 3	Tier 2	Tier 3	Tier 2
<b>Fuel consumption (Note 4)</b>							
Total energy consumption at 100% load	kJ/kWh	8180	-	8330	-	8370	-
Total energy consumption at 85% load	kJ/kWh	8390	-	8510	-	8460	-
Total energy consumption at 75% load	kJ/kWh	8520	-	8720	-	8550	-
Total energy consumption at 50% load	kJ/kWh	9130	-	9500	-	9090	-
Fuel gas consumption at 100% load	kJ/kWh	8048	-	8189	-	8222	-
Fuel gas consumption at 85% load	kJ/kWh	8219	-	8314	-	8286	-
Fuel gas consumption at 75% load	kJ/kWh	8326	-	8493	-	8359	-
Fuel gas consumption at 50% load	kJ/kWh	8862	-	9211	-	8859	-
Fuel oil consumption at 100% load	g/kWh	3.2	194.6	3.5	197.2	3.6	196.3
Fuel oil consumption at 85% load	g/kWh	4.2	194.4	4.9	196.3	4.2	195.3
Fuel oil consumption at 75% load	g/kWh	4.7	195.3	5.5	197.2	4.6	195.3
Fuel oil consumption 50% load	g/kWh	6.7	206.1	7.0	208.0	5.6	197.5

El que interesa para los cálculos de este cuaderno serán los valores correspondientes al modo gas con una carga del 75%. Por lo tanto, se tiene los siguientes consumos de diésel para la llama piloto:

$$Ce\ diésel\ 12V4000 = \frac{909,55\ kJ/kWh}{8326\ kJ/kWh} \cdot 4,7 \frac{g}{kWh} = 0,513 \frac{g}{kWh}$$

$$Ce \text{ diésel } 6R400 = \frac{1093,66 \text{ kJ/kWh}}{8326 \text{ kJ/kWh}} \cdot 4,7 \frac{\text{g}}{\text{kWh}} = 0,617 \frac{\text{g}}{\text{kWh}}$$

### 5.2.1 Consumo durante operaciones de cold ironing

El consumo de diésel para la llama piloto del grupo generadores durante las operaciones de aprovisionamiento eléctrico a flota a otros buques tendrá el siguiente valor:

$$\text{Consumo diésel } 12V4000 = 1169 \text{ kW} \cdot 0,513 \frac{\text{g}}{\text{kWh}} \cdot 14 \text{ h} \cdot \frac{1 \text{ ton}}{10^6 \text{ g}} \cdot \frac{1 \text{ m}^3}{0,86 \text{ ton}} = 0,01 \text{ m}^3$$

$$\text{Consumo diésel } 6R400 = 135 \text{ kW} \cdot 0,617 \frac{\text{g}}{\text{kWh}} \cdot 14 \text{ h} \cdot \frac{1 \text{ ton}}{10^6 \text{ g}} \cdot \frac{1 \text{ m}^3}{0,86 \text{ ton}} = 0,0014 \text{ m}^3$$

### 5.2.2 Consumo durante la navegación

El consumo de diésel para la llama piloto del grupo generador MTU 6R400 GS-E3066 D4 durante la navegación de la barcaza, tanto en condiciones de plena carga y de lastre, tendrá el siguiente valor:

$$\text{Consumo diésel } 6R400 = 135 \text{ kW} \cdot 0,617 \frac{\text{g}}{\text{kWh}} \cdot 24 \text{ h} \cdot \frac{1 \text{ ton}}{10^6 \text{ g}} \cdot \frac{1 \text{ m}^3}{0,86 \text{ ton}} = 0,0023 \text{ m}^3$$

Por lo tanto, la capacidad total de diésel que deberá poseer la barcaza para consumo propio de sus generadores (ya que contará también con este combustible para labores de bunkering) tendrá un valor de 0,013 m<sup>3</sup>, es decir, de 13 litros. Serán almacenados en un pequeño tanque independiente situado en la cámara de máquinas.

## 5.3 Consumo de aceite

Para el cálculo del consumo de aceite, necesario para la lubricación de los grupos electrógenos principales recomienda los siguientes volúmenes de aceite para las máquinas de cada uno de ellos:

### MTU 6R400 GS-E3066 D4

#### // Liquid Capacity (Lubrication)

Total Oil System: L (gal)	27.5 (7.2)
Engine Jacket Water Capacity: L (gal)	22.7 (5)
System Coolant Capacity: L (gal)	240 (63)

### MTU 12V4000 GS-L32

#### // Liquid Capacity (Lubrication)

Total Oil System: L (gal)	122 (32.2)
Engine Jacket Water Capacity: L (gal)	73 (19.3)
System Coolant Capacity: L (gal)	185 (48.9)

En cuanto a los consumos de aceite lubricante de cada máquina, la información se seleccionará de las guías de proyecto de las máquinas similares a las instaladas antes citadas.

El grupo análogo al de mayor tamaño de la planta principal de la barcaza (8V4000 GS-L62) tendrá el siguiente consumo de aceite lubricante:

Number of cylinders		8
Lube oil consumption after 1000 h runtime	g/kWh	0.2

En una primera aproximación, se tomará este valor del consumo para ambos grupos generadores instalados en cámara de máquinas de la barcaza

$$Ce\ aceite\ 12V4000\ GS = Ce\ aceite\ 6R400\ GS = 0,2 \frac{g}{kWh}$$

El número de horas que se considerará para realizar la estimación del volumen de aceite lubricante será el mismo que el empleado para el cálculo de los consumos de gas natural y de diésel. Se tomarán 36 h, integradas por 24 h para la operación de navegación y 12 h para las operaciones de cold ironing. Se considera que este intervalo será el máximo que la barcaza estará operativa en circunstancias normales.

De esta forma, se tendrá los siguientes consumos de aceite lubricante para cada uno de los grupos generadores de a bordo:

$$Consumo\ aceite\ 12V4000\ GS = 0,2 \frac{g}{kWh} \cdot \frac{1cm^3}{0,8787\ g} \cdot \frac{1\ m^3}{10^6cm^3} \cdot 12\ h \cdot 1169\ kW = 0,003\ m^3$$

$$Consumo\ aceite\ 6R400\ GS = 0,2 \frac{g}{kWh} \cdot \frac{1\ cm^3}{0,8787\ g} \cdot \frac{1\ m^3}{10^6cm^3} \cdot 36\ h \cdot 135\ kW = 0,001\ m^3$$

Por tanto, la capacidad de aceite lubricante que deberá poseer la barcaza para el consumo propio de sus generadores será de unos 0,004 m<sup>3</sup>, es decir, unos 4 litros. El tanque en el que irá alojado, debido a su reducido tamaño, será independiente como los del diésel para la llama piloto e irá situado en la propia cámara de máquinas de la barcaza.



## 6 SERVICIOS AUXILIARES DE LA PLANTA GENERADORA PRINCIPAL

Como ya se indicó al comienzo del presente cuaderno, en este capítulo se determinarán y dimensionarán los sistemas auxiliares de los motores de los grupos generadores, de acuerdo con lo prescrito con en las especificaciones del fabricante. Concretamente, se tratarán en el capítulo serán los siguientes:

- Sistema de combustible.
- Sistema de lubricación.
- Sistema de aire de arranque.
- Sistema de agua dulce y agua salada de refrigeración.
- Sistema de ventilación y evacuación de los gases de exhaustación.

Para la realización de los cálculos pertinentes se emplearán las directrices del DNV GL Pt. 4 Ch. 6 Sec. 5 “Machinery piping systems” [3], así como la información aportada por fabricantes reconocidos dentro de la industria marítima, tanto de los grupos generadores como de los equipos auxiliares de los mismos.

### 6.1 Sistema de combustible

El proceso de suministro al grupo electrógeno básicamente consiste en que el LNG que se encuentra almacenado en cada uno de los tanques de almacenamiento de LNG es conducido a un grupo regasificador en donde se vaporiza calentándolo en función de las condiciones requeridas por el motor, de modo que el LNG aumenta su temperatura para que esté comprendida entre 0-60°C y a una presión entre 5-10 bares. Posteriormente pasa por la unidad de válvulas de gas (GVU), en donde se controlará tanto el caudal y la presión del gas como para que éste sea usado adecuadamente por los motores de los generadores en función de la carga de trabajo de los mismos. Los sistemas de intercambio de calor se encuentran dispuestos dentro del bloque de conexión con el depósito, y el nuevo circuito no requiere de bombas siendo capaz de emplear directamente el agua de refrigeración de los motores. Se contará con uno de estos sistemas para cada grupo electrógeno.

La configuración del sistema de combustible LNG de la barcaza a proyectar sería similar a la del buque siguiente [4]:



#### 6.1.1 Tanques de almacenamiento

Como ya se ha mencionado anteriormente, se dispondrá de 2 tanques de almacenamiento de LNG tipo C, situados sobre la cubierta principal del buque en la zona de carga. Estos tanques estarán diseñados de acuerdo con lo estipulado en el Código CIG y la norma EN 13458-2 “Recipientes criogénicos”. De esta forma, cumplirán con los requerimientos específicos de los

tanques de almacenamiento independientes tipo C. Estos permiten un fácil manejo del gas evaporado (boil-off gas), estando diseñados para soportar un aumento significativo de la presión, al igual que las válvulas de alivio de la presión.

Los tanques de almacenamiento de LNG estarán apoyados sobre unos polines de forma que cada tanque estará sustentado sobre 2 polines. Se instalará asimismo un dispositivo antiflotación para mantener el tanque en sus polines en caso de desbordamiento por inundación de la cubierta de carga.

El depósito consiste en un recipiente de acero interior diseñado para soportar presiones de hasta 9 bares y un recipiente exterior que actúa como una barrera secundaria. El material de estos recipientes, de acuerdo con las especificaciones del fabricante es LT-acero al carbono 13 Mn Ni 3, DIN Mat-Nº: 16217.

Los tanques deben llevar el siguiente equipo auxiliar:

- Domos con registros y conexiones de tuberías.
- Anillo de conexión del domo del tanque con pernos de acero inoxidable para la conexión del domo y el tanque, que debe ser estanca.
- Líneas internas de líquido del fondo, adecuadas para la realización de las purgas inferiores.
- Líneas de vapor y aireación.
- Líneas de purga superior, para garantizar el purgado con los tanques llenos.
- Línea de agotamiento, cuya función es vaciar completamente los tanques.
- Líneas de muestreo, que sirven para poder obtener muestras sin perjuicio a las propiedades del resto de la carga en el interior del tanque.
- Refuerzos estructurales que garanticen la suficiente resistencia para soportar las presiones y temperaturas de la carga en el interior del tanque.
- Registros para permitir la revisión de los tanques.
- Cáncamos para permitir la fijación de los elementos al tanque.
- Conexiones a tierra con los polines del tanque, flexibles para las contracciones y dilataciones a las que se encuentra sometido no las dañen.
- Apoyos antiflotación, que unidos a los polines van a fijar el tanque al buque de manera flexible y segura.
- Tubería con flotador para el nivel del tanque, que emite una señal visible en las consolas de control.

### *6.1.2 Sistema de regasificación*

El sistema regasificador se integra en el bloque de conexión con el tanque. Esto reduce la necesidad de espacio, aumenta la seguridad y proporciona una instalación mucho más fácil.

El sistema de regasificación permite gasificar el LNG que se encuentra almacenado dentro de los tanques tipo C, para su uso posterior en los motores de los grupos electrógenos, o bien como medio de control de la presión dentro de los mismos. Dicho sistema incluye todas las conexiones y válvulas necesarias entre el tanque y la unidad de acumulación de presión (PBU) y el equipo evaporador.

La misión de la PBU consiste básicamente en adecuar la presión en el tanque después de abastecimiento de combustible de LNG y para mantener la presión requerida en el depósito (en torno a 5 bares) durante el funcionamiento normal del sistema.

El circuito del equipo evaporador consiste en una tubería aislada, un intercambiador de calor, válvulas, una única tubería y los sensores. La tarea del equipo evaporador es aumentar la temperatura del fluido para que esté comprendido entre 0-60 °C, de igual modo que adapta la presión del gas para que esté comprendido entre 5-10 bares.

### 6.1.3 Unidad de válvulas de gas (GVU)

La GVV también se encuentra dispuesta en el bloque de conexión con el tanque.

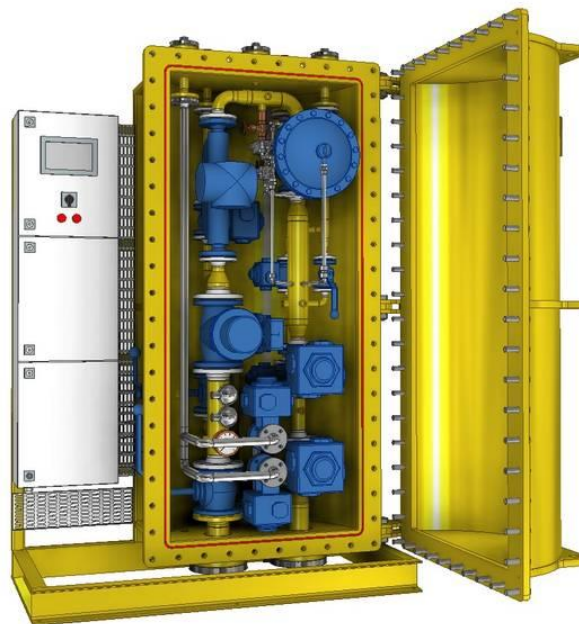
Las principales funciones de este equipo es regular tanto el caudal como la presión del gas que proviene del sistema regasificador para adecuarlo a las necesidades de los generadores en función de la carga de trabajo de los mismos así como para asegurar un cierre rápido y fiable debajo del suministro de gas.

La unidad GVV incluye una válvula de control de presión del gas y una serie de bloques y válvulas de purga que aseguran un funcionamiento fiable y seguro del gas. También consta de una válvula de cierre manual, conexión de inertización, filtro, válvula de control de la presión del gas combustible, válvulas de cierre, válvulas de ventilación, transmisores de presión y medidores, un transmisor de la temperatura del gas y armarios de distribución.

La unidad GVV llevará a cabo un procedimiento de prueba de fugas antes de que la maquinaria comience a funcionar con gas natural. Esta es una medida de seguridad para garantizar la estanqueidad de las válvulas y el correcto funcionamiento de los componentes.

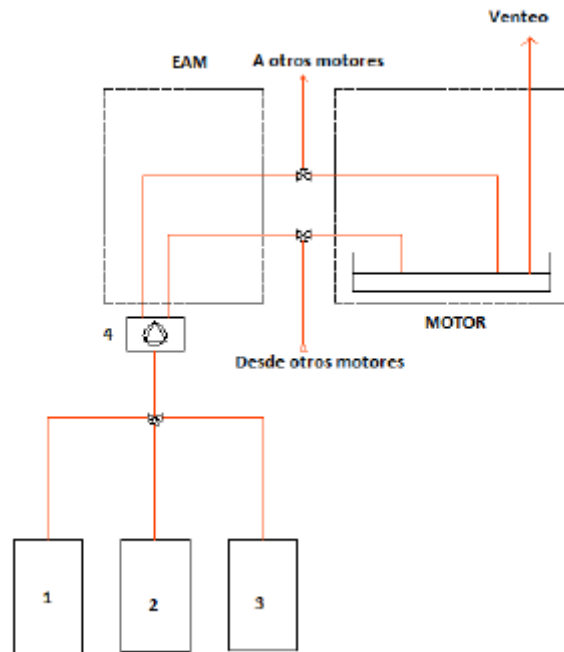
Se requiere una GVV para cada grupo electrógeno, debiendo estar situada lo más próxima posible a éste para asegurar la respuesta de la máquina a las condiciones transitorias. La longitud máxima de la tubería de gas combustible entre el GVV y la entrada de gas del motor es de 10 m.

En la siguiente figura se muestra la novedoso modelo de GVV cerrada de la empresa Wartsila, que posibilita la integración de este equipo dentro de la propia sala de máquinas, evitando de esta forma la necesidad de disponer de un local exclusivo para la misma:



## 6.2 Sistema de lubricación

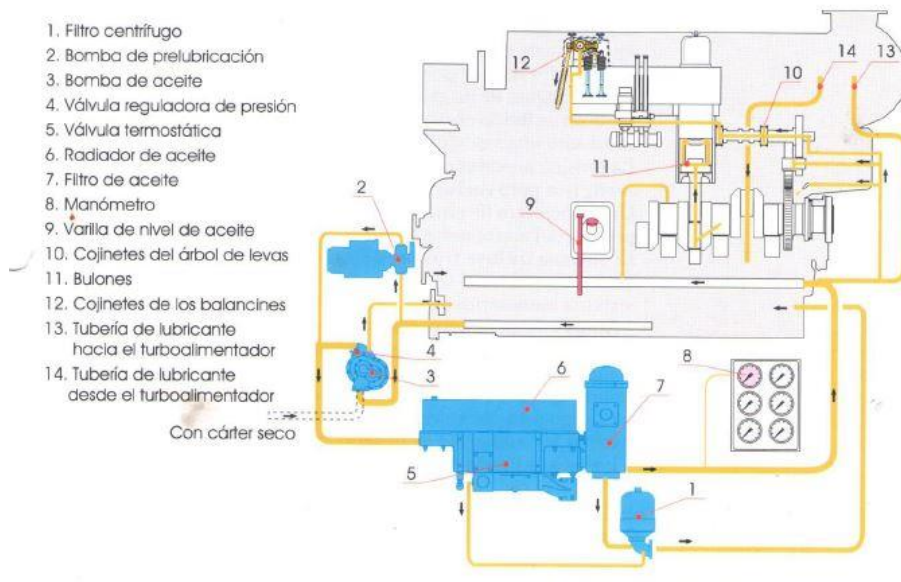
El sistema de lubricación está formado por un tanque de servicio, para almacenar aceite que puede reutilizarse tras realizar determinadas tareas de mantenimiento, un tanque para el aceite nuevo y otro para el aceite usado. Asimismo contará con la unidad de bombeo encargada del llenado, vaciado y trasiego común para toda la planta:



Siendo:

- 1. Tanque de aceite nuevo.
- 2. Tanque de servicio.
- 3. Tanque de aceite usado.
- 4. Unidad de bombeo de aceite.

En la figura siguiente se muestran los diferentes dispositivos que integran el sistema de lubricación de una máquina térmica marina con cárter seco como los grupos generadores que se instalarán a bordo de la barcaza a proyectar:



### 6.2.1 Tanques

El tanque almacén de aceite se emplea para almacenar el aceite lubricante nuevo para utilizar en los cambios de aceite así como para compensar el consumo de aceite por parte del motor (relleno).

El tanque de aceite usado contiene el aceite lubricante que previamente ha sido trasegado desde el motor con el fin de almacenarlos para su posterior desembarco hacia un receptor certificado para el tratamiento o eliminación del mismo.

Además, la planta eléctrica contará con un tanque de servicio para el almacenamiento temporal de aceite para su posterior utilización en la lubricación de los grupos generadores.

El tamaño del tanque de aceite nuevo será dimensionado teniendo en cuenta que deberá tener una capacidad suficiente para realizar un cambio de aceite de los 2 motores con los que cuenta la planta. Teniendo presente que el volumen total de aceite de los grupos generadores de 150 litros y que habrá un consumo mayor que el calculado debido al propio funcionamiento de las máquinas de gas, se recurrirá a un tanque de acero independiente de 200 litros, para así poseer cierto margen de operación. Éste contará con una conexión de entrada y otra de salida, un tubo de drenaje, un tubo de venteo, una tubería de rebose y una boca de inspección.

Para dimensionar los depósitos de aceite usado y el tanque de servicio se tendrá en cuenta que cada uno de ellos deberá almacenar el aceite de al menos un motor más un margen de seguridad del 15%. Sabiendo esto y considerando que el volumen de aceite del motor mayor es de 122 litros y el menor de 27,3 litros, se tomará el primero de ellos, con lo que la planta contará con 2 tanques de 140 litros, uno para el usado y otro para el de servicio.



### *6.2.2 Unidad de bombeo*

La unidad de bombeo consiste en un filtro de succión, 2 bombas de tornillo autoaspirantes (para evitar la emulsión de agua) accionadas eléctricamente, válvulas y un panel de control. Además, para proteger las bombas de sobrepresiones están equipadas con una válvula limitadora que actuará recirculando.



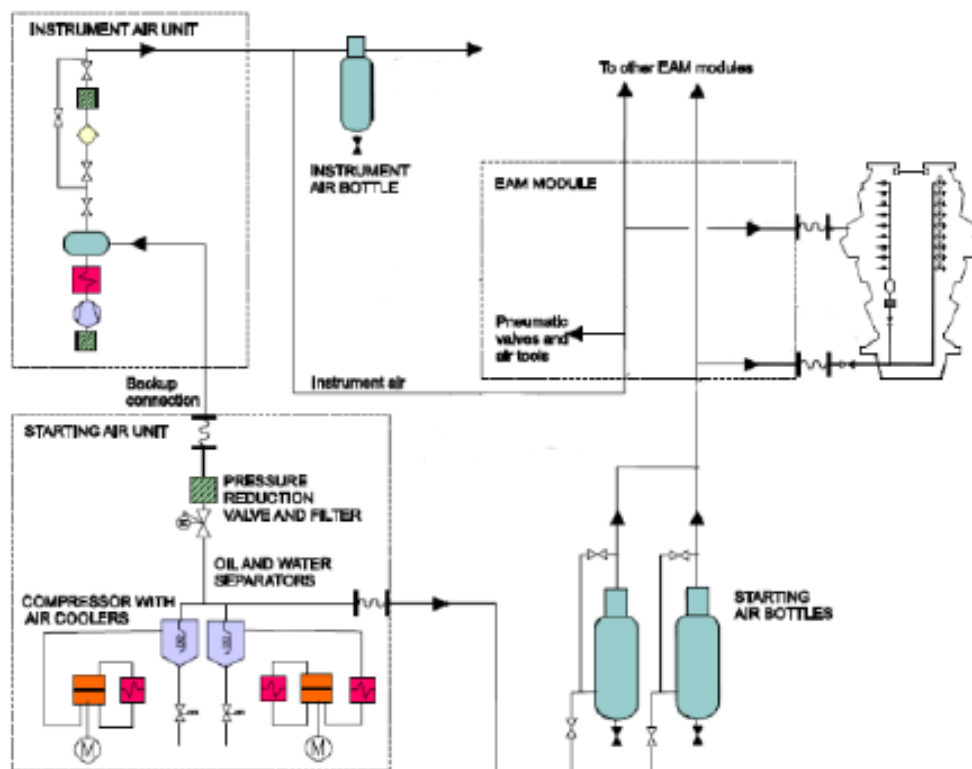
### 6.2.3 Venteo del cárter

Los movimientos del pistón y la ligera fuga de presión de los últimos aros del pistón originan gases en el cárter, los cuales pueden contener aceite lubricante. Estos gases se llevan a través del sistema de venteo al separador de niebla de aceite, situado en el módulo de gases de escape, donde se reducirán los restos de aceite, posteriormente el condensado será drenado y devuelto al cárter.

## 6.3 Sistema de aire comprimido

A bordo de la barcaza el aire comprimido se emplea para arrancar los motores y como accionamiento de dispositivos de seguridad y de control que son de tipo neumático. Aunque se requiere aire de arranque sólo durante la etapa inicial de funcionamiento de los grupos generadores, se requiere de aire de instrumentación de manera continuada para control de del motor y para la unidad de regulación de gas (GVU). El aire comprimido se produce en unidades de compresión, con control automático de la presión y se almacenará en botellas que estarán interconectadas, lo que permite que la unidad de aire de arranque sea empleada como respaldo para el aire de instrumentación.

El aire comprimido deberá estar seco, limpio y libre de partículas sólidas y de aceite, ya que si no podrían desgastar y hasta averiar las máquinas térmicas de los grupos generadores.



### 6.3.1 Aire de arranque

La cantidad mínima de aire de arranque del que deberá disponer el buque proyecto se puede calcular a partir de la siguiente fórmula:

Required starting air receiver volume  $V_f$  may be calculated according to the following formula:

$$V_f = \frac{(N - 1)V_{ns}}{P_{max} - P_{min}}, m^3$$

where

$N$  = Required number of starts  $N \geq 2$

$V_{ns}$  = Air consumption per start ( $Nm^3$ )

$P_{max}$  = Max. pressure in starting air receiver ( $bar_g$ )

$P_{min}$  = Min. pressure for start ( $bar_g$ )

Por otro lado, el DNV GL establece lo siguiente sobre la capacidad mínima de arranques por parte de la instalación de aire de arranque instalada a bordo.

**9.3.2** Starting systems for internal combustion engines and gas turbines shall have capacity for a number of starts specified in Table 2 without reloading of air receivers.

The capacity shall be divided between at least two air receivers of approximately same size.

**Table 2 Capacity for number of starts**

Duty of engines	Number of starts
Propulsion engines, reversible	12 starts
Propulsion engines, non-reversible	6 starts
Engines for driving electric generators and emergency generators, and engines for other purposes	3 starts each

En cuanto al consumo de aire por cada arranque y la presión mínima del aire de arranque, la firma MTU establece lo siguiente:

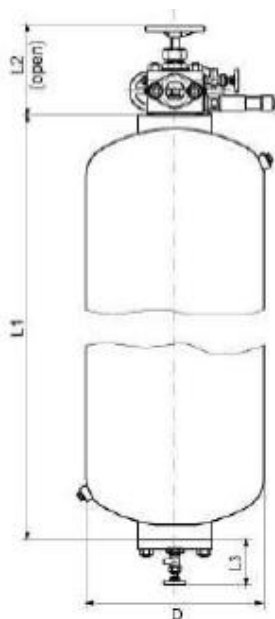
Maximum starting air pressure is: ..... 30  $bar_g$

and minimum pressure for safe starting is:

..... 18  $bar_g$  \*)

Ref. technical data, part 1.04.

Starting air system		
Air consumption per start	$Nm^3$	2.5



Size [Litres]	Dimensions [mm]				Weight [kg]
	L1	L2 9	L3 9	D	
250	1767	243	110	480	274
500	3204	243	133	480	450
750	2740	250	130	650	660
1000	3560	255	133	650	810

\*) Dimensions are approximate.

**Fig 8-4 Starting air vessel**

Teniendo esto presente, se tiene que el volumen mínimo de aire requerido para cada generador será el siguiente:

$$Vf_{12V4000} = \frac{3 \cdot 2,5}{30 - 18} = 0,625 \text{ m}^3 \cdot \frac{10^3 \text{ l}}{1 \text{ m}^3} = 625 \text{ l}$$

$$Vf_{6R400} = \frac{3 \cdot 0,5}{30 - 18} = 0,125 \text{ m}^3 \cdot \frac{10^3 \text{ l}}{1 \text{ m}^3} = 125 \text{ l}$$

Por lo tanto, el volumen mínimo total de aire de arranque que deberá llevar la barcaza a bordo será de unos 750 litros. Para poseer de un margen de operación, se tendrá una capacidad total a bordo de 1000 litros de aire, dentro de 4 botellas de 250 litros cada una.

En cuanto a los compresores de la instalación de arranque, el fabricante establece las siguientes recomendaciones:

**Air compressors and capacities**

Installed air compressor capacity should be sufficient to charge the starting air receivers from atmospheric - to max. pressure in 60 minutes.

Total required compressor capacity Q is:

$$Q = \frac{p_2}{p_0} \times J \times \frac{60}{t} \times s, \text{ Nm}^3/\text{h}$$

where

$p_2$  = Maximum starting air pressure = 31 bar<sub>a</sub>

$p_0$  = Atmospheric pressure in bar<sub>a</sub>

J = Total starting air receiver capacity in m<sup>3</sup>

t = Compressor operating time in minutes

s = Safety factor, normally 1,2

Nm<sup>3</sup>/h = cubic meter normal (at 1 bar/0°C)

Due to redundancy requirement, minimum two air compressors are normally installed, each with a capacity of 50% of total required capacity.

Por lo tanto, el caudal mínimo que deberán aportar las 2 unidades compresoras a instalar en la cámara de máquinas será el siguiente:

$$Q = \frac{31}{1} \cdot 0,5 \cdot 1 \cdot \frac{60}{60} \cdot 1,2 = 18,6 \text{ m}^3/\text{h}$$

Se ha decidido instalar 2 unidades comerciales de la empresa Sperre, concretamente del modelo HL2/77A, capaz de aportar un caudal máximo de 32 m<sup>3</sup>/h a una presión de 30 bares. La potencia máxima que consumirán estos equipos será de 8,6 kW. A continuación se muestra una imagen del modelo de compresor instalado, pero la guía técnica del fabricante se adjuntará en los anexos finales.



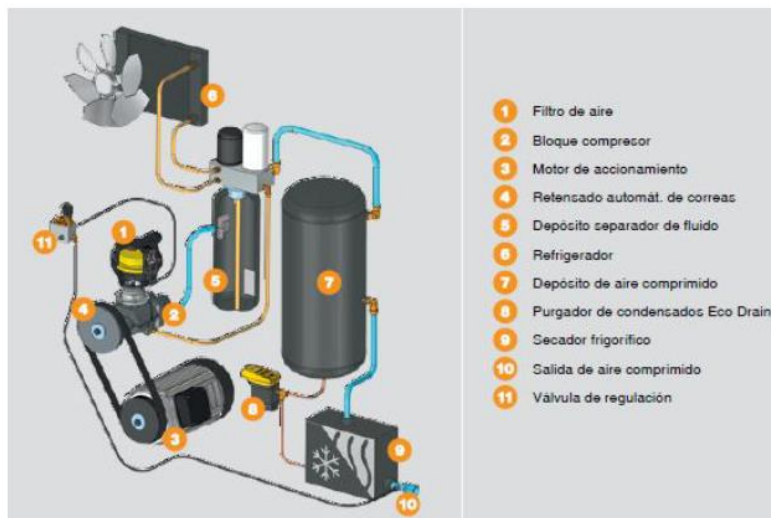


### 6.3.2 Aire de control e instrumentación

La unidad de aire de control e instrumentación debe poseer la capacidad suficiente para abastecer el consumo pico de la planta principal, incluso en el caso de alguna fuga. El aire de instrumentación abastecerá los motores, las unidades de regulación de gas, la válvula de cierre de gas y la válvula de venteo del sistema de gases de escape.

Para una planta de una a tres máquinas térmicas, el fabricante recomienda un volumen de unos 200 litros a una presión de 10 bares. Atendiendo a estos requisitos, se decidirá instalar un grupo integrado de la casa Kaeser, cuya especificación técnica será adjuntada en los anexos al final del cuaderno.

En la siguiente imagen se puede observar la configuración esquemática de un equipo como el que se instalaría en la cámara de máquinas de la barcaza:



### 6.4 Sistema de refrigeración

Dentro de los sistemas de refrigeración de las máquinas térmicas, ya sean diésel o a gas, se pueden identificar 2 grandes tipologías:

- Por aire.
- Por líquido.

La primera se emplea para grupos de poca potencia y habitualmente que funcionen a 1500 rpm. Funciona expulsando el aire caliente del alternador y del motor mediante un ventilador centrífugo acoplado a este último o incluso por convección natural.

Como principales objeciones se pueden citar las siguientes: no brinda una refrigeración uniforme a todos los cilindros. Este método no es recomendado en máquinas que trabajen a altas temperaturas, ya que consumiría demasiado aceite. También se debe tener en cuenta que el sistema de refrigeración por aire aporta un peso adicional al grupo, en forma de aletas.

La refrigeración líquida se suele emplear en grupos de mayor potencia, en los que se trabaja a altas temperaturas. Suele utilizarse agua o agua mezclada con refrigerante, para así evitar posibles congelaciones o minimizar la corrosión.

Dentro de la refrigeración líquida pueden a su vez identificarse 2 sistemas:

- Refrigeración por agua con radiador. Es el sistema más extendido dentro del sector industrial y de automoción. Funciona mediante una bomba de agua que envía el líquido que refrigera el motor a través de los conductos del radiador, y un termostato que

garantiza una estabilidad térmica suficiente para poder operar en condiciones de pleno rendimiento.

- Refrigeración por agua con intercambiador. Este sistema es empleado cuando la instalación del generador se halla en una zona donde no es sencillo evacuar la energía térmica generada al exterior. Es idéntico al anterior, salvo que se sustituye el radiador por un intercambiador de placas o tubular, cuya función será trasladar la temperatura del circuito primario (el que refrigera la máquina) a un circuito secundario destinado a evacuar el calor producido.

En el caso de los grupos electrógenos marinos, el circuito secundario no presenta necesidad de refrigerarse, sino que se tomará la cantidad necesaria de agua salada a través de las tomas de mar en el casco de la embarcación y después de emplearse se expulsará, no teniendo necesidad de volver a emplearse de forma cíclica. Esto es lo que se denomina “agua perdida”.

De esta forma, los grupos generadores de la barcaza estarán refrigerados por un circuito cerrado de agua dividido en 2 partes: un circuito de alta temperatura (HT) y otro de baja temperatura (LT). El agua se enfriará al pasar a través de un intercambiador de calor central e independiente. El agua de refrigeración deberá tratarse con aditivos a fin de impedir la corrosión, la congelación, las incrustaciones u otros depósitos en los sistemas de refrigeración cerrados. Antes del tratamiento, el agua debe estar limpia y cumplir con las especificaciones del fabricante.

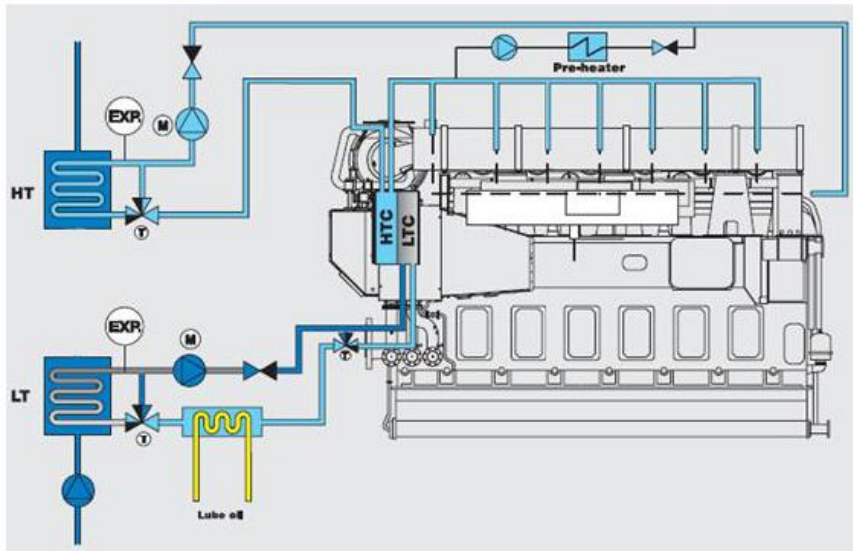
El funcionamiento de los circuitos de refrigeración será el siguiente:

El circuito de alta temperatura enfría los cilindros y las culatas. Desde la bomba el agua será recirculada por el circuito HT en el bloque motor. El agua, desde los conductos de distribución, fluye a las camisas húmedas de los cilindros y de ahí a las culatas a través de los racores. En la culata se refrigera la tobera, los asientos de las válvulas de escape, y de allí va desde un colector hasta la válvula termostática que mantiene la temperatura de la máquina al nivel adecuado. Esta última puede estar montada dentro del soporte de la caja de conexiones o en el soporte del turbo alimentador para mantener la temperatura de salida del agua de refrigeración.

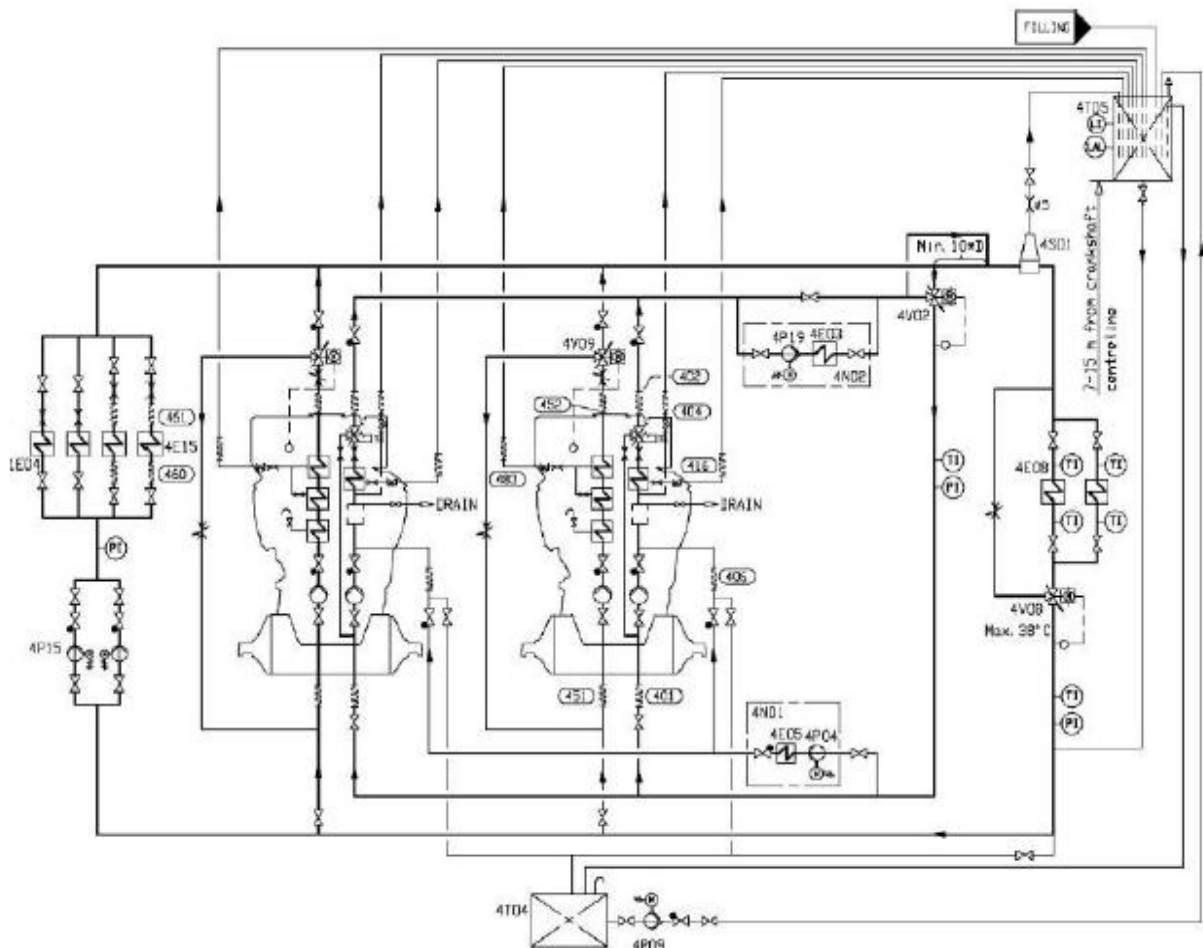
El circuito de baja temperatura consta del radiador de sobrealimentación, del intercambiador de aceite, a través de los cuales pasa el agua gracias a una bomba de diseño similar a la bomba de alta temperatura. La válvula termostática mantiene la temperatura del circuito de baja a un nivel que depende de la carga.

El agua del circuito de baja temperatura sale del intercambiador principal, en el que se enfriará con agua salada. De aquí pasará por un tanque de expansión y de ahí se bombeará a un intercambiador de aceite. Tras salir de éste, y antes de regresar al intercambiador principal, una parte de esta agua se mezclará con el agua de circuito de alta temperatura, disminuyendo la temperatura de esta última. El agua de este circuito será impulsada por una bomba, refrigerará el motor y el turbocompresor, se mezclará con parte del circuito de baja temperatura y continuará el ciclo.

En la siguiente figura, tomada de un grupo a gas de la firma Wartsila, se explica de una manera esquemática y visual el funcionamiento de ambos circuitos:



En cuanto al diagrama del servicio de refrigeración de las unidades instaladas a gas a bordo, se adjunta en la figura siguiente el sistema de refrigeración del grupo generador a gas 31 SG de la firma Wartsila:

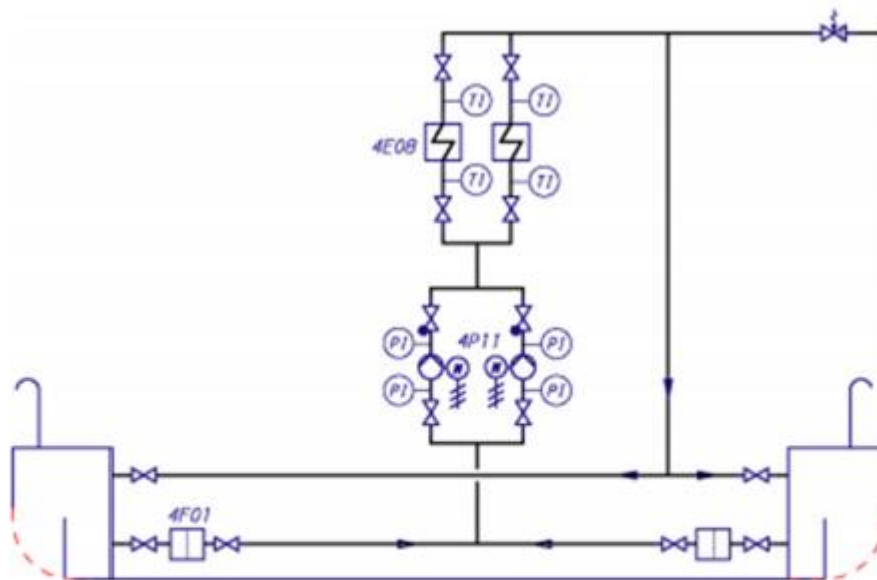


**Fig 9-1 Example diagram for multiple main engines (DAAF301505A)**

System components:			
1E04	Cooler (MDF)	4P15	Circulating pump (LT)
4E03	Heat recovery (evaporator)	4P19	Circulating pump (evaporator)
4E05	Heater (preheater)	4S01	Air venting
4E08	Central cooler	4T04	Drain tank
4E15	Cooler (generator)	4T05	Expansion tank
4N01	Preheating unit	4V02	Temperature control valve (heat recovery)
4N02	Evaporator unit	4V08	Temperature control valve (central cooler)
4P04	Circulating pump (preheater)	4V09	Temperature control valve (charge air)
4P09	Transfer pump		

Pipe connections:		8V-10V	12V-14V	16V
401	HT-water inlet	DN100	DN125	DN150
402	HT-water outlet	DN100	DN125	DN150
404	HT-water air vent	OD12	OD12	OD12
406	Water from preheater to HT-circuit	DN40	DN40	DN40
416	HT-water airvent from air cooler	OD12	OD12	OD12
451	LT-water inlet	DN100	DN125	DN150
452	LT-water outlet	DN100	DN125	DN150
460	LT-water to generator	-	-	-
461	LT-water from generator	-	-	-
483	LT-water air vent	OD15	OD15	OD15

Por otro lado, el sistema de agua salada recomendado por Wartsila será el siguiente:



System components	
4E08	Central cooler
4F01	Suction strainer (sea water)
4P11	Circulation pump (sea water)

### 6.4.1 Bombas de agua dulce

Las unidades de bombeo de agua dulce son las encargadas de generar una circulación del agua de refrigeración a través de las camisas de los cilindros. Como ya se mencionó antes,

En relación a la unidad generadora de mayor potencia de las instaladas en la cámara de máquinas de la barcaza, en la ficha técnica del modelo análogo de 8 cilindros se especifican los siguientes equipos para el sistema de refrigeración interno:

#### Coolant system (HT circuit)

Number of cylinders			8
Coolant temperature (at engine connection: outlet to cooling equipment) (w/ o antifreeze)	A	°C	90
Coolant temperature (at engine connection: inlet from cooling equipment (w/o antifreeze)	A	°C	78
Coolant temperature after engine, warning	R	°C	95
Coolant temperature after engine, shutdown	L	°C	98
Coolant temperature to enable load application, min.	L	°C	40
Coolant antifreeze content, max.	L	%	40
Coolant pump: Volumetric flow	L	m <sup>3</sup> /h	37
Filling pressure in cooling system (cold)	R	bar	0.5
Pressure in cooling system, max.	L	bar	6.0
Pressure loss over engine (at nominal flow rate 7.27)		bar	1.1
Thermostat: Starts to open	R	°C	68
Thermostat: Opening stops (thermostat fully open and bypass closed)	A	°C	78

#### Coolant system (LT circuit)

Number of cylinders			8
Coolant temperature before mixture cooler (at engine connection: inlet from cooling equipment (w/o antifreeze)	A	°C	40
Coolant antifreeze content, max.	L	%	50

Number of cylinders			8
Coolant pump: Volumetric flow	A	m <sup>3</sup> /h	17
Pressure in cooling system, max.	L	bar	6.0
Pressure loss over mixture cooler (at nominal flow rate 8.56)		bar	0.5

Por tanto, para el servicio de refrigeración del grupo 12V4000 GS-L32 de la planta principal de la barcaza se instalarán las siguientes unidades de bombeo:

- a) Circuito HT
  - Número de bombas: 1
  - Caudal unitario: 37 m<sup>3</sup>/h
  - Presión nominal: 6 bares
- b) Circuito LT
  - Número de bombas: 1
  - Caudal unitario: 17 m<sup>3</sup>/h
  - Presión nominal: 6 bares

En cuanto al grupo de menor potencia, como ya se dijo al inicio del presente cuaderno no se pudo encontrar una guía de proyecto o una ficha técnico semejante a la del grupo de la serie 4000, por lo que se emplearán los datos de un grupo considerado semejante, como es el grupo a gas de la firma Siemens SGE-18SL, con una potencia eléctrica nominal de 240 kW.

En la ficha técnica de estos equipos se especifica lo siguiente respecto al servicio de refrigeración:

System Parameters														
Jacket (HT) water temperature max.	°F	°C	194	(90)	194	(90)	194	(90)	194	(90)	194	(90)	194	(90)
Jacket (HT) water flow rate min/max	gpm	m3/hr	110/264	(25/60)	136/264	(31/60)	150/264	(34/60)	167/264	(38/60)	189/264	(43/60)	233/264	(53/60)
Intercooler stages			Single						Single					
Intercooler (LT) coolant temperature max.	°F	°C	131	(55)	131	(55)	131	(55)	131	(55)	131	(55)	131	(55)
Intercooler (LT) coolant flow rate min./max	gpm	m3/hr	66/132	15/30	88/132	20/30	110/132	25/30	66/132	15/30	88/132	20/30	110/132	25/30

Como se puede observar en la tabla superior, no se aporta un valor concreto para las unidades de bombeo de agua dulce, sino que dan un intervalo de operación. Se seleccionará el valor máximo para así cumplir con los caudales máximos. Por otro lado, la presión de trabajo no la especifican, por lo que se tomará la misma que en el caso del otro grupo:

- a) Circuito HT
  - Número de bombas: 1
  - Caudal unitario: 60 m3/h
  - Presión nominal: 6 bares
- b) Circuito LT
  - Número de bombas: 1
  - Caudal unitario: 30 m3/h
  - Presión nominal: 6 bares

### 6.4.2 Intercambiadores de calor

Para dimensionar el intercambiador de calor agua salada/agua dulce será necesario conocer la cantidad de calor que hay que disipar.

La firma Wartsila aporta la siguiente expresión para el cálculo del intercambiador de calor principal del sistema de refrigeración:

#### Fresh water central cooler (4E08)

The flow to the fresh water cooler must be calculated case by case based on how the circuit is designed.

In case the fresh water central cooler is used for combined LT and HT water flows in a parallel system the total flow can be calculated with the following formula:

$$q = q_{LT} + \frac{3,6 \times \Phi}{4,15 \times (T_{OUT} - T_{IN})}$$

where:

q = total fresh water flow [m<sup>3</sup>/h]

q<sub>LT</sub> = nominal LT pump capacity [m<sup>3</sup>/h]

Φ = heat dissipated to HT water [kW]

T<sub>out</sub> = HT water temperature after engine ( 96°C)

T<sub>in</sub> = HT water temperature after cooler (38°C)

Para el cálculo del intercambiador del grupo de mayor tamaño se emplearán los datos aportados por la ficha técnica de la firma MTU antes adjuntada, salvo en el caso de la diferencia de temperaturas. Cuando se determina el caudal de agua salada se debe limitar la temperatura de salida del agua salada para evitar crecimiento marino excesivo en las tuberías, debiendo ser el salto térmico no superior a 10°C.

Como se puede ver en los catálogos adjuntados al final del presente cuaderno, la cantidad de calor a disipar por parte del intercambiador correspondiente al grupo de la serie 4000 será de unos 652 kW.

Con todo esto se obtiene un caudal de agua requerido por el intercambiador para disipar el calor producido por el 12V4000 GS en su operación normal será el siguiente:

$$q = 17 \frac{m^3}{h} + \frac{3,6 \cdot 652}{4,15 \cdot 10} = 73,56 \frac{m^3}{h}$$

Para el cálculo del intercambiador del grupo de menor tamaño se emplearán los datos aportados por la firma Siemens para el grupo semejante al instalado a bordo. Por otro lado, como se puede observar en los catálogos adjuntados al final del presente cuaderno, la cantidad de calor a disipar por parte del intercambiador correspondiente al grupo de la serie 400 será de unos 115 kW.

Con todo esto se obtiene un caudal de agua requerido por el intercambiador para disipar el calor producido por el 6R400 GS en su operación normal será el siguiente:

$$q = 30 \frac{m^3}{h} + \frac{3,6 \cdot 115}{4,5 \cdot 10} = 39,20 \frac{m^3}{h}$$

Se instalarán 2 intercambiadores de calor Alfa Laval AC, concretamente el modelo 500QD, con un caudal máximo de 120 m<sup>3</sup>/h.

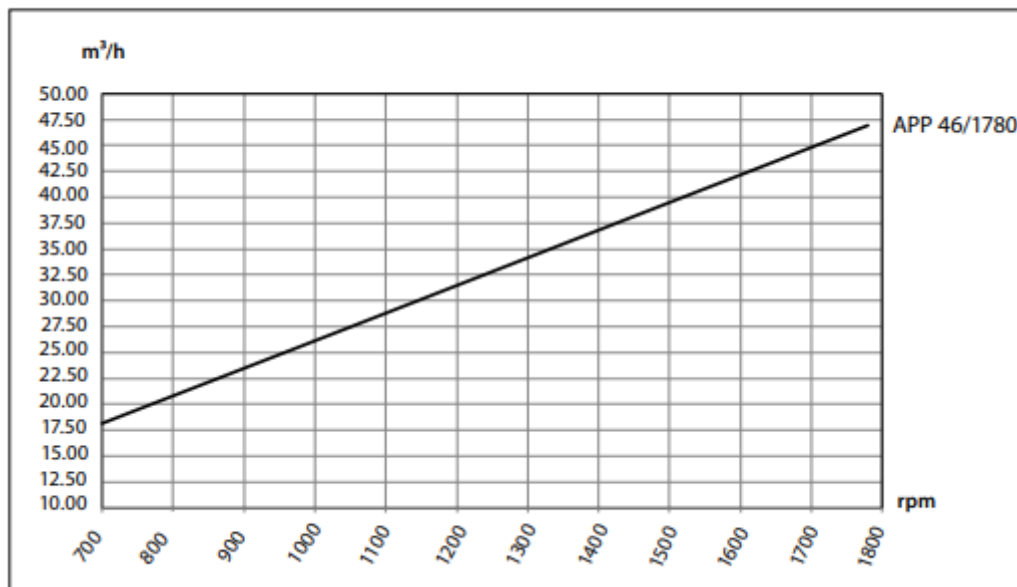
### 6.4.3 Bombas de agua salada

Estas unidades de bombeo serán las encargadas de tomar el agua de los colectores e impulsarla a través del intercambiador. Deberán de mover al menos el caudal calculado anteriormente. Se dispondrá de una bomba para uso habitual y otra de respeto para cada unidad.

Por tanto, el caudal nominal mínimo de la unidades de bombeo de agua salada del circuito correspondiente del grupo 12V4000 GS será de 28 m<sup>3</sup>/h y el del grupo 6R400 GS será de 33 m<sup>3</sup>/h.

Se seleccionará el reconocido fabricante Danfoss y, tras evaluar las diferentes opciones, se decidió seleccionar para los servicios de agua salada de ambos grupos el modelo APP 46, con el siguiente rango de operación:

#### 5.9 APP 46 caudal a 60 barg (870 psig)



### 6.4.4 Precalentador

Además de un servicio de refrigeración para reducir la temperatura de las máquinas e impedir sobrecalentamientos que podrían afectar a su rendimiento y hasta su integridad estructural, los grupos electrógenos instalados a bordo deberán disponer de un precalentador a la entrada del circuito de alta temperatura con objeto de alcanzar una temperatura de aprox. 60°C en los cilindros de los grupos antes del arranque.

La firma Wartsila aporta la siguiente expresión para el cálculo precalentador del sistema de refrigeración:

### HT heater (4E05)

The energy source of the heater can be electric power, steam or thermal oil.  
It is recommended to heat the HT water to a temperature near the normal operating temperature.  
The heating power determines the required time to heat up the engine from cold condition.

The minimum required heating power is 5 kW/cyl, which makes it possible to warm up the engine from 20 °C to 60...70 °C in 10-15 hours. The required heating power for shorter heating time can be estimated with the formula below. About 2 kW/cyl is required to keep a hot engine warm.

**Design data:**

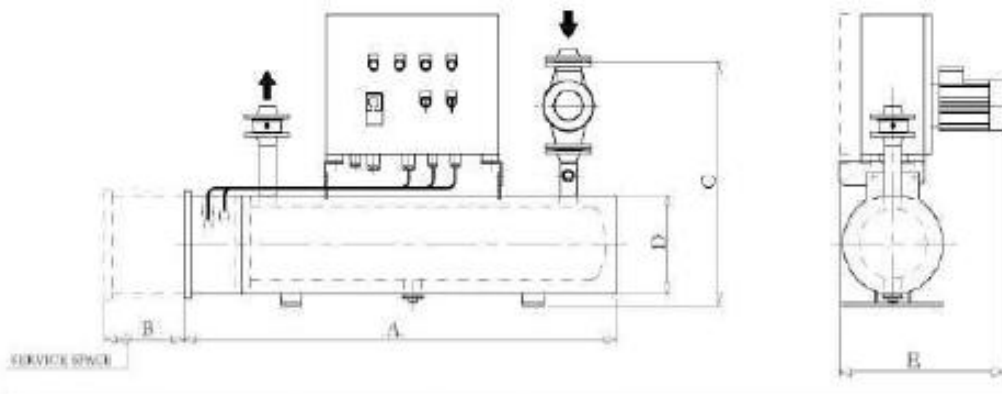
Preheating temperature	min. 60°C for starts at LFO or gas; Min 70°C for starts at HFO
Required heating power	5 kW/cyl
Heating power to keep hot engine warm	2 kW/cyl

Required heating power to heat up the engine, see formula below:

$$P = \frac{(T_1 - T_0)(m_{eng} \times 0.14 + V_{LO} \times 0.48 + V_{FW} \times 1.16)}{t} + k_{eng} \times n_{cyl}$$

**where:**

- P = Preheater output [kW]
- T<sub>1</sub> = Preheating temperature = 60...70 °C
- T<sub>0</sub> = Ambient temperature [°C] m<sub>eng</sub> = Engine weight [tonne]
- V<sub>LO</sub> = Lubricating oil volume [m<sup>3</sup>] (wet sump engines only)
- V<sub>FW</sub> = HT water volume [m<sup>3</sup>]
- t = Preheating time [h]
- k<sub>eng</sub> = Engine specific coefficient = 1 kW n<sub>cyl</sub> = Number of cylinders



**Fig 9-B Preheating unit, electric (3V60L0562C).**

Heater capacity [kW]	Pump capacity [m <sup>3</sup> /h]		Weight [kg]	Pipe conn. In/outlet	Dimensions [mm]				
	50 Hz	60 Hz			A	B	C	D	E
16	11	13	95	DN40	1250	900	660	240	460
22.5	11	13	100	DN40	1050	720	700	290	480
27	12	13	103	DN40	1250	900	700	290	480
30	12	13	106	DN40	1050	720	700	290	480
36	12	13	126	DN40	1250	900	700	290	480
45	12	13	145	DN40	1250	720	755	350	510
54	12	13	150	DN40	1250	900	755	350	510
72	12	13	187	DN40	1260	900	805	400	550
81	12	13	190	DN40	1260	900	805	400	550
108	12	13	216	DN40	1260	900	855	450	575



Siendo:

- $T_1=60^{\circ}\text{C}$
- $T_0=20^{\circ}\text{C}$
- $M_{\text{eng}}=14 \text{ ton}; 1,6 \text{ ton}$
- $V_{\text{lo}}=0,002 \text{ m}^3$
- $V_{\text{fw}}=0,5 \text{ m}^3; 0,1 \text{ m}^3$
- $T=15 \text{ h}$
- $N_{\text{cyl}}=12; 6$

Por lo tanto, la potencia calorífica que deberá aportar el precalentador será la siguiente:

$$P_{12V4000} = \frac{(60 - 20) \cdot (14 \cdot 0,14 + 0,002 \cdot 0,48 + 0,5 \cdot 1,16)}{15} + 1 \cdot 12 = 18,78 \text{ kW}$$

$$P_{6R400} = \frac{(60 - 20) \cdot (1,6 \cdot 0,14 + 0,002 \cdot 0,48 + 0,1 \cdot 1,16)}{15} + 1 \cdot 6 = 6,92 \text{ kW}$$

Se instalarán a bordo 2 unidades, una para cada grupo generador. De acuerdo con los modelos aportados en la tabla superior de modelos recomendados por el fabricante. El de mayor potencia deberá ser de 22,5 kW y el segundo de 16 kW.

## 6.5 Sistema de escape

Para el diseño y dimensionamiento del sistema de evacuación de los gases de combustión o exhaustación de los grupos generadores principales, se seguirán las directrices aportadas por el fabricante de los mismos, la firma MTU en la especificación técnica del grupo 20V4000 GS y por la firma Wartsila en la especificación de su grupo a gas natural 31SG.

El propósito del sistema de escape del motor es dirigir el escape hacia un lugar y una altura donde los gases y los vapores producto de la combustión del gas natural no produzcan molestias o peligro para los miembros de la tripulación, reduciendo también el nivel de ruido producido por la máquina gracias a un silenciador acoplado al mismo.

De acuerdo con la especificación técnica del grupo S4000, los datos sobre los gases de combustión de los grupos de gas natural de la firma MTU será la siguiente:

### 5. COMBUSTION AIR / EXHAUST GAS

Combustion air volume flow – 100% CP – at Reference heating value	m <sup>3</sup> /h	7594
Combustion air volume flow – 75% CP – at Reference heating value	m <sup>3</sup> /h	5716
Combustion air volume flow – 50% CP – at Reference heating value	m <sup>3</sup> /h	3922
Combustion air mass flow - 100% CP – at Reference heating value	kg/h	9807
Combustion air mass flow - 75% CP – at Reference heating value	kg/h	7382
Combustion air mass flow - 50% CP – at Reference heating value	kg/h	5065
Reference heating value fuel for combustion air	kWh/m <sup>3</sup>	10.10
Exhaust volume flow, wet - 100 % CP	m <sup>3</sup> /h	7848
Exhaust volume flow, wet - 75 % CP	m <sup>3</sup> /h	5912
Exhaust volume flow, wet - 50 % CP	m <sup>3</sup> /h	4062
Exhaust volume flow, dry - 100 % CP	m <sup>3</sup> /h	7243
Exhaust volume flow, dry - 75 % CP	m <sup>3</sup> /h	5448
Exhaust volume flow, dry - 50 % CP	m <sup>3</sup> /h	3732
Exhaust mass flow, wet - 100 % CP	kg/h	10144
Exhaust mass flow, wet - 75 % CP	kg/h	7641
Exhaust mass flow, wet - 50 % CP	kg/h	5249
Exhaust temperature after turbocharger - 100 % CP	°C	472
Exhaust temperature after turbocharger - 75 % CP	°C	497
Exhaust temperature after turbocharger - 50 % CP	°C	529

En cuanto al grupo de la serie 400, como en el caso del sistema de refrigeración, se emplearán los datos del grupo a gas SGE-18SL de la firma Siemens:

Exhaust manifold type	Wet								Wet					
Exhaust temperature	°F	°C	651	(344)	702	(372)	747	(397)	747	(397)	709	(376)	768	(409)
Exhaust mass flow wet	lbs/hr	kg/h	2,998	(1,360)	3,616	(1,640)	4,167	(1,890)	3,924	(1,780)	4,762	(2,160)	4,982	(2,260)
Exhaust back-pressure max.	psi	mbar	0.65	(45)	0.65	(45)	0.65	(45)	0.65	(45)	0.65	(45)	0.65	(45)

Por otro lado, la firma Wartsila establece las siguientes recomendaciones a la hora de diseñar los sistemas de conducción de los gases de escape de los generadores:

The piping should be as short and straight as possible. Pipe bends and expansions should be smooth to minimise the backpressure. The diameter of the exhaust pipe should be increased directly after the bellows on the turbocharger. Pipe bends should be made with the largest possible bending radius; the bending radius should not be smaller than 1.5 x D.

The recommended flow velocity in the pipe is maximum 35...40 m/s at full output. If there are many resistance factors in the piping, or the pipe is very long, then the flow velocity needs to be lower. The exhaust gas mass flow given in chapter Technical data can be translated to velocity using the formula:

$$v = \frac{4 \times m'}{1.3 \times \left( \frac{273}{273 + T} \right) \times \pi \times D^2}$$

where:

v = gas velocity [m/s] m' = exhaust gas mass flow [kg/s]  
 T = exhaust gas temperature [°C]  
 D = exhaust gas pipe diameter [m]

The exhaust pipe must be insulated with insulation material approved for concerned operation conditions, minimum thickness 30 mm considering the shape of engine mounted insulation. Insulation has to be continuous and protected by a covering plate or similar to keep the insulation intact.

Closest to the turbocharger the insulation should consist of a hook on padding to facilitate maintenance. It is especially important to prevent the airstream to the turbocharger from detaching insulation, which will clog the filters.

After the insulation work has been finished, it has to be verified that it fulfils SOLAS-regulations. Surface temperatures must be below 220°C on whole engine operating range.

A partir de esta fórmula y teniendo presente una velocidad máxima de los gases de escape de 40 m/s, se podrá estimar el diámetro mínimo de los conductos destinados a evacuar los gases de combustión de los grupos generadores:

$$D_{12V400 GS} = \sqrt{\frac{4 \cdot 7594 \frac{kg}{h} \cdot \frac{1 h}{3600 s}}{1,3 \cdot \left( \frac{273}{273+497} \right) \cdot \pi \cdot 40 \frac{m}{s}}} = 0,38 m = 380 mm$$

$$D_{6R400} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1360 \frac{kg}{h} \cdot \frac{1 h}{3600 s}}{1,3 \cdot \left( \frac{273}{273+344} \right) \cdot \pi \cdot 40 \frac{m}{s}}} = 0,14 m = 140 mm$$

En cuanto a las recomendaciones de la firma constructora de los grupos instalados, MTU recomienda que la ruta que sigan sea lo más corta y directa posible, minimizando de esta forma el contacto con otros equipos de la sala de máquinas y tratando de ocupar el menor volumen de la misma. El material de construcción de las tuberías deberá ser SCH-40 Hierro negro, acero o cualquier otro material de probada resistencia y durabilidad. Cuando sea posible, se deberán usar codos de curva abierta de radio como mínimo tres veces mayor al de la tubería.

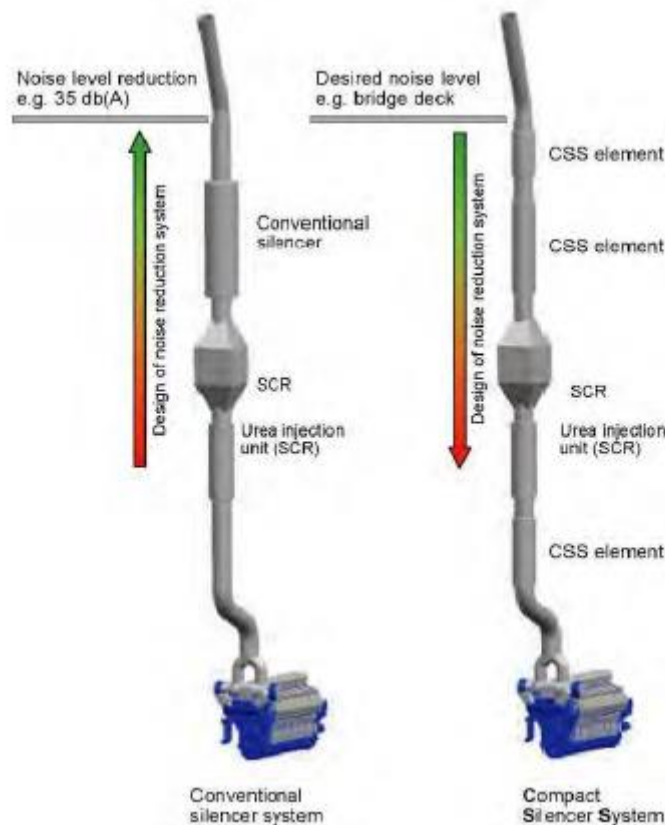
Por otro lado, las tuberías de los gases de exhaustación deberán poseer medios propios de soporte, evitando descargar, aunque sea de manera parcial, parte de su peso en la máquina, el turbocompresor o cualquiera de sus componentes auxiliares. En los puntos de conexión de las tuberías a la máquina térmica, se deberá disponer de acoples flexible, con el fin de minimizar las vibraciones, que podrían resultar muy perjudiciales para la integridad estructural de la tubería.

La firma MTU aporta los siguientes valores máximos de emisión de ruido que deberán cumplir las instalaciones de sus máquinas eléctricas de la serie 4000:

### ACOUSTICS

Number of cylinders			8
Exhaust noise, unsilenced - DL (sound power level LW, ISO 6798)	R	dB(A)	119
Genset surface noise with attenuated intake noise filter) - DL (sound power level LW, ISO 8528-10)	R	dB(A)	118

Como ya se ha dicho, a cada una de las tuberías de escape habrá que acoplar un silenciador para minimizar los ruidos provocados por el funcionamiento de los grupos electrógenos. La firma Wartsila aporta 2 posibles soluciones:



## 6.6 Sistema de control

Todos las soluciones para plantas generadoras eléctricas de la firma MTU vienen provistas tanto de medios de control in situ (MIP-MTU Interface Panel) como de control remoto (MMC-MTU Module Control).

Los primeros están instalados directamente junto a la máquina en cuestión, permitiendo al operario que se halle en la sala de máquinas controlar desde la misma la operación del grupo generador. Los segundos, que serán las estaciones de trabajo integradas por una o más computadoras y el software de control de la firma MTU, estarán ubicados en la sala de control de la planta, que, como ya se describió en el cuaderno 7 del presente proyecto, estará situada en un local de la toldilla inmediatamente a proa de la sala de máquinas.

Desde estos puestos se pueden realizar la mayoría de las acciones necesarias para el funcionamiento normal de la planta, como puede ser el arranque o parada de los motores de los generadores, la sincronización de los mismos y el ajuste de los diferentes parámetros de funcionamiento, así como el control de las temperaturas y las presiones.

Enlazando este sistema de control con medios de monitoreo remoto, el personal encargado de la planta eléctrica podrá monitorearla a distancia, colaborando esto a una mayor seguridad y confort en el trabajo para los miembros de la tripulación que lo integran.

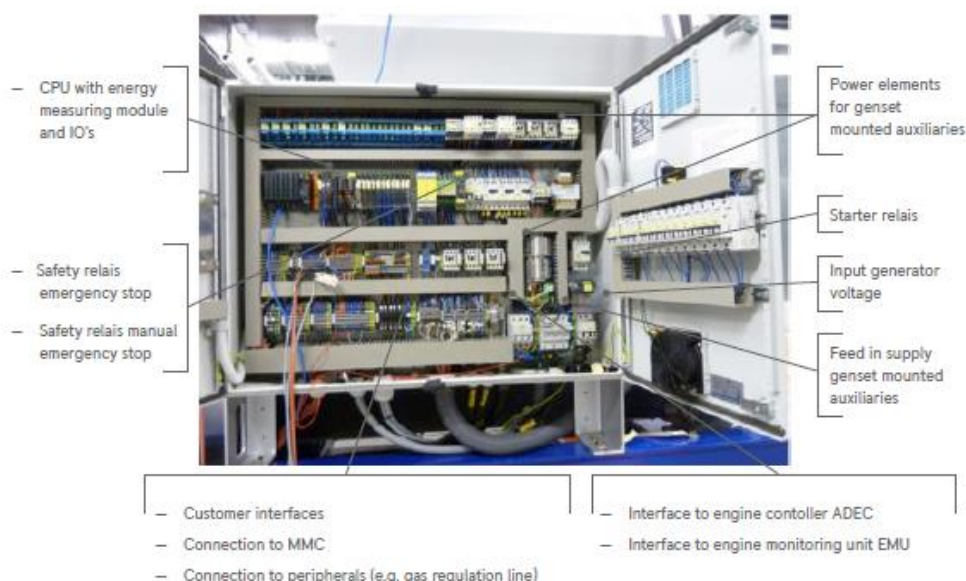
### 6.6.1 Control del grupo electrógeno

La unidad MPI o armario de control de cada grupo generador está compuesto por un autómata programable o PLC que constituirá el núcleo del sistema de control, la unidad de control manual y el regulador de tensión automático.

El armario de control del generador se ocupará de las siguientes funciones:

- Arranque y parada del motor.
- Control de la tensión del grupo electrógeno y de la potencia reactiva a través del regulador de tensión automático.
- Supervisión y control de los equipos auxiliares del motor a través del módulo ECU.
- Control del sistema de refrigeración a través de los radiadores.
- Control del suministro de gas a través de la unidad de válvulas de gas (GVU).
- Control de las unidades de ventilación.

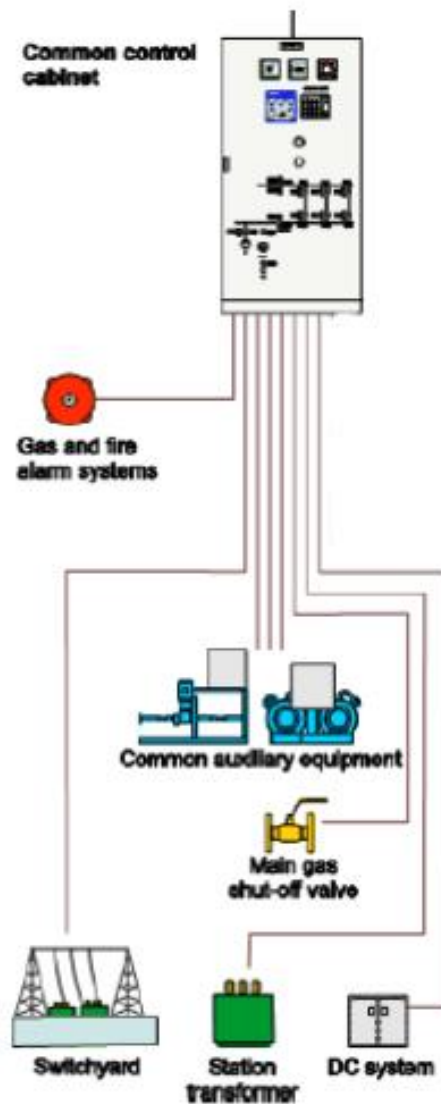
En la siguiente figura se muestra una unidad MPI como la que se instalaría en cada uno de los grupos generadores de a bordo:



### 6.6.2 Control de la planta

Para el control de la planta eléctrica de la cámara de máquinas se contará con un armario de control único para los 2 grupos generadores, el cual controlará el sistema de distribución eléctrica, los diferentes equipos auxiliares como tanques, unidades de aire comprimido o la unidad de bombeo de aceite lubricante, el sistema contraincendios y las válvulas de gas (GVU).

De igual forma que el sistema de control del grupo electrógeno, el control integrado de todos los sistemas de la cámara de máquinas podrá ser controlado remotamente por miembros de la tripulación autorizados para ello, situados en la sala de control descrita al inicio del presente apartado.



## 7 VENTILACIÓN DE LA CÁMARA DE MÁQUINAS

Este cálculo ha sido ya realizado en el cuaderno 12 del presente proyecto, ya que se consideró que debido a su importancia en cuanto a tamaño, consumo eléctrico e influencia en la operación global del buque proyecto no podía ser obviado del cuaderno dedicado a los equipos y servicios del mismo. No obstante, debido a que es el segundo sistema de la cámara de máquinas de mayor importancia (después claro está de la planta generadora) se repetirá el proceso de cálculo en el presente cuaderno.

La normativa que establece las directrices y prescripciones básicas respecto a la instalación encargada de la ventilación del espacio de maquinaria del buque es la UNE-EN-ISO 8861:1998; "Construcción naval. Ventilación de la cámara de máquinas de barcos de motor diésel. Requisitos de diseño y bases de cálculo" [5].

Esta norma establece que "el dimensionamiento de la cámara de máquinas debe ser suficiente para asegurar unas condiciones de trabajo confortables para los miembros de la tripulación que trabajen en la cámara de máquinas y, además, suministre y evacúe el aire necesario para la combustión, tanto de los motores principales como de los grupos generadores de electricidad". Como ya se ha mencionado en múltiples a lo largo del presente proyecto, la barcaza a diseñar carece de medios de propulsión propia, por lo que la única maquinaria pesada instalada en su cámara de máquinas serán, bajo requisitos de las RPA del proyecto, los dos grupos electrógenos a gas que constituyen la planta eléctrica principal. Debido a la reducción en potencia y dimensiones de la maquinaria que esto supone, el sistema de ventilación de los mismos se verá también simplificado.

Prosiguiendo con las indicaciones de la normativa aplicable, "el aire debe distribuirse de la manera más uniforme posible por todos los espacios de la cámara de máquinas y se deben evitar las formaciones de bolsas de aire caliente, sobre todo en zonas de grandes emisiones de calor. Se deben cumplir estas condiciones para las diferentes condiciones de funcionamiento de los motores".

Por último, también se estipula que "el flujo de aire necesario para la cámara de máquinas se supondrá como el más alto de entre el flujo de aire para la combustión de los motores más el flujo para la evacuación de la emisión de calor, y el flujo de aire más un 50% adicional".

La norma dispone de formulación para el cálculo de los valores anteriores.

Los valores de flujos de aire de combustión y la emisión de calor de los motores de los generadores vienen especificados en los catálogos aportados por los fabricantes de las respectivas máquinas, que serán adjuntados en los anexos correspondientes al final del presente cuaderno.

### 7.1 Flujo de aire para la combustión

Por definición, el flujo de aire para la combustión será la suma de los flujos de para los motores propulsores, grupos electrógenos y la combustión de calderas. Como ya se dijo al comienzo del presente capítulo, el buque proyecto carece de maquinaria propulsora y, por tanto, de calderas, por lo que el único flujo de aire para la combustión a estimar será el de los grupos generadores, que han sido dimensionados en el cuaderno 11 del presente proyecto tras realizar el balance eléctrico de la barcaza a proyectar.

Se empleará la siguiente formulación para la estimación del flujo de aire de combustión de los grupos electrógenos de a bordo:

The combustion air shall be supplied by separate combustion air fans, with a capacity slightly higher than the maximum air consumption. The combustion air mass flow stated in technical data is defined for an ambient air temperature of 25°C. Calculate with an air density corresponding to 30°C or more when translating the mass flow into volume flow. The expression below can be used to calculate the volume flow.

$$q_c = \frac{m'}{\rho}$$

where:

$q_c$  = combustion air volume flow [m<sup>3</sup>/s]

$m'$  = combustion air mass flow [kg/s]

$\rho$  = air density 1.15 kg/m<sup>3</sup>

Para el caso del generador a gas de mayores dimensiones, el modelo MTU 12V4000 GS-L32, capaz de aportar una potencia eléctrica nominal de 1168 kW, el fabricante establece en su catálogo que la masa nominal de aire para la combustión tendrá un valor de 7521 kg/h. Por lo tanto, el flujo de aire necesario para la combustión de esta unidad será:

$$qc1 = \frac{7521 \frac{kg}{h} \cdot \frac{1h}{3600s}}{1,15 \frac{kg}{m^3}} = 1,83 \frac{m^3}{s}$$

Por otro lado, en el caso del generador de menor tamaño, el modelo MTU 6R400GS-E3066 D4, capaz de aportar una potencia eléctrica nominal de 135 kW, el modelo análogo de la firma Siemens tiene un flujo de aire de combustión de 1360 kg/h. Por lo tanto, el flujo de aire necesario para la combustión de esta unidad será:

$$qc2 = \frac{1360 \frac{kg}{h} \cdot \frac{1h}{3600s}}{1,15 \frac{kg}{m^3}} = 0,33 \frac{m^3}{s}$$

Por lo tanto, el flujo de aire total necesario para la combustión de los grupos electrógenos que constituyen la planta eléctrica principal de la barcaza será el siguiente:

$$qc = qc1 + qc2 = 1,83 + 0,33 = 2,16 \frac{m^3}{s}$$

## 7.2 Flujo de aire para la evacuación de la emisión de calor

De acuerdo con la normativa ISO 8861, el flujo de aire para la evacuación de la emisión de calor se estimará en cada caso a partir de la siguiente expresión:

$$q_v = \frac{\Phi}{\rho \times c \times \Delta T}$$

where:

$q_v$  = air flow [m<sup>3</sup>/s]

$\Phi$  = total heat emission to be evacuated [kW]

$\rho$  = air density 1.13 kg/m<sup>3</sup>

$c$  = specific heat capacity of the ventilation air 1.01 kJ/kgK

$\Delta T$  = temperature rise in the engine room [°C]

Lo primero que se realizará será el cálculo de las emisiones de calor de los diferentes equipos y sistemas de la cámara de máquinas del buque.

### 7.2.1 Motores de los grupos generadores

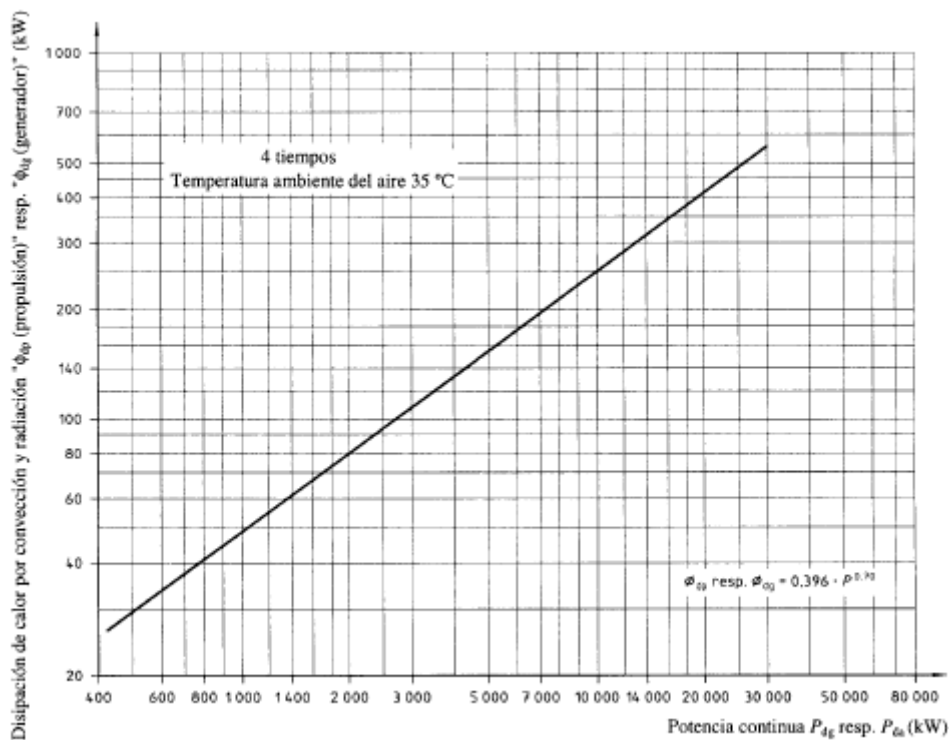
El fabricante MTU establece los siguientes valores máximos de emisión de calor (tras haber sido refrigerado por el servicio de agua) para el grupo generador de mayor potencia de los instalados en la barcaza (12V4000 GS):

Thermal output, 2. stage mixture cooler – 100% CP (± 8%)	A	kW	78
Thermal output, 2. stage mixture cooler – 75% CP (± 8%)	A	kW	50
Thermal output, 2. stage mixture cooler – 50% CP (± 8%)	A	kW	32

Por otro lado, no se poseen los datos de emisión de calor tras refrigeración para el grupo generador de menor tamaño, por lo que se obtendrá por interpolación lineal de los datos de la serie 4000:

$$\text{Thermal output } 6R400 = \frac{135}{1169} \cdot 78 = 9 \text{ kW}$$

Estos datos se pueden contrastar con los aportados por la norma ISO 8861:1998 para realizar la estimación del calor emitido por convección y radiación de los grupos electrógenos en caso de desconocer los datos del modelo concreto (se debe tener presente que es para máquinas diésel no de gas). Se podrá observar que no difieren demasiado de los obtenidos para las máquinas de la barcaza.



Por lo tanto, el valor total de la emisión de calor de estos equipos será:

$$\Phi_1 = 78 + 9 = 87 \text{ kW}$$

### 7.2.2 Generadores eléctricos

La emisión de calor de los generadores eléctricos se calcula mediante la formulación aportada por la normativa expuesta al comienzo del apartado.

$$\Phi_{Gen} = Pot. Gen \cdot \left[1 - \frac{\eta}{100}\right]$$

Siendo:



- $Pot. Gen = Potencia\ eléctrica\ nominal\ de\ los\ generadores$
- $\eta = Rendimiento\ de\ los\ generadores$

En el caso de la unidad de mayor tamaño, se obtiene el siguiente valor:

$$\Phi_{Gen\ 12V4000} = 1168\ kW \cdot \left[1 - \frac{89,5}{100}\right] = 122,64\ kW$$

En el caso de la unidad de menor tamaño, se obtiene el siguiente valor:

$$\Phi_{Gen\ 6R400} = 135 \cdot \left[1 - \frac{91,4}{100}\right] = 11,61\ kW$$

Por lo tanto, el valor global de la emisión de calor de los generadores eléctricos principales será:

$$\Phi_2 = \Phi_{Gen\ 12V4000} + \Phi_{Gen\ 6R400} = 122,64 + 11,61 = 134,25\ kW$$

### 7.2.3 Instalaciones eléctricas

Al desconocerse los detalles de la instalación eléctrica en la cámara de máquinas, la norma ISO 8861 permite que realicemos una estimación aprox. tomando como valor de la emisión de calor total de estos dispositivos el 20% de los aparatos eléctricos y luces empleados a bordo durante la navegación.

En el balance eléctrico realizado en el cuaderno 11 del presente proyecto puede observarse que el consumo de los aparatos eléctricos durante la operación de bunkering de HFO es mayor que durante navegación, por lo que se empleará este dato para este cálculo.

Por lo tanto, la emisión de calor de las instalaciones eléctricas será la siguiente:

$$\Phi_3 = 0,2 \cdot Pot. bunkering\ HFO = 0,2 \cdot 105,42 = 21,08\ kW$$

### 7.2.4 Tuberías de escape

La emisión de calor de las tuberías de gases de escape siguiendo las directrices del apartado 7.3 de la norma ISO 8861. Como los fabricantes de las máquinas no aportan cifras específicas al respecto, se tomará un incremento de la temperatura de 300 K.

Por lo tanto, teniendo todo esto en consideración, se asumirá una velocidad para los gases de escape de 45 m/s para ambas unidades. Por otro lado, a partir de los datos aportados por el fabricante, el flujo de aire de escape para el generador 12V4000 GS será de 7848 m<sup>3</sup>/h y para el 6R400 GS (tomado del modelo de referencia de Siemens) de 1360 kg/h. Con estos datos se obtienen las siguientes áreas de flujo de las tuberías de los gases de escape:

$$Flow\ area\ pipe\ 12V4000 = \frac{7848\ \frac{m^3}{h} \cdot \frac{1\ h}{3600\ s}}{45\ \frac{m}{s}} = 0,048\ m^2$$

$$Flow\ area\ pipe\ 6R400 = \frac{1360\ \frac{m^3}{h} \cdot \frac{m^3}{1,15\ kg} \cdot \frac{1\ h}{3600\ s}}{45\ \frac{m}{s}} = 0,007\ m^2$$

De esta forma, suponiendo tuberías de área transversal circular, el diámetro necesario para cumplir con las áreas anteriores serán los siguientes:

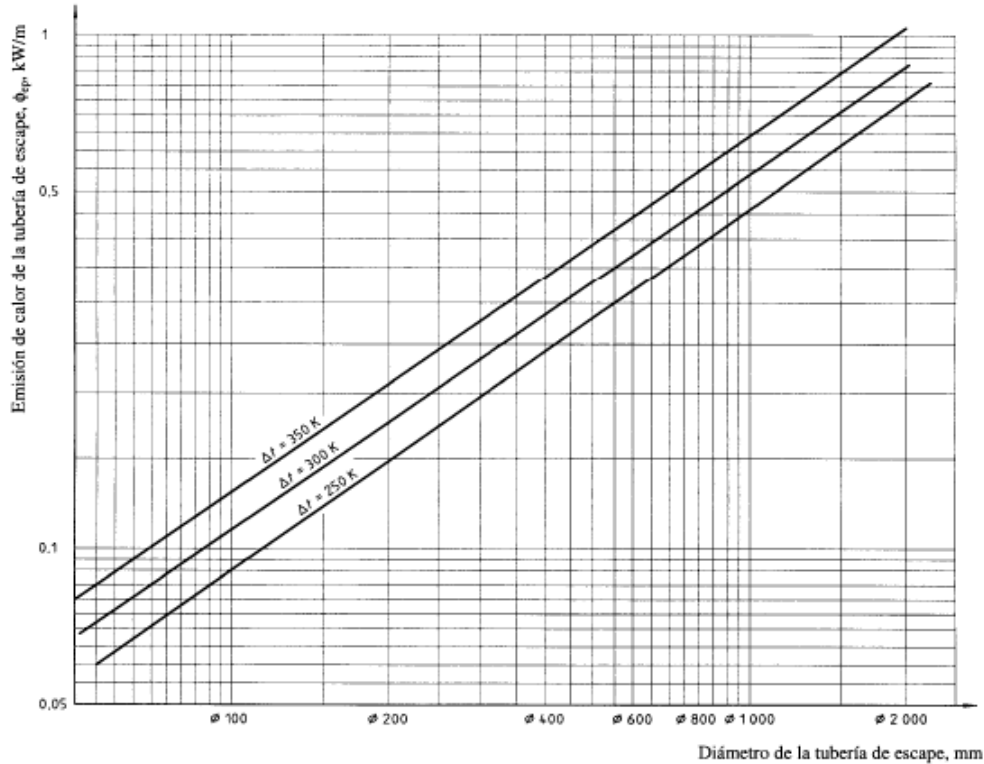
$$D\ exhaust\ pipe\ 12V4000 = \sqrt{0,048 \cdot \frac{4}{\pi}} = 0,25\ m = 250\ mm$$

$$D\ exhaust\ pipe\ 6R400 = \sqrt{0,007 \cdot \frac{4}{\pi}} = 0,10\ m = 100\ mm$$

En cuanto a la emisión de calor de las tuberías de escape, la norma ISO 8861:1998 aporta la siguiente gráfica para estimarla:

### 7.3 Emisión de calor de las tuberías de escape

Las curvas están trazadas para un espesor del aislamiento de aproximadamente 70 mm.



Por tanto, se tendrán las siguientes emisiones de calor para las tuberías de escape de los grupos generadores instalados en la cámara de máquinas de la barcaza:

- 12V4000 GS-L32:  $D = 250 \text{ mm}$ ;  $\Phi_{ep} = 0,35 \text{ kW/m}$
- 6R400 GS-E3066 D4:  $D = 100 \text{ mm}$ ;  $\Phi_{ep} = 0,15 \text{ kW/m}$

Asumiendo que la longitud de la tubería de escape de cada grupo será de 5 m, se tiene que la emisión total de calor de las tuberías de escape de los generadores será la siguiente:

$$\Phi_{em \text{ 12V4000}} = 5 \text{ m} \cdot 0,35 \frac{\text{kW}}{\text{m}} = 1,75 \text{ Kw}$$

$$\Phi_{em \text{ 6R400}} = 5 \text{ m} \cdot 0,15 \frac{\text{kW}}{\text{m}} = 0,75 \text{ kW}$$

$$\Phi_4 = \Phi_{em \text{ 12V4000}} + \Phi_{em \text{ 6R400}} = 1,75 + 0,75 = 2,5 \text{ kW}$$

### 7.2.5 Otros componentes de la cámara de máquinas

En la cámara de máquinas se sitúan otros equipos como compresores, intercambiadores de calor, sistemas contraincendios, etc.

La emisión de calor del resto de equipos se supone como el 20% de la emisión de calor de los generadores eléctricos.

$$\Phi_5 = 0,2 \cdot \Phi_2 = 0,2 \cdot 134,25 = 26,85 \text{ kW}$$

### 7.3 Flujo de aire total para la evacuación del calor

De acuerdo con la ISO 8861:1998, la cantidad de flujo de aire para la evacuación de la emisión de calor se calculará a través la siguiente expresión:

$$qh = \frac{\Phi1 + \Phi2 + \Phi3 + \Phi4 + \Phi5}{\rho \cdot c \cdot \Delta T} - 0,4 \cdot q_{gen} \left[ \frac{m^3}{s} \right]$$

Siendo:

- $\Phi1, \Phi2, \Phi3, \Phi4, \Phi5$  = Valores de emisión de calor antes calculados.
- $\rho$  = Densidad del aire a 35°C = 1,13 kg/m<sup>3</sup>
- $c$  = Capacidad de calor específico del aire = 1,01 kJ/(kg · K)
- $\Delta T$  = Aumento de la temperatura del aire en la sala de máquinas = 2,5 K
- $q_{gen}$  = Flujo de aire para la combustión de los generadores = 2,16 m<sup>3</sup>/s

Por lo tanto, la cantidad de flujo de aire para la evacuación de la emisión de calor de la planta de generación eléctrica de la barcaza será el siguiente:

$$qh = \frac{87 + 134,25 + 21,08 + 2,5 + 26,85}{1,13 \cdot 1,01 \cdot 2,5} - 0,4 \cdot 2,16 = 94,36 \frac{m^3}{h}$$

De acuerdo con la misma normativa, el flujo de aire total será el mayor de los valores de Q1 y Q2:

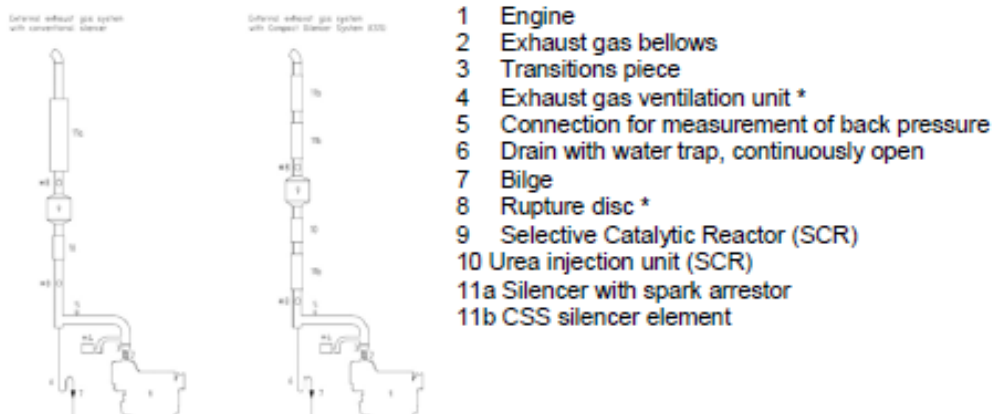
$$Q1 = qc + qh = 2,16 \frac{m^3}{s} + 94,36 \frac{m^3}{s} = 96,52 \frac{m^3}{s}$$

$$Q2 = 1,5 \cdot qc = 1,5 \cdot 2,16 \frac{m^3}{s} = 3,24 \frac{m^3}{s}$$

$$Q = 96,52 \frac{m^3}{s} \cdot \frac{3600 s}{1 h} = 347470 \frac{m^3}{h}$$

Una vez conocido el valor de flujo de aire a evacuar por el sistema de exhaustación de los generadores de la cámara de máquinas de la barcaza, habrá que elegir la configuración del mismo. Pese que no es el objetivo de este proyecto realizar un diseño detallado de la estructura y de los equipos y servicios del buque, sí se propondrán una serie de configuraciones posibles, sacadas de los catálogos de los diferentes fabricantes de motores y grupos generadores marinos [6]:

#### Wartsila 31SG



**Fig 11-5 External exhaust gas system (DAAF391527)**

### Exhaust gas ventilation unit (5N01)

An exhaust gas ventilation system is required to purge the exhaust piping after the engine has been stopped in gas mode. The exhaust gas ventilation system is a class requirement. The ventilation unit is to consist of a centrifugal fan, a flow switch and a butterfly valve with position feedback. The butterfly valve has to be of gas-tight design and able to withstand the maximum temperature of the exhaust system at the location of installation.

The fan can be located inside or outside the engine room as close to the turbocharger as possible. The exhaust gas ventilation sequence is automatically controlled by the G.V.U.

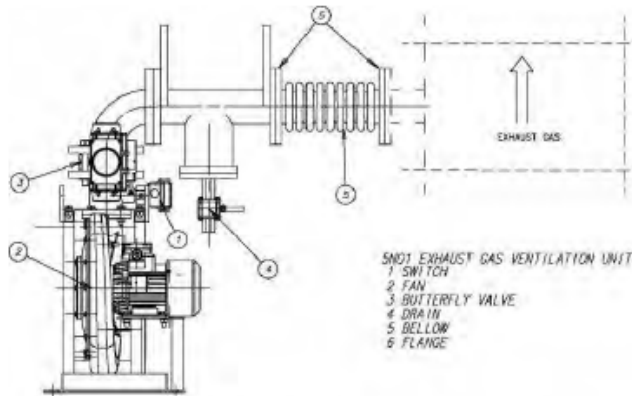
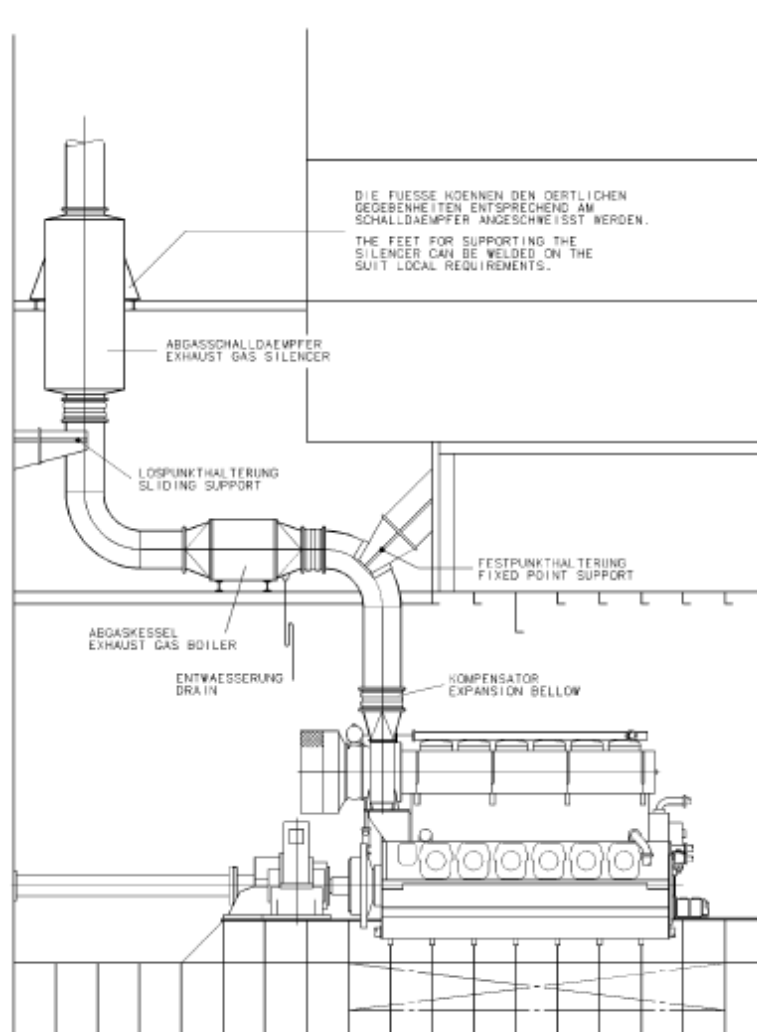


Fig 11-6 Exhaust gas ventilation arrangement (DAAF315146)

**MAN**



## 7.4 Ventiladores de la cámara de máquinas

El tipo de ventiladores de la cámara de máquinas se seleccionará en función de lo expuesto en los apuntes de la asignatura “Equipos y Sistemas Auxiliares del Buque” del profesor J.A. Fraguela. Se dispondrá de 4 ventiladores más uno de reserva, todos ellos de tipo helicoidal.

Con esta configuración, cada ventilador deberá poseer un caudal mínimo de:

$$Q_{min} = \frac{347470 \frac{m^3}{h}}{4} = 86868 \frac{m^3}{h}$$

Para la elección de los equipos se ha seleccionado la reconocida firma Sodeca, cuyos equipos ya han sido empleados en el cuaderno 12 para la ventilación de los espacios de ventilación. El criterio de selección del modelo concreto será el siguiente: cumplir con el caudal de ventilación estimado a las menores revoluciones por minuto, hecho de notable importancia, ya que una menor velocidad de rotación colabora a reducir el ruido ambiental del local de máquinas.

Consultando el catálogo de la firma antes mencionada, se pueden observar los siguientes equipos que cumplen los requisitos antes citados:

Modelo	Velocidad (r/min)	Intensidad máxima admisible (A)			Potencia Instalada (kW)	Caudal máximo (m³/h)	Nivel presión sonoro dB(A)	Peso aprox. (Kg)			According ErP
		230V	400V	690V				HGT Larga	HGT Corta	HGTX	
HGT - 160-8T/9-10	725	16,00	9,50	7,50	87000	80	444	390		2015	
HGT - 160-8T/9-15	720	24,00	13,80	11,00	103000	82	516	447		2015	
HGT - 160-8T/9-20	725	31,00	18,10	15,00	117000	83	573	504		2015	

Teniendo presente que el ventilador generalmente no trabaja a su máxima capacidad, se ha seleccionado el modelo HGT 160-8T/9-15, que aportará un caudal máximo de 103000 m³/h a una velocidad de 720 rpm, consumiendo una potencia eléctrica de 11 kW cada uno de ellos.

Por lo tanto, el servicio de ventilación de la cámara de máquinas de la barcaza aportará un caudal máximo total de 412000 m³/h y consumirá cuatro veces la potencia individual de cada uno de los equipos de ventilación, es decir, 44 kW.

En los anexos finales se adjuntará el catálogo de estas unidades aportado por el fabricante, en el que aparecen descritas con detalle las características técnicas de este modelo de ventiladores.

## **8 DISPOSICIÓN GENERAL DE LA CÁMARA DE MÁQUINAS**

La sala de máquinas se situará a popa de la barcaza, dentro de la toldilla y sobre la cubierta principal, entre el mamparo del pique de popa (coincidente con la cuaderna 9, a 5,4 m de la perpendicular de popa) y el mamparo que lo separa de los locales de control y de comunicaciones (coincidente con la cuaderna 21, situada a 13,8 m de la perpendicular de proa). Esto supone que el local destinado a la maquinaria principal de la barcaza tendrá una eslora de 8,4 m y, tomando una manga de 11 m, un área total de 117,6 m<sup>2</sup>.

Por otro lado, la cámara de bombas estará situada bajo la anterior, estando limitada por el mamparo del pique de popa (como se dijo antes, a 5,4 m de la perpendicular de popa) y el mamparo de inicio de la zona de carga (coincidente con la cuaderna 13, situada a 8,2 m de la perpendicular de popa). Tendrá una altura libre de 6,6 m, ya que estará situada sobre la cubierta del doble fondo. Esto significa que el local destinado a los diferentes equipos de bombeo tendrá una eslora de 2,8 m, y tomando una manga de 14 m, un área total de 39,2 m<sup>2</sup>.

El plano con el espacio destinado a la maquinaria y todos los elementos y sistemas que la integran se adjuntará en los anexos finales del proyecto.

## 9 BIBLIOGRAFÍA

I. Autor: García Vázquez y G. F. Tutor: Antelo, «Planta Energética para Cold Ironing. Planta de Generación,» de *TFG Grado de Tecnologías Marinas, Energía y propulsión*, ETS de Náutica y Máquinas. Universidade da Coruña., Julio-2015.

Wartsila Engines, «Wartsila 20DF Product Guide,» September 2018.

DNV GL, «Chapter 6: Machinery piping systems,» de *Rules for Classification of Ships. Part 4: Systems and components*, 2018-07.

L. Boaro y S. m. F. G. Handling, «Gas as Fuel-Wartsila Technology,» October 2017.

AENOR, «ISO 8861:1998 Ventilación de la sala de máquinas de barcos de motor diésel. Requisitos de diseño y bases de cálculos.,» de *Construcción naval.*, Enero 1999.

MAN Diesel SE, «Engine 32/40,» de *Project Guide for Marine Plants.*

## **10 ANEXOS**

### **10.1 Disposición de la cámara de máquinas**

### **10.2 Fichas técnicas y catálogos comerciales**

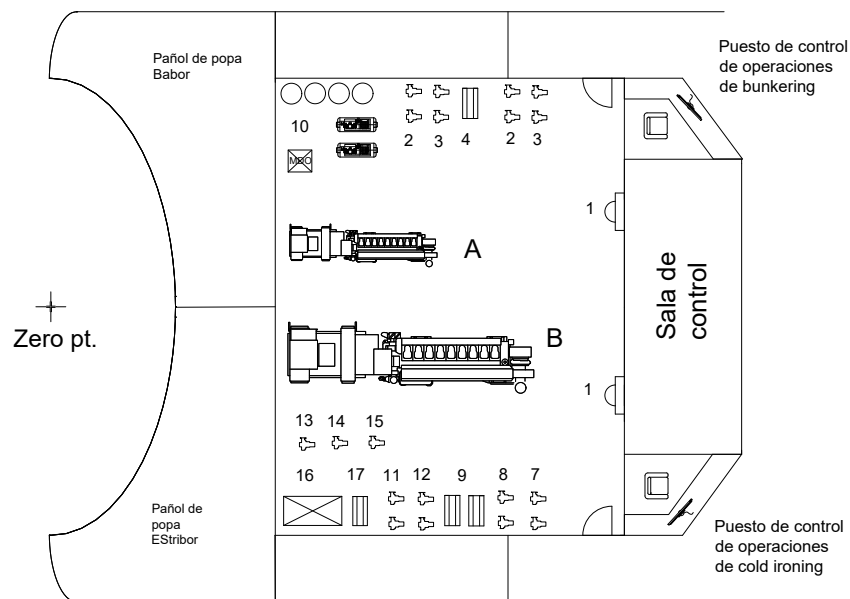


### Sistemas principales:

- A- Generador 6R400 GS-E3066 D4
- B- Generador 12V4000 GS-L32

### Sistemas auxiliares:

- 1- Unidad de válvulas de gas (GVU)
- 2- Bombas separadoras de lubricación.
- 3- Bombas de lubricación de reserva.
- 4- Precalentador separadora lubricación.
- 5- Bombas de circulación HT.
- 6- Bombas de circulación LT.
- 7- Bombas intercambiadores agua salada.
- 8- Bombas precalentadores agua salada.
- 9- Precalentadores agua salada.
- 10- Compresores y botellas aire comprimido
- 11- Bombas de sentinas.
- 12- Bombas CI interior.
- 13- Bomba CI emergencia.
- 14- Bomba agua nebulizada.
- 15- Bomba feeder agua nebulizada
- 16- Generador agua dulce.
- 17- Calentador agua dulce.



Unidad:  mm	Nombre	Fecha		Escuela Politécnica Superior UNIVERSIDADE DA CORUÑA
	Autor	01/06/20		
	Tutor	01/06/20		
Escala:  1:200	Título del plano:  Disposición de la cámara de máquinas			Proyecto N°:  19-99



## Gas system

# SERIES 400 NATURAL GAS

400V/50 Hz/NO<sub>x</sub> < 500 mg/Nm<sup>3</sup>

## System ratings

Gas genset with optional heat recovery (90°/70°C heating water circuit)

Genset type	Engine type	Output				Energy input <sup>4)</sup>	Efficiency		Methane number <sup>5)</sup>
		Elect. <sup>1)</sup>	Therm. <sup>2)</sup>	Exhaust <sup>3)</sup>	Low Temp.		Electr.	Total	
		kW <sub>el</sub>	kW <sub>th</sub>	kW <sub>th</sub> (°C)	kW <sub>th</sub> (°C)		n <sub>el</sub> (%)	n <sub>tot</sub> (%)	
MTU 6R400 GS*	E3066 D4*	135	115	89 (90)	---	371	36.4	91.4	≥ 70
MTU 6R400 GS	E3066 L9	182	122	143 (120)	---	506	36.0	88.3	≥ 70
MTU 6R400 GS	E3066 L9	191	103	149 (120)	29 (50)	534	35.8	83.0	≥ 70
MTU 6R400 GS	E3066 L9	201	106	154 (120)	36 (40)	560	35.9	82.3	≥ 70
MTU 6R400 GS	E3066 Z5	220	117	134 (120)	17 (40)	558	39.4	84.4	≥ 80
MTU 12V400 GS*	E3042 D4*	245	224	154 (100)	---	675	36.3	92.3	≥ 70
MTU 12V400 GS	E3042 L9	357	235	256 (120)	---	952	37.5	89.1	≥ 70
MTU 12V400 GS	E3042 L9	370	194	263 (120)	52 (50)	988	37.4	83.7	≥ 70
MTU 12V400 GS	E3042 Z6	390	233	241 (120)	28 (40)	995	39.2	86.8	≥ 70
MTU 12V400 GS	E3042 Z6	420	247	257 (120)	31 (40)	1064	39.5	86.8	≥ 80

Cogeneration module 100°/80°C heating water circuit

MTU 6R400 GS*	E3066 DH3*	116	110	80 (120)	---	337	34.4	90.8	≥ 70
MTU 12V4000 GS	E3066 LH9	165	111	130 (120)	---	465	35.5	87.3	≥ 70
MTU 16V4000 GS	E3042 DH3*	227	210	141 (120)	---	628	36.1	92.0	≥ 80
MTU 16V4000 GS	E3042 LH9	323	206	250 (120)	---	879	36.7	88.6	≥ 70

\* λ = 1 with 3-Way-Catalyst, NO<sub>x</sub> < 250 mg/Nm<sup>3</sup>

- 1 Rated power at nominal voltage, power factor = 1,0 and nominal frequency
- 2 Heat output from engine cooling with tolerance of ± 8%
- 3 Heat output from exhaust (exhaust cooling to 90°C, 100°C or 120°C) with tolerance of ± 8%
- 4 Performance data in accordance with ISO 3046/I-2002 with tolerance of 5%
- 5 Referenced methane number

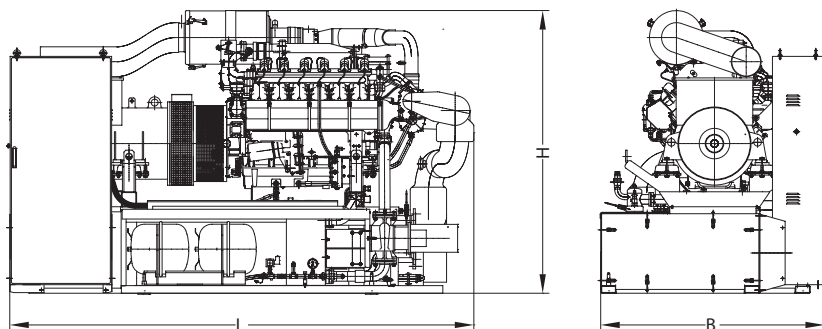
Project specific data on request:

- different alternator voltage
- different flow-/return-temperatures, hot cooling, methane number, installation conditions etc.
- Container



A Rolls-Royce solution

## Drawings and dimensions



Note: This drawing is provided for reference only and should not be used for installation planning.

Genset type	Dimensions genset (L x W x H)	Cogeneration module (L x W x H)
MTU 6R400 GS (D4)	---	3650 x 960 x 1875 mm
MTU 6R400 GS (L9)	3400 x 1700 x 2100 mm	3700 x 1900 x 2100 mm
MTU 6R400 GS (Z5)	3900 x 1900 x 2150 mm	3900 x 1900 x 2150 mm
MTU 12V400 GS (D4/L9)	4000 x 1700 x 2200 mm	3700 x 1900 x 2300 mm
MTU 12V400 GS (Z6)	4000 x 1700 x 2200 mm	3900 x 1900 x 2300 mm
MTU 6R400 GS (DH3)	---	3950 x 960 x 1875 mm
MTU 6R400 GS (LH9)	---	3900 x 1900 x 2100 mm
MTU 12V400 GS (DH3/LH9/ZH6)	---	4000 x 1900 x ,300 mm

## Engine data

	3066	3042
Configuration	in-line	90°V
No. of cylinders	6	12
Bore/stroke	130/155 mm	130/142 mm
Cyl. displacement	2.06 lit.	1.88 lit.
Rated speed	1500 rpm	1500 rpm

## Design and equipment (extract)

- Sliding gear starter 24V
- Gas supply with electronically controlled gas metering valve
- Electronic high-voltage capacitor ignition system with one ignition coil per cylinder
- Electronic speed governor for speed and power output control with automatic knocking control

Any specifications, descriptions, values, data or other information related to dimensions, power or other technical performance criteria of the goods as provided in this general product information are to be understood as non-binding and may be subject to further changes such as but not limited to technical evolution at any time.  
Version: 01.01.2018.



## Gas system

# SERIES 4000 NATURAL GAS

400V/50 Hz/NO<sub>x</sub> < 500 mg/Nm<sup>3</sup>

## System ratings

### Gas genset with optional heat recovery module

Genset type	Engine type	Output				Energy input <sup>4)</sup>	Efficiency		Methane number <sup>5)</sup>
		Elect. <sup>1)</sup>	Therm. <sup>2)</sup>	Exhaust <sup>3)</sup>	Low Temp.		Electr.	Total	
		kW <sub>el</sub>	kW <sub>th</sub>	kW <sub>th</sub> (°C)	kW <sub>th</sub> (°C)		n <sub>el</sub> (%)	n <sub>tot</sub> (%)	
MTU 8V4000 GS	L33	776	414	422 (120)	47 (40)	1832	42,4	88,0	≥ 70
MTU 8V4000 GS	L33	854	457	448 (120)	49 (40)	1993	42,8	88,3	≥ 80
MTU 8V4000 GS	L64 FNER	999	522	490 (120)	99 (43)	2258	44,3	89,1	≥ 72
MTU 8V4000 GS	L64	1013	503	486 (120)	69 (43)	2304	44,0	86,9	≥ 80
MTU 8V4000 GS	L64 FNER	1013	530	494 (120)	59 (43)	2287	44,3	89,1	≥ 72
MTU 12V4000 GS	L33	1287	685	659 (120)	88 (40)	2974	43,3	88,5	≥ 80
MTU 12V4000 GS	L64	1521	766	691 (120)	104 (43)	3438	44,2	85,7	≥ 80
MTU 16V4000 GS	L33	1714	1005	821 (120)	113 (40)	3991	42,9	88,7	≥ 80
MTU 16V4000 GS	L64 FNER	1999	1043	984 (120)	143 (43)	4519	44,2	89,1	≥ 72
MTU 16V4000 GS	L64	2028	996	936 (120)	127 (43)	4573	44,3	86,6	≥ 80
MTU 16V4000 GS	L64 FNER	2028	1060	995 (120)	145 (43)	4583	44,3	89,0	≥ 72
MTU 20V4000 GS	L33	2145	1196	1078 (120)	142 (40)	4990	43,0	88,6	≥ 80
MTU 20V4000 GS	L64	2538	1241	1212 (120)	176 (43)	5751	44,1	86,6	≥ 80
<b>Hot ambient conditions</b>									
MTU 8V4000 GS	L32	776	460	420 (120)	32 (53)	1853	41,9	89,4	≥ 80
MTU 12V4000 GS	L32	1169	652	638 (120)	43 (53)	2747	42,6	89,5	≥ 80
MTU 16V4000 GS	L32	1560	890	805 (120)	76 (53)	3651	42,7	89,2	≥ 80
MTU 16V4000 GS	L64 FNER	1999	1155	965 (120)	90 (58)	4558	43,9	90,4	≥ 80
MTU 16V4000 GS	L64 FNER	2028	1173	974 (120)	93 (58)	4622	43,9	90,3	≥ 80
MTU 20V40 00 GS	L64 FNER	2538	1441	1243 (120)	150 (58)	5781	43,9	90,3	≥ 80

- 1 Rated power at nominal voltage, power factor = 1,0 and nominal frequency
- 2 Heat output from engine cooling with tolerance of ± 8%
- 3 Heat output from exhaust (exhaust cooling to 120°C) with tolerance of ± 8%
- 4 Performance data in accordance with ISO 3046/I-2002 with tolerance of 5%
- 5 Referenced methane number

- Project specific data on request:
- different alternator voltage
  - different flow-/return-temperatures, hot cooling, methane number, installation conditions etc.
  - Container

## System ratings

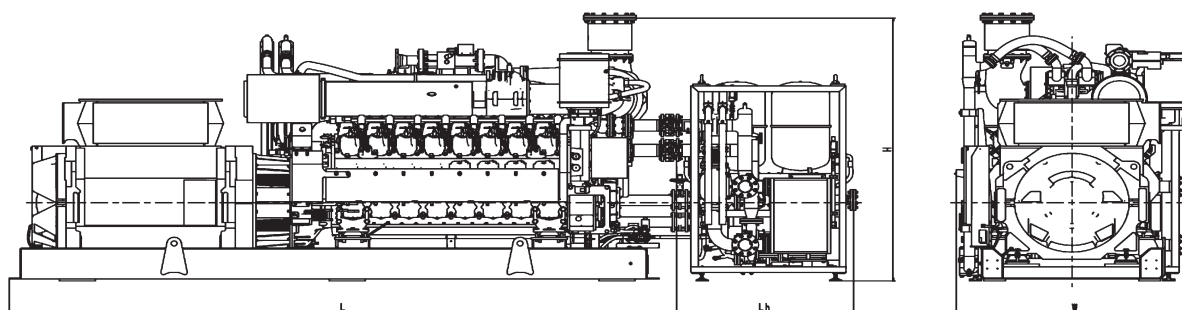
### Gas genset with optional heat recovery module

Genset type	Engine type	Output				Energy input <sup>4)</sup>	Efficiency		Methane number <sup>5)</sup>
		Elect. <sup>1)</sup>	Therm. <sup>2)</sup>	Exhaust <sup>3)</sup>	Low Temp.		Electr.	Total	
<b>Low methane number</b>		kW <sub>el.</sub>	kW <sub>th.</sub>	kW <sub>th</sub> (°C)	kW <sub>th</sub> (°C)	kW	n <sub>el.</sub> (%)	n <sub>tot</sub> (%)	
MTU 16V4000 GS	L32 ER	1560	951	951 (120)	84 (53)	3848	40,5	89,6	≥ 60
MTU 20V4000 GS	L32 ER	1948	1180	1181 (120)	99 (53)	4812	40,5	89,5	≥ 60

- 1 Rated power at nominal voltage, power factor = 1,0 and nominal frequency
- 2 Heat output from engine cooling with tolerance of ± 8%
- 3 Heat output from exhaust (exhaust cooling to 120°C) with tolerance of ± 8%
- 4 Performance data in accordance with ISO 3046/I-2002 with tolerance of 5%
- 5 Referenced methane number

- Project specific data on request:
- different alternator voltage
  - different flow-/return-temperatures, hot cooling, methane number, installation conditions etc.
  - Container

## Drawings and dimensions



Note: This drawing is provided for reference only and should not be used for installation planning.

Genset type	Dimensions genset (LxWxH)	Heat recovery module (Lh x W x H)
MTU 8V4000 GS	4200 x 2000 x 2300 mm	1500 x 1900 x 2000 mm
MTU 12V4000 GS	5000 x 2000 x 2300 mm	1500 x 1900 x 2000 mm
MTU 16V4000 GS	5500 x 2000 x 2300 mm	1500 x 1900 x 2000 mm
MTU 20V4000 GS	6600 x 2000 x 2300 mm	1500 x 1900 x 2000 mm

## Engine data

4000	
Configuration	90° V
No. of cylinders	8/12/16/20
Bore/stroke	170/210 mm
Cyl. displacement	4,77 lit.

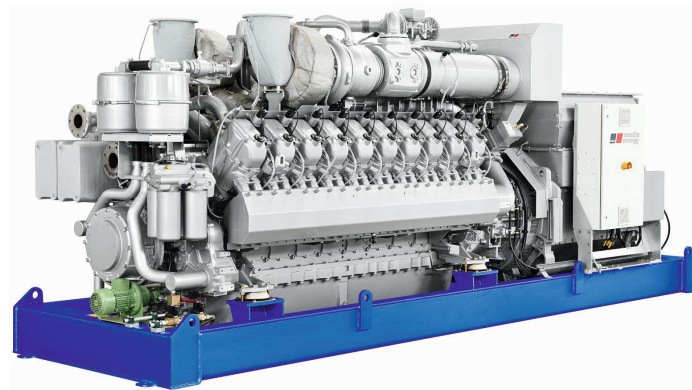
## Design and equipment (extract)

- Sliding gear starter 24V
- Gas supply with electronically controlled gas metering valve
- Electronic high-voltage capacitor ignition system with one ignition coil per cylinder
- Electronic speed governor for speed and power output control with automatic knocking control

Any specifications, descriptions, values, data or other information related to dimensions, power or other technical performance criteria of the goods as provided in this general product information are to be understood as non-binding and may be subject to further changes such as but not limited to technical evolution at any time. Version: 01.04.2015, materials and specifications subject to change without notice due to technical advances.



POWERING BUSINESS. EMPOWERING PEOPLE



**Technical Specification**

**and**

**Scope of Supply**

**MTU 20V4000 GS  
GG20V4000A1**

## I. System Description

Product type	GG20V4000A1 MTU 20V4000 GS
Application Group	3A - Heavy duty service, unrestricted

### Power values

	Unit	Nominal
Electrical power, 100% CP	kWel	1948
Power factor (cos f)	-	1.0
Frequency	Hz	50
Voltage	V	400
Engine rated speed	rpm	1500
Thermal output, engine (Engine block, engine lube oil, 1st stage intercooler) – 100% CP (± 8%)	kW	1035
Thermal output, engine (Engine block, engine lube oil) – 100% CP (±8%)	kW	1035
Thermal Output in exhaust gas cooled (to reference temperature in °C) – 100% CP (± 8%)	kW	1101
Reference temperature, cooling, exhaust gas	°C	120
Thermal output, 2. stage mixture cooler – 100% CP (± 8%)	kW	78
Output, thermal, total – 100% CP (± 8%)	kW	1035
Energy input in accordance with ISO 3046 - 100% (± 5%)	kW	4577
Intake air temperature	°C	35
Site altitude above sea level	m	100
Relative air humidity	%	60
Gas type: natural gas	-	X
Methane number (MN), min.	-	80
Cooling water temperature, inlet	°C	78
Cooling water temperature, outlet	°C	90
Mixture cooler, 2. stage water inlet temperature	°C	53
Nitrogen oxides (NOx), emissions (dry, referred to reference value residual oxygen)	mg/m <sup>3</sup> n	500
Carbon monoxide (CO) Emission (dry, referred to reference value residual oxygen)	mg/m <sup>3</sup> n	1000
Reference value residual Oxygen	%	5

**Technical Data:**
**1. DATA-RELEVANT DESIGN**

Technical data sheet	-	93800050093
Technical description	-	MS61016
Planning drawing plant	-	93406008005
Planning drawing heat recovery unit	-	-
Flow chart (Piping and Instruments) German	-	93200008621
Fuel, fluid and lubricants specification	-	A001067
Load step diagram	-	-
Methane number derating diagram	-	DK-DR-0003
Combustion air derating diagram	-	DK-DR-0005
Foundation requirement	-	93800050093BI
Island mode capability	-	X
Extraction 1st stage intercooler (high temperature circuit)	-	-
Extraction 1st stage intercooler (connection in series 2. stage intercooler)	-	-
Built type	-	GB
Maintenance schedule	-	MS50198
Overhaul schedule	-	MS50198
Flow chart (Piping and Instruments) English	-	93200008622

**2. POWER-RELATED DATA, ELECTRICAL**

Voltage		V	400
Frequency		Hz	50
Grid regulations		-	-
Electrical power, 100% CP		kWel	1948
Electrical power, 75% CP		kWel	1461
Electrical power, 50% CP		kWel	974
Engine power ISO 3046-1 – 100% CP	A	kW	2000
Engine power ISO 3046-1 – 75% CP	A	kW	1499
Engine power ISO 3046-1 – 50% CP	A	kW	1003
Power factor (cos f)		-	1.0
Generator efficiency at cos f = 1 – 100% CP		%	97.4
Generator efficiency at cos f = 1 – 75% CP		%	97.4
Generator efficiency at cos f = 1 – 50% CP		%	97.1
Electrical efficiency, 100%		%	42.6
Electrical efficiency, 75%		%	41.5
Electrical efficiency, 50%		%	39.2
Total efficiency incl. thermal output from exhaust, 100%		%	89.2
Total efficiency incl. thermal output from exhaust, 75%		%	89.3
Total efficiency incl. thermal output from exhaust, 50%		%	88.6

**3. POWER-RELATED DATA, THERMAL**

Thermal output, engine (Engine block, engine lube oil, 1st stage intercooler) – 100% CP ( $\pm 8\%$ )	A	kW	1035
Thermal output, engine (Engine block, engine lube oil, 1st stage intercooler) – 75% CP ( $\pm 8\%$ )	A	kW	788
Thermal output, engine (Engine block, engine lube oil, 1st stage intercooler) – 50% CP ( $\pm 8\%$ )	A	kW	561
Thermal output, engine (Engine block, engine lube oil) – 100% CP ( $\pm 8\%$ )	A	kW	1035
Thermal output, engine (Engine block, engine lube oil) – 75% CP ( $\pm 8\%$ )	A	kW	788
Thermal output, engine (Engine block, engine lube oil) – 50% CP ( $\pm 8\%$ )	A	kW	561
Thermal Output in exhaust gas cooled (to reference temperature in °C) – 100% CP ( $\pm 8\%$ )	A	kW	1101



Thermal Output in exhaust gas cooled(to reference temperature in °C) – 75% CP (± 8%)	A	kW	891
Thermal Output in exhaust gas cooled (to reference temperature in °C) – 50% CP (± 8%)	A	kW	667
Reference temperature, cooling, exhaust gas	A	°C	120
Output, thermal, total – 100% CP (± 8%)	A	kW	1035
Output, thermal, total – 75% CP (± 8%)	A	kW	788
Output, thermal, total – 50% CP (± 8%)	A	kW	561
Thermal output, 1. stage mixture cooler – 100% CP (± 8%)	A	kW	-
Thermal output, 1. stage mixture cooler – 75% CP (± 8%)	A	kW	-
Thermal output, 1. stage mixture cooler – 50% CP (± 8%)	A	kW	-
Thermal output, 2. stage mixture cooler – 100% CP (± 8%)	A	kW	78
Thermal output, 2. stage mixture cooler – 75% CP (± 8%)	A	kW	50
Thermal output, 2. stage mixture cooler – 50% CP (± 8%)	A	kW	32

#### 4. CONSUMPTION

Energy input in accordance with ISO 3046 - 100% (± 5%)	A	kW	4577
Energy input in accordance with ISO 3046 - 75% (± 5%)	A	kW	3517
Energy input in accordance with ISO 3046 - 50% (± 5%)	A	kW	2486
Lube oil consumption	R	dm <sup>3</sup> /h	0.68

#### 5. COMBUSTION AIR / EXHAUST GAS

Combustion air volume flow – 100% CP – at Reference heating value		m <sup>3</sup> n/h	7594
Combustion air volume flow – 75% CP – at Reference heating value		m <sup>3</sup> n/h	5716
Combustion air volume flow – 50% CP – at Reference heating value		m <sup>3</sup> n/h	3922
Combustion air mass flow - 100% CP – at Reference heating value		kg/h	9807
Combustion air mass flow - 75% CP – at Reference heating value		kg/h	7382
Combustion air mass flow - 50% CP – at Reference heating value		kg/h	5065
Reference heating value fuel for combustion air		kWh/m <sup>3</sup> n	10.10
Exhaust volume flow, wet - 100 % CP		m <sup>3</sup> n/h	7848
Exhaust volume flow, wet - 75 % CP		m <sup>3</sup> n/h	5912
Exhaust volume flow, wet - 50 % CP		m <sup>3</sup> n/h	4062
Exhaust volume flow, dry - 100 % CP		m <sup>3</sup> n/h	7243
Exhaust volume flow, dry - 75 % CP		m <sup>3</sup> n/h	5448
Exhaust volume flow, dry - 50 % CP		m <sup>3</sup> n/h	3732
Exhaust mass flow, wet - 100 % CP		kg/h	10144
Exhaust mass flow, wet - 75 % CP		kg/h	7641
Exhaust mass flow, wet - 50 % CP		kg/h	5249
Exhaust temperature after turbocharger - 100 % CP		°C	472
Exhaust temperature after turbocharger - 75 % CP		°C	497
Exhaust temperature after turbocharger - 50 % CP		°C	529

#### 6. GENERAL CONDITIONS AND FUELS

Relative air humidity	A	%	60
Intake air temperature	A	°C	35
Site altitude above sea level	A	m	100
Barometric pressure	A	mbar	1000
Gas type: natural gas		-	X
Gas type: biogas		-	-
Methane number (MN), min.	L	-	80
Gas type: Sewage gas		-	-

Gas type: Landfill gas		-	-
Range of heating value: design min.	L	kWh/m <sup>3</sup> n	10.0
Range of heating value: design max.	L	kWh/m <sup>3</sup> n	10.5
Range of heating value: operation range min.	L	kWh/m <sup>3</sup> n	8.0
Range of heating value: operation range max.	L	kWh/m <sup>3</sup> n	11.0

## 7. EXHAUST EMISSIONS

Nitrogen oxides (NO <sub>x</sub> ), emissions (dry, referred to reference value residual oxygen)	L	mg/m <sup>3</sup> n	500
Carbon monoxide (CO) Emission (dry, referred to reference value residual oxygen)	L	mg/m <sup>3</sup> n	1000
Reference value residual Oxygen	A	%	5

## 8. OTTO GAS ENGINE

Engine type		-	20V4000L32
Engine rated speed	A	rpm	1500
Number of cylinders		-	20
Cylinder configuration: V angle		degrees (°)	90
Cylinder configuration: in-line vertical		-	-
Bore		mm	170
Stroke		mm	210
Displacement, total		liter	95.3
Compression ratio		-	12.1
Mean piston speed		m/s	10.5
Mean effective pressure (MEP) (at peak torque engine speed)		bar	16.8
Exhaust back pressure, min.	L	mbar	30
Exhaust back pressure, max.	L	mbar	60

## 9. GEARBOX

Transmission ratio		-	-
Geabox heat output (water cooled)		kW	-
Efficiency – 100% CL		-	-
Efficiency – 75% CL		-	-
Efficiency – 50% CL		-	-

## 10. GENERATOR

Manufacturer		-	CU
Type		-	LVSI804S2Wdg12
Rating power (temperature rise class F)		kVA	2560
Temperature rise class		-	F
Insulation class		-	H
Winding pitch		-	2/3
Protection		-	IP 23
Max. admissible cos φ inductive (overexcited)	L	-	0.80
Max. admissible cos φ capacitive (underexcited)	L	-	1.00
Voltage tolerance		%	+/- 5
Frequency tolerance		%	+/- 5
Alternator specification		-	93231006264

## 11. COOLANT SYSTEM ENGINE (HIGH-TEMPERATURE CIRCUIT)

Cooling water temperature, inlet	A	°C	78
Cooling water temperature, outlet	A	°C	90
Cooling equipment: coolant flow rate	A	m <sup>3</sup> /h	80.4
Coolant pressure after engine, max. (based on P <sub>max</sub> = 1.5 bar before coolant pump)	L	bar	2.23

Flow coefficient value (CV value)	A	m <sup>3</sup> /h	54.7
Pressure in cooling system, max.	L	bar	6.0

## 12. COOLANT SYSTEM (MIDDLE-TEMPERATURE CIRCUIT)

Mixture cooler, 1. stage water inlet temperature	A	°C	-
Intercooler 1nd stage: Water temperature (outlet)	A	°C	-
Intercooler 1nd stage: Coolant volumetric flow	A	m <sup>3</sup> /h	-
Intercooler 1nd stage: Coolant volumetric flow, min	L	m <sup>3</sup> /h	-
Intercooler 1nd stage: Pressure drop	A	bar	-
Intercooler 1nd stage: Flow coefficient value (CV value)	A	m <sup>3</sup> /h	-
Intercooler 1nd stage: Operation pressure, min	L	bar	-
Intercooler 1nd stage: Operation pressure, max (outlet)	L	bar	-

## 13. COOLANT SYSTEM (LOW-TEMPERATURE CIRCUIT)

Mixture cooler, 2. stage water inlet temperature	A	°C	53
Intercooler 2nd stage: Water temperature (outlet)	A	°C	55.1
Intercooler 2nd stage: Coolant volumetric flow	A	m <sup>3</sup> /h	34.3
Intercooler 2nd stage: Pressure drop	A	bar	0.60
Intercooler 2nd stage: Flow coefficient value (CV value)	A	m <sup>3</sup> /h	45.3
Intercooler 2nd stage: Operation pressure, max (outlet)	L	bar	6.0

## 14. EXHAUST GAS HEAT EXCHANGER

Exhaust gas heat exchanger: Cooling water temperature (inlet)		°C	-
Exhaust gas heat exchanger: Cooling water temperature (outlet)		°C	-
Exhaust gas heat exchanger: Coolant volumetric flow		m <sup>3</sup> /h	-
Exhaust gas heat exchanger: Coolant volumetric flow, min	L	m <sup>3</sup> /h	-
Exhaust gas heat exchanger: Pressure drop	A	bar	-
Exhaust gas heat exchanger: Flow coefficient value (CV value)	A	m <sup>3</sup> /h	-
Exhaust gas heat exchanger: Operation pressure, min	L	bar	-
Exhaust gas heat exchanger: Operation pressure, max.	L	bar	-
Exhaust gas temperature downstream of exhaust heat exchanger – 100% CP		°C	-

## 15. HEATING CIRCUIT INTERFACE

Heating circuit: engine coolant temperature, inlet	A	°C	-
Heating circuit: engine coolant temperature, outlet	A	°C	-
Heating water temperature, return	A	°C	-
Heating water temperature, feed side	A	°C	-
Heating water flow rate		m <sup>3</sup> /h	-
Heating circuit: Pressure Drop	A	bar	-
Heating circuit: Flow coefficient value (CV value)	A	m <sup>3</sup> /h	-
Heating circuit: Max. operation gauge pressure (heating water)	L	bar	-

## 16. ROOM VENTILATION

Room ventilation: Genset ventilation heat – 100% CL		kW	113
Room ventilation: Combustion air temperature	A	°C	35
Room ventilation: Combustion air temperature, min.	L	°C	30
Room ventilation: Combustion air temperature, max.	L	°C	40
Engine room temperature, min.	L	°C	15
Engine room: Temperature difference ventilation air (inlet/outlet),	L	K	20

max. Supply air volume flow rate (combustion+ventilation), max.	L	m <sup>3</sup> /h	23500
<b>17. STARTING (ELECTRIC)</b>			
Starter, rated voltage (standard design)	R	V=	24
Starter, rated power (standard design)	R	kW	18
<b>18. CAPACITIES</b>			
Engine coolant (without external cooling system)	R	liter	310
On-engine cooling water capacity, mixture-cooler side (without cooling equipment)	R	liter	23
Engine oil capacity, initial filling (standard oil system)	R	liter	350
Gear oil filling capacity	R	liter	-
Heating water filling capacity	R	liter	-
<b>19. GAS TRAIN</b>			
Gas train - normal size		DN	100
Gas pressure at inlet of gas train, min	L	mbar	180
Gas pressure at inlet of gas train, max.	L	mbar	250
<b>20. ACOUSTICS</b>			
Engine sound level – 63 Hz (free-field sound-pressure level Lp, 1m distance, ISO 6798)	R	dB	84.6
Engine sound level – 125 Hz (free-field sound-pressure level Lp, 1m distance,ISO 6798)	R	dB	91.9
Engine sound level – 250 Hz (free-field sound-pressure level Lp, 1m distance, ISO 6798)	R	dB	88.9
Engine sound level – 500 Hz (free-field sound-pressure level Lp, 1m distance, ISO 8528-10)	R	dB	92.4
Engine sound level – 1000 Hz (free-field sound-pressure level Lp, 1m distance, ISO 8528-10)	R	dB	92.9
Engine sound level – 2000 Hz (free-field sound-pressure level Lp, 1m distance, ISO 8528-10)	R	dB	89.8
Engine sound level – 4000 Hz (free-field sound-pressure level Lp, 1m distance, ISO 8528-10)	R	dB	84.6
Engine sound level – 8000 Hz (free-field sound-pressure level Lp, 1m distance, ISO 8528-10)	R	dB	92.9
Sum of pressure levels	R	dB	99.8
Sum of pressure levels	R	dB(A)	98.1
Sound power level	R	dB(A)	118.0
Undampened exhaust noise – 63 Hz (free-field sound-pressure level Lp, 1m distance, ISO 6798)	R	dB	109.0
Undampened exhaust noise – 125 Hz (free-field sound-pressure level Lp, 1m distance, ISO 6798)	R	dB	110.2
Undampened exhaust noise – 250 Hz (free-field sound-pressure level Lp, 1m distance, ISO 6798)	R	dB	104.2
Undampened exhaust noise – 500 Hz (free-field sound-pressure level Lp, 1m distance, ISO 6798)	R	dB	98.1
Undampened exhaust noise – 1000 Hz (free-field sound-pressure level Lp, 1m distance, ISO 6798)	R	dB	92.5
Undampened exhaust noise – 2000 Hz (free-field sound-pressure level Lp, 1m distance, ISO 6798)	R	dB	89.1
Undampened exhaust noise – 4000 Hz (free-field sound-pressure level Lp, 1m distance, ISO 6798)	R	dB	84.6
Undampened exhaust noise – 8000 Hz (free-field sound-pressure level Lp, 1m distance, ISO 6798)	R	dB	72.3

Sum of pressure Levels exhaust noise	R	dB	113.5
Sum of pressure Levels exhaust noise	R	dB(A)	101.1
Sound power Level exhaust noise	R	dB(A)	113.1

## 21. MASSES / DIMENSIONS

Plant length (with standard accessories)	R	mm	5900
Plant width (with standard accessories)	R	mm	2000
Plant height (with standard accessories)	R	mm	2400
System dry mass (with Standard accessories)	R	kg	18000
System mass, wet, (with standard accessories)	R	kg	18700
Length heat recovery unit	R	mm	-
Width heat recovery unit	R	mm	-
Height heat recovery unit	R	mm	-
Gross mass (dry mass) heat recovery unit	R	kg	-
Gross mass (wet mass) heat recovery unit	R	kg	-

\* = contract value, L = limit value, G = guaranteed value, R = guideline value

## II. Selection Criteria for the Scope of Supply

<b>Criteria</b>	<b>Selection</b>	<b>for Product No.</b>
Application group	3A - continuous power	1,
Instruction for exhaust emission	See technical data	1,
Power	See technical data	1,
Speed	1500 rpm	1,
Frequency	50 Hz	1,
Generator voltage	400 V	1,
Engine type	20V4000L32	1,
Generator manufacturer	Stamford	1,
Gas type	Natural gas	1,
Island operation capability	Yes	1,
Operating mode	Mains parallel-operation	1,
Build type	Genset without heat recovery (GB)	1,
Cooling water-/Heating water temperatures	78/90	1,
Auxiliary drive voltage	400 V	1,
Control panel	MIP and MMC control system	1,
Operation in combination	MIP and MMC control system	1,
grid type generator	MIP and MMC control system	1,
grid type auxiliary supply	MIP and MMC control system	1,
Altitude	Altitude up to 1000 m	1,
Ambient temperature MIP	>=40°C up to 55°C	1,
High temperature extraction	without extraction of high temperature circuit	1,
Country of operation	outside Germany	1,
Flexible connections	with flexible connections	1,
Acceptance Testing	Factory acceptance	1,
Packing	Standard commercial	1,
Shipment	FCA Augsburg	1,

### III. Scope of Supply

	valid for product no.
<b>1 SYSTEM CONFIGURATION</b>	1,
<b>1.1 System Description</b>	1,
<b><u>Note Emission Compliance</u></b>	1,
<b>Please note that the engines and systems (only) comply with the country or region specific emission requirements and have appropriate emission certification(s) which are explicitly stated in respective RRPS/MTU defined technical specifications. Any Export / Import / Operation of the engine in countries or regions with different applicable emission law requirements is therefore at your own responsibility</b>	
The compact design genset consist of the following basic assemblies:	1,
– Engine (including gas train)	
– Alternator and coupling	
– Base frame	
– MIP (MTU Interface Panel) as interface to engine management, control and diagnostic system	
Engine and alternator are rigidly connected via a direct coupling and housing. The engine-alternator unit is isolated from the base frame via resilient mounts.	
The alternator is mounted on two rails to facilitate replacement of the coupling element.	
For further details, refer to the attached technical description of the scope of supply.	
With integrated coolant preheating including temperature control as well as lube oil pump as prelubricating and waste oil pump with safety valve for forced feed lubrication and piston cooling.	
The hardware and software in the MIP control cabinet ensure closed-loop genset control functions, open-loop control and monitoring features as well as the communication to and from external systems. A cogeneration control system with visualization and user interface is required in addition to MIP to operate the genset (e.g. MTU MMC or on site customer's control).	
<b>Flexible connections</b>	1,
Flexible connections are supplied to compensate thermal expansion and to provide vibrational isolation.	
3 x hose connections for lube oil supply and disposal and extended oil circulation volume	
2 x flexible connection for engine coolant circuit with flange connection	
2 x flexible connection for mixture coolant circuit with flange connection	
2 x exhaust bellows with flange connection and companion flange	1,
<b>Genset preservation</b>	1,
Standard corrosion protection is provided for long-distance transport and/or extended storage for maximum of 12 month from readiness for dispatch.	
The specified preservation period applies to unopened packing and dry, normal storage conditions as follows:	

- Frost-free, closed, heated, clean rooms
- Storage temperature between 10°C and 40°C.
- Monthly average relative humidity not above 65%
- Re-preservation required after 12 months

**Safety standards**

1,

MTU Onsite Energy GmbH within its system borders of the scope of supply delivers all required safety components according to the valid Safety Standard DIN EN ISO 13849 (Safety of Machinery - Safety-related Parts of Control Systems). For the peripheral system not included in MTU's scope of supply, the principal has to make sure that any required safety component also complies to DIN EN ISO 13849 (refer also to "Component Quality Guideline DIN EN ISO 13849" attached).

Further applied harmonized standards:

EN ISO 12100:2010

EN 12601: 2010

EN 1679-1:1998+A1:2011

EN 60204-1:2006

**Antifreeze measures**

1,

In case of frost damages MTU-OEG will not be liable for components, which after delivery have not been filled with a suited antifreeze according to MTU-OEG specifications. The client must make sure that functioning heating mechanisms reliably prevent freezing.

**Remaining and site conditions**

1,

Continuous power, no overload capability, refers to mains parallel operation, at nominal speed and standard reference conditions according to technical datasheet.

The nominal power output specified in the datasheet is available at site altitudes up to 400 m above sea level without power reduction. For further details, refer to the attached datasheet.

In case of knocking due to low methane number or increased mixture temperature the ignition timing of the affected cylinders is adjusted. If knocking persists, the power output is reduced automatically

**Definition of operating modes**

1,

**Mains parallel operation:**

1,

The genset is synchronized to the public mains.

Mains is defined as a power source with at least ten times the output power of the generator to be connected.

**1.2 Starting Aids**

1,

- Without

1,

**1.3 Base Frame**

1,

Base frame designed as welded steel profile structure including lifting eyes; with integrated safety oil sump for the oil volume contained in the engine, with oil leakage monitoring.

1,

**1.4 Vibration Isolation**

1,

The engine-alternator unit is mounted on the base frame with resilient mounts. This design isolates the vibrations generated by the engine and/or alternator from the base frame. To minimize the remaining residual vibration level, resilient mats are provided between base frame and foundation (sylomer straps, supplied as loose parts, for installation on site).

product no.  
1,

## 2 ENGINE CONFIGURATION

1,

### 2.1 Engine System

1,

Series 4000 four-stroke turbocharged Otto gas engine with mixture cooling - compact, high-performance, reliable, maintenance-friendly and extremely economical.

1,

Lean mixture technology, state-of-the-art electronic ignition system with individual ignition timing and automatic ignition power control, anti-knock control as well as highly responsive mixture and load control ensure economical and safe genset operation with optimum use of the energy input.

#### Basis

- counter-clockwise rotation engine
- coolant cooled
- lean mixture supercharging
- two-stage mixture cooling
- open combustion chamber
- microprocessor-controlled high-voltage ignition system
- exhaust turbocharging
- two cooling system circuits
- piston cooling

#### Core engine

- Gray cast iron crankcase with assembly holes, gray cast iron oil pan,
- Forged crankshaft, forged connecting rods,
- Individual, cylinder heads with four valves each

#### 1. Crank drive

The crank drive is installed in the crankcase. It is supported in sleeve bearings and locked in axial direction. Engine oil from the crankcase is used to lubricate the bearings, vibration damper and pistons. Carefully matched components ensure high performance and minimum wear.

#### Crankcase with oil pan

The oil pan is attached to the bottom of the crankcase; gearcase, coolant distribution housing and flywheel housing are bolted to the front.

The cylinder heads and engine lifting points are mounted left and right on the top decks.

#### Technical data

- Single-cast crankcase



- Integral coolant ducting
- Main oil gallery integrated in top cover
- Replaceable, wet cylinder liners
- Split sleeve bearings for crankshaft
- Sleeve bearings for camshaft
- Crankshaft bearing caps secured vertically and horizontally
- Integrated oil supply for piston cooling
- Crankcase ventilation (closed circuit)
- Large inspection port covers

#### Benefits

- High rigidity
- Low noise and vibration levels

#### **Pistons**

- Piston with integral cooling duct
- Piston cooling through oil-spray nozzles

#### **Connecting rods**

- Forged
- Machined as one piece, providing high rigidity and weight optimization

#### **Crankshaft**

- Forged
- Bolted counterweights
- Pressed-on crankshaft gear
- Low-wear sleeve bearing, oil supply from lube oil system
- Locked in axial direction

#### **Flywheel (driving end)**

- PTO flange
- Ring gear for starter pinion

#### Crank drive benefits:

- High performance
  - Minimum weight
-

- Long service life

## 2. Cylinder head with add-on components

The cylinder heads with valve drive and spark plug are mounted on the crankcase.

Coolant for cylinder head cooling as well as engine oil for valve gear lubrication are supplied from the crankcase.

### Technical data

- Individual cylinder heads
- Two inlet and exhaust valves
- Centrally arranged spark plug

### Benefits

- Designed for high ignition pressures
- Low exhaust emissions
- Long maintenance intervals

## 3. Mixture formation, turbocharging

1,

Venturi gas mixer with gas supply through electronically controlled metering valve.

### **Mixture cooling**

- Two-stage mixture cooling
- 1st stage is either integrated as high temperature stage (HT) in the engine cooling system or designed as HT circuit integrated in the heating system
- 2nd stage is designed as low temperature stage (LT) with external cooling circuit

### **Charging**

- Mixture compression by exhaust turbocharger
- Throttles between mixture coolers and mixture distribution lines

## 4. Engine cooling system with 2 separate circuits

- HT circuit with integrated oil cooling, first-stage mixture cooling and cylinder cooling
- Integrated coolant preheating

## 5. Starting equipment

1,

- Electrical starter
- Two starters (16V and 20V)

## 6. Ignition system

- Microprocessor-controlled high-voltage ignition system with low-voltage distribution, no moving parts, wear-free
-

- Automatic ignition power control
- One ignition coil per cylinder
- High-performance sparkplugs

## **7. Engine monitoring**

Measurement and monitoring of the following values:

- Engine oil pressure, engine oil temperature and engine oil level
- Coolant pressure and coolant temperature before and after engine
- Intake air pressure and intake air temperature
- Mixture pressure and mixture temperature
- Crankshaft speed, camshaft speed, turbocharger speed
- Crankcase pressure
- Exhaust bulk temperature
- Cylinder exhaust temperatures

## **8. Control**

Engine governor

- Controls the starting, stopping and emergency stop sequence
- Monitors the engine operating parameters
- Controls throttles and sets gas mixture for requested speed/power
- Monitors the first gas solenoid valve the gas train to the engine

## **Engine monitoring**

- Evaluation unit for PT 1000 temperature sensor to determine and monitor exhaust temperatures of individual cylinders
- Monitors the second gas solenoid valve the gas train to the engine

## **Ignition system**

- Cylinder-selective adjustment of ignition voltage and ignition timing

## **Anti-knock control AKR**

- Controls the cylinders with regard to the knock characteristics.

## **Gas control valve**

- Controls the required amount of gas
-

product no.

## 2.2 Exhaust System

The exhaust system consists of the following:

- 1 turbocharger 8V, 12V, 16V
- 2 turbochargers 20V, two exhaust pipes / outlets,
- Uncooled, insulated exhaust manifolds in engine Vee, arrangement ensures protection against accidental contact

1,  
1,

## 2.3 Fuel System

The gas train is supplied in accordance with the pressure equipment directive (DGRL as amended), with CE declaration of conformity in accordance with DGRL. One hose connection is supplied loose for installation on site.

1,  
1,

The gas train consists of aluminum pressure die casting, sealing material NBR and completely pre-assembled.

1,

Components of the gas train include:

- Gas filter
- Double solenoid valve
- Balanced pressure regulator
- Valve tightness check
- Pressure monitor
- Flexible stainless steel hose assembly for direct connection of the gas train to the gas control valve

Cabling between MIP and gas train according to the basic MTU wiring diagrams.

## 2.4 Oil System

### Lubrication Oil System

The lubrication oil system consists of the following:

- Engine-mounted gear-type lube oil pump with safety valve for forced-feed lubrication and piston cooling and connection to an extended lube-oil circulation volume
- Lube oil heat exchanger, engine-mounted
- Paper-type lube oil filter with exchangeable filter cartridges
- Oil float switch with Reed contacts to control the solenoid valve to control automatic oil replenishment system
- Oil level dipstick

1,  
1,

product no.

- Crankcase ventilation via oil separator with discharge to the mixture line before the turbocharger
- Connections for oil replenishment and oil extraction

The lube oil system comprises an integrated waste oil pump, which is used for **emptying and prelubricating** the genset. Pipe connections on site:

- Oil sump under the genset (without WHG approval)
- Waste-oil/oil priming pump with three-way solenoid valve mounted on the base frame
- Oil sump under the pump assembly (without WHG approval)
- Solenoid valve for fresh-oil replenishment and prepared for an extended oil volume

<b>2.5</b>	<b>Air Intake System</b>	1,
	<b>Intake air system</b>	1,

The Air Intake System includes the following:

- Air intake through dry-type air filters mounted on engine or intake housing
- Intake air filters designed as dry-type filter cartridges
- 1 intake air filter 8V, 12V, 16V
- 2 intake air filters incl. intake housing 20V
- incl. service indicator and sensor for automatic pollution monitoring

<b>3</b>	<b>GENERATOR CONFIGURATION</b>	1,
----------	--------------------------------	----

<b>3.1</b>	<b>Generator Specification</b>	1,
------------	--------------------------------	----

Highly efficient, self-excited brushless synchronous alternator	1,
---	----

**General data:**

- Housing
- 2/3-pitch winding to prevent high harmonic neutral currents and reduction of 3rd order harmonics
- 2-bearing alternator, lubricatable bearing
- Dynamically balanced as per BS 6861-1 stage 2,5
- Self ventilated alternator IC 0A1
- Protection class IP23
- Alternator terminal box for main and auxiliary power circuit (for medium voltage alternators: medium and lower voltage separated)

- Outlet for power cable at left from drive end view, including non magnetic inlet cover
- Alternator suitable for operation mode S1, for mains parallel operation and in parallel or island operation among other alternators
- Excitation system: PMG (permanent magnet machine)
- Sustained short circuit current at 3-pole terminal short circuit is minimum 3 times rated current for 10 seconds
- Maximum overspeed 2250 rpm, for maximum 2 minutes
- Digital voltage regulator
- Protection transformer xxx/1A 5P10
- Measuring transformer xxx/1A
- 2 times PT100 winding temperature monitoring for each phase integrated in stator winding
- 1 time PT100 bearing temperature monitoring per bearing
- Alternator anti condensation heater integrated

**Norms and regulations:**

- IEC 60034-1
- EN 61000-6-2 Criteria B
- BS 5000-3
- ISO 8528-3
- AS 1359

**Regulations for static and dynamic grid support (grid guideline) 1,**

The alternator does not comply with eventual regulations for static and dynamic grid support

**3.2 Power Transmission 1,**

The torque produced by the engine is transmitted to the alternator via a highly resilient flange coupling. 1,

**5 CONTROL PANEL CONFIGURATION 1,**

**5.1 Genset Control 1,**

The MIP including cooling unit (instead of fan) is designed for an control panel temperature of 40°C to 55°C 1,

**Fire detecting sensor 1,**

Sensor with mounting base for fire detection in the plant room; supplied loose, for assembly and wiring

to the MTU Module Control (MMC) panel on site.

product no.

**Gas leakage detection sensor**

1,

The Methane (CH<sub>4</sub>) sensor will trip at approximately 15% lower explosion limit to avoid explosive mixture in the machine room; supplied loose, for assembly on site; analysis device integrated in MMC; Calibration and test required on site prior to commissioning (by third party).

**Alarm indicator flash light**

1,

Alarm indicator flashlight. Supplied loose for assembly on site.

**6 EXHAUST AFTERTREATMENT**

1,

**6.1 Aftertreatment Specification**

1,

Optionally an oxidation catalyst per genset is available to reduce the carbon monoxide and formaldehyde emissions, supplied loose for installation on site.

1,

**8 HEAT EXTRACTION**

1,

**8.1 Heat Extraction Jacket Water**

1,

Heat recovery from jacket water is not included in the scope of supply.

1,

**11 MISCELLANEOUS**

1,

**11.1 Documentation**

1,

**Standard Publications in English-Language**

1,

Set of standard operating, maintenance documentation and test run certificate

– Hardcopy

– CD-Rom

**Supplementary documentation**

1,

This delivery specification is only valid together with the following enclosures:

– Assembly Instructions M060775/01E 2015-06

– Installation Conditions MS65032/00E 2015-05

– Billing rates vers. 2014-1

– Component Quality Guideline DIN EN ISO 13849

1,

**Completed Machinery**

**The selected Scope of Supply meet the requirements “completed machinery” of the machinery directive (EC Directive 2006/42/EC).**

Declarations of conformity are only issued for the scope delivered by MTU Onsite Energy which meet the requirements for safety-relevant functions defined for this scope, so that safe operation is ensured. This scope of supply has to be fully integrated into the MTU Onsite Energy control system in order to issue declaration of conformity.

MTU Onsite Energy issues a declaration of incorporation when partly completed machinery is supplied.

**The following directives have been taken into account:**

2006/42/EC (Machinery Directive)

DIN EN ISO 12100 (Safety of machinery - Basic concepts, general principles for design - Part 1: Basic terminology, methodology)

DIN EN ISO 13489-1 (Safety of machinery - Safety-related parts of control systems - Part 1: General principles for design)

<b>11.2</b>	<b>Painting</b>	1,
	<b>Standard painting of the genset components as follows:</b>	1,
	– Engine, alternator, heat recovery unit	RAL 9006
	– Base frame	RAL 5002
	– Control cabinet / MIS / MIP	RAL 7035
 <b>11.3</b>	 <b>Packing</b>	 1,
	<b>Standard packing</b>	1,
	– Genset covered with plastic sheet, MMC on pallet, accessories packed in carton or wooden box	
 <b>11.4</b>	 <b>EXCLUSIONS</b>	 1,
	Please mind:	1,
	Additional auxiliary systems are required to complete the system ready for operation on-site. Since costs will depend on the local conditions and requirements of the particular installation site, these items are – unless specifically mentioned above or in attached specifications* - not included in our offer:	
	– Components to be installed at plant site, for e.g.: fuel supply, lube oil supply and disposal; air ventilation; cooling systems with radiators, pumps, expansion vessels etc.; preheating units; transformers; silencer, sound enclosure, exhaust systems; load banks or any other	
	– Mechanical and electrical erection i.e. any piping, ducting and cabling for the auxiliary systems at plant site, foundations or other civil works	
	– Overall plant load management systems in case of multiple gensets plant	
	– Commissioning of other components than offered	
	– Gas pressure reduction / increase unit for constant flow pressure or gas treatment systems if required	
	– Heat insulation on genset or supplied lose items	
	– Generator circuit breaker, switchboard, auxiliary drive panel, power cables	
	– Batteries with starting cables or mains starting unit	
	– Earthing material/connections and lightning protection	



- Installation materials, civil works and tanks (water / lube oil)
- Operating media, including first filling
- Engineering, supervision and technical support for not contracted scope / specifications
- Any necessary permits / working permits
- Special synchronization devices as per local standard
- Any necessary certificates, reports or approvals as required in the country of operation
- All external connections

<b>12</b>	<b>FUNCTIONAL TESTING</b>	1,
<b>12.1</b>	<b>Acceptance Testing</b>	1,
	The genset is tested on the test bench using natural gas as gaseous fuel; the test run includes NOx and CO emission measurements. The measured values and operating parameters are documented in the acceptance protocol.	1,
<b>13</b>	<b>SHIPPING CONDITIONS</b>	1,
<b>13.1</b>	<b>Freight</b>	1,
	FCA Augsburg (Incoterms 2010)	1,
<b>15</b>	<b>AUTOMATION CONFIGURATION</b>	1)
<b>15.1</b>	<b>Automation Description</b>	1)
	<b>MIP and MMC</b>	1)
	The MIP (MTU Interface Panel) contains the genset control including alternator monitoring and synchronization equipment and is the standard interface between genset control system and MMC (MTU Module Control)	
	The MMC contains the cogeneration control system including mains monitoring, visualization and user interface. On site, the MMC control cabinet is attached separately on the floor.	
	<b>The MIP (MTU Interface Panel) mainly includes the following components:</b>	
	- Control elements (EMERGENCY STOP button)	
	- PLC central unit (Programmable Logic Control with various interfaces and input / output modules)	
	- EMM (Generator and mains protection, synchronizer) VDEW conformity	
	- Communication with ADEC engine controller and engine monitoring EMU via hardware signals and CAN bus	
	- Control of genset mounted auxiliary drives	
	- Basic-Hardware-Interfaces for connection to external systems	
	• Measured line voltage (synchronization / power system protection)	

- Bus bar voltage (synchronization / power system protection)
  - Generator circuit-breaker checkback (On, Off, alarm)
  - Mains circuit-breaker checkback (On, Off, alarm)
  - Differential protection, ground fault protection external
  - Mains protection from outside
  - Mains failure test from outside
  - Manual EMERGENCY STOP feedback circuit from outside
  - Generator voltage at medium voltage
- **Output signals:**
- Generator circuit-breaker activation (MCB On, MCB Off)
  - Mains circuit-breaker activation (MCB On, MCB Off)
  - Start request for auxiliary drives, general
  - Open back-up switch
  - Manual EMERGENCY STOP to outside

### **PLC (Programmable Logic Control)**

#### **Integrated functions:**

- Recording of all measured data (analog and digital) of the basic scope
- Start / Stop procedure
- Control of genset mounted auxiliary drives
- Further control functions (power control)
- Evaluation of all alarm and status messages
- Monitoring of analog values
- Backup of parameters, measuring and operating data

### **Monitoring functions**

#### **Generator protection:**

- Overfrequency (ANSI: 81, IEC: f>)
  - Underfrequency (ANSI: 81, IEC: f<)
  - Overvoltage (ANSI: 59, IEC: U>)
-

- Undervoltage (ANSI: 27, IEC: U<)
- Normally dependent overcurrent (ANSI: 51, IEC: I>t>)
- Overcurrent (ANSI: 50, IEC: I>>)
- Overload (ANSI: 32F, IEC: Pf>>)
- Reverse power (ANSI: 32R/F, IEC: Pr>, Pf>)
- Unbalanced load (ANSI: 46, IEC: I2>)

#### **Synchronization functions**

- Synchronization (ANSI: 25, IEC: --)

#### **The MMC (MTU Module Control) mainly includes the following components:**

- IPC (Industrial PC with 15" touch display) for visualization and user interface
- Control elements (key-operated switches, pushbuttons, EMERGENCY STOP button)
- Peripheral assemblies of the PLC control with digital and analog inputs and outputs
- Battery charger for providing the control voltage
- Basic-Interfaces for connection to external systems
  - Operating mode requirements (three inputs for the selection of operating modes: variable setpoint, fixed value 1 and 2)
  - Three external EMERGENCY STOP buttons
  - "Active power setpoint" (4-20 mA corresponds to 0-100 %) for variable setpoint operating mode
  - Status messages: Operational readiness for external selection, engine is running, group alarm
  - WAN interface for connection to the MTU remote monitoring system

#### **PLC (Programmable Logic Control)**

The PLC uses the Ethernet to communicate with the IPC.

#### **Integrated functions:**

- Recording of all measured data (analog and digital) of the basic scope and the selected options
  - Optionally selected control of the external auxiliary drives
  - Optionally selected control functions
  - Evaluation of all alarm and status messages (storage and display at the IPC)
  - Monitoring of analog values
-

- Backup of parameters, measuring and operating data

### Monitoring Functions

#### Mains protection:

- Overfrequency (ANSI: 81, IEC: f>)
- Underfrequency (ANSI: 81, IEC: f<)
- Overvoltage (ANSI: 59, IEC: U>)
- Undervoltage (ANSI: 27, IEC: U<)

#### Control cabinet dimensions (WxHxD)

Control cabinet dimensions for MMC basic scope:

- 800 x 2000 x 600 mm

Deviating cabinet dimensions depending on selected options.

For further details refer to enclosed technical description MS61015.

#### Operating conditions

- Air humidity: 10 to 80 %, non-condensing 1)
- Control cabinet IP54
- Ambient temperature up to 30 °C 1)
- Installation height above msl (mean sea level) 1000 m 1)

### 15.2 Power mode 1)

#### Floating power control 1)

The power set point signal is provided from external (4-20mA signal or Bus-interface) variable between minimum and maximum value.

#### Fix value 1+2 1)

The default power set point is adjusted via touch screen or from external (bus connection).

### 15.3 Operating mode 1)

Multiple genset operation - Usage of common functions, when operating multiple gensets in parallel 1)

#### Mains parallel operation 1)

- Without connection to common control system

### 15.4 Electrical integration 1)

#### Grid type generator feed/supply 1)

	– TN-S-grid generator feed/supply	product no. 1)
	<b>Grid type auxiliaries supply</b>	1)
	– TN-S-grid type auxiliaries supply	1)
	<b>System structure</b>	1)
	– Low voltage-site without stepup-transformer	1)
	<b>Additional protection devices</b>	1)
<b>15.5</b>	<b>control of circuit breaker</b>	1)
	<b>Generator circuit breaker</b>	1)
	– Control: via dry contact	1)
	– Control of an external power breaker	1)
	<b>Mains circuit breaker</b>	1)
	– Control: via dry contact	1)
	<b>Backup-function (in case of generator circuit breaker failure)</b>	1)
	– Basic function: backup-function acting on mains circuit breaker	1)
	– Additional function: Backup-function not until "drag operation" (standard)	1)
<b>15.7</b>	<b>Auxiliary systems</b>	1)
	<b>ENGINE COOLING WATER SYSTEM</b>	1)
	<b>Control engine cooling water pump</b>	1)
	– Without	1)
	<b>Warming-up ramp</b>	1)
	– Activate warm-up ramp	
	<b>HEATING WATER SYSTEM</b>	1)
	<b>Control heating water pump</b>	1)
	– Without	1)

---

product no.

<b>MIXTURE COOLING WATER SYSTEM</b>	1)
<b>TEMPERATURE CONTROL SYSTEM FOR ENGINE ROOM</b>	1)
<b>Control for engine room ventilation</b>	1)
– Signal input temperature sensor for engine room control	
– Position sensor: temperature engine room	
<b>GAS/FIRE ALARM SYSTEM</b>	1)
<b>Gas alarm system</b>	1)
– Gas detection system type GMA041 with 1 sensor	
<b>Fire alarm system</b>	1)
– Fire detection system type ORS 144K	
<b>Signaling</b>	1)
– Signal output to extern at gas-/fire alarm	
<b>LUBE OIL SYSTEM</b>	1)
<b>FUEL SYSTEM</b>	1)
<b>Operation mode gas</b>	1)
– Single gas operation	
<b>15.8 SPECIAL FUNCTIONS ELECTRICAL EQUIPMENT</b>	1)
<b>Counter / meter evaluation</b>	1)
– Without	1)
<b>15.9 SOFTWARE CONFIGURATION</b>	1)
<b>Software interfaces</b>	1)
– Without	1)
<b>Remote access</b>	1)
– Remote access via internet (DSL/UMTS/LTE) with customer router	1)
<b>Visualization</b>	1)
– Additional third language: without	1)

**15.10 SWITCH BOARD CONFIGURATION MMC**

**Painting of cabinet**

- RAL 7035

product no.

1)

1)

**Labeling**

- Labeling: MMC

1)

**Size of panel**

- Size of panel: W800 x H2000 x D600 mm

1)

**Panel door**

- Door hinge right

1)

- With Door locking device

1)

**Pedestal**

- Without pedestal

1)

**Side panels**

- With both side panels

1)

**Air conditioning**

- Without cooling unit

1)

**Fan**

- Fan size 105 m<sup>3</sup>/h

1)

**Air outlet**

- 1 outlet filter in door, at the top centered (max. IP54)

1)

**Lock**

- Comfort handle with dual-bit lock

1)

**Scope**

- Standard lamp in cabinet

1)

- Support roll for door

- Control battery

1)

**Cable inlets**

1)

	– Control cable total: at the top through cover (flange plate)	product no. 1)
<b>16</b>	<b>MISCELLANEOUS AUTOMATION</b>	1)
<b>16.1</b>	<b>Documentation</b>	1)
	– Standard Publications in German-Language	1)

---





# HDU 427/54-108

CJC® Offline Fine Filter

## Product Sheet

### APPLICATION

The HDU 427/- series of CJC® Off-line Fine Filters are used for the maintenance of fluids for **power transmission, lubrication, cooling and quenching**. The HDU 427/54-108 is ideal for removal of **degradation products, particles, and water**.

### FUNCTION

The filter pump draws fluid from the system tank (at lowest point) and presses it through the filter insert. From the centre of the inserts the fluid flow through the filter base and returns to the tank.

The pressure drop over the filter - and consequently the contaminant absorption of the filter inserts - are monitored on the pressure gauge on the filter housing. The filter outlet port is placed in the filter base. The filtered fluid should be returned to the tank close to the suction pipe of the main system pump.

**Note that the return point preferably should be non-pressurized. Contact us in case this is not possible.**

### THE FILTER PUMP

The filter pump is a gear wheel pump. The electric motor can be supplied for all standard AC and DC voltages.

### FILTER INSERT

The CJC® Filter Inserts consist of several discs bonded together. The material is either cellulose or cotton liners depending on the fluid to be filtered.

### OPTIONS

- Preheater
- Tank
- Drip pan
- Control box
- Pressure switch

### FILTRATION ABILITY

- **Particle Removal**  
All CJC® Filter Inserts have the following filtration degree:
  - **3 µm absolute:**  
98.7% of all solid particles > 3 µm
  - **0.8 µm nominal:**  
50% of all solid particles > 0.8 µm are retained in each pass.**The dirt holding capacity** is 32-64 litres of evenly distributed solids.
- **Degradation Products**  
Oxidation products, resin / sludge, and varnish are retained by the cellulose material, which will retain appr. 32-64 kgs of oil degradation products.
- **Water Removal**  
The water absorption potential is up to 50% (i.e. 16,000-32,000 mL H<sub>2</sub>O) of the total contaminant holding capacity.



The CJC® Fine Filter  
HDU 427/108

### TECHNICAL DATA

Model HDU:		427/54	427/81	427/108
Pump flow, per hour (std.)	ltr/gal	200 - 8000 / 53 - 2113		
Pump type		P/MZ/GP/GRN		
Pump inlet pressure, max.	bar/psi	0.5 / 7		
Filter Inserts 27/27	pcs.	8	12	16
Power consumption, aver.	kW	0.25 - 2.2		
Pressure drop, max.	bar/psi	1.8 / 26		
Oil temperature, max. *)	°C / °F	80 / 176		
Dirt hold. capacity, appr.	ltr/gal	32/8.5	48/12.6	64/16.9
Water absorption capacity	ltr/gal	16/4.2	24/6.3	32/8.5
Dry weight	kg/lb	430/948	490/1080	555/1224
Operating weight, wet	kg/lb	537/1184	645/1422	755/1664
Design pressure, filter	bar/psi	3 / 44		
Ambient temperature, max.	°C / °F	40/104		

\*) The standard filters are designed for a max. temp. of 80 °C / 176 °F. Other conditions, please contact us.

### APPLICABLE FILTER INSERTS

Type	Application for
A:	Low flow (small system fluid volumes).
B:	Higher flow (larger system fluid volumes).
F:	Quenching oils. **)
BLA:	Water-based fluids and emulsions. **)

\*\*) Does not hold water permanently

# HGT HGTX



**HGT: Ventiladores helicoidales tubulares de gran diámetro, con motor directo**

**HGTX: Ventiladores helicoidales tubulares de gran diámetro, con motor exterior**



Ventiladores helicoidales tubulares, equipados con hélices de aluminio de 6 ó 9 álabes con diversos ángulos de inclinación.

**Ventilador:**

- Dirección aire motor-hélice.
- Hélices en fundición de aluminio de 6 ó 9 álabes, con ángulo de inclinación ajustable.
- Envoltente tubular en chapa de acero
- HGT: La versión standard es de carcasa corta. La versión en carcasa larga está equipada con trampilla de inspección.
- HGTX: Versión standard en carcasa larga, equipada con trampilla de inspección.

**Motor:**

- Motores de eficiencia IE3 para potencias iguales o superiores a 0,75kW, excepto monofásicos, 2 velocidades y 8 polos.
- Motores clase F, con rodamientos a bolas, protección IP55.

- Trifásicos 230/400V-50Hz (hasta 4kW) y 400/690V-50Hz (potencias superiores a 4kW)
- Temperatura de trabajo: HGT: -25°C +50°C HGTX: -25°C +120°C

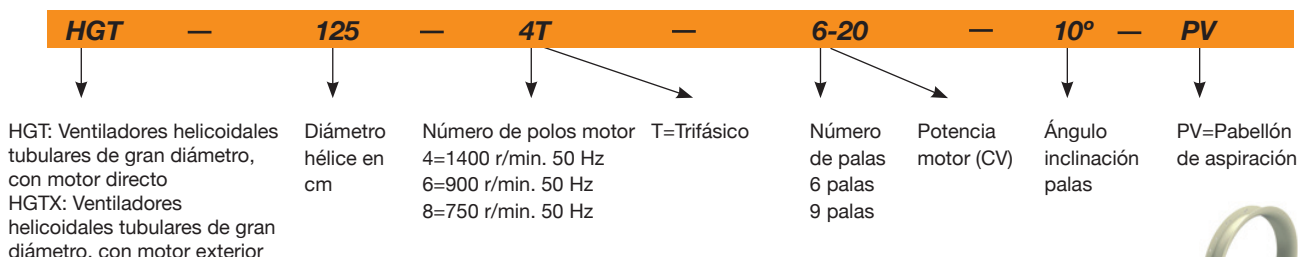
**Acabado:**

- Anticorrosivo en resina de poliéster polimerizada a 190 °C, previo desengrase con tratamiento nanotecnológico libre de fosfatos.

**Bajo demanda:**

- Dirección aire hélice-motor.
- Hélices reversibles 100%.
- Bobinados especiales para diferentes tensiones.
- Certificación ATEX Categoría 2.
- HGT: Ventiladores con carcasa larga equipada con trampilla de inspección.
- Motores de dos velocidades.

**Código de pedido**



**Características técnicas**

Modelo	Velocidad (r/min)	Intensidad máxima admisible (A)			Potencia Instalada (kW)	Caudal máximo (m³/h)	Nivel presión sonora dB(A)	Peso aprox. (Kg)			According ErP
		230V	400V	690V				HGT Larga	HGT Corta	HGTX	
HGT HGTX 125-4T/6-20 IE3	1465		27,90	16,20	15,00	78300	89	294	266	414	2015
HGT HGTX 125-4T/6-25 IE3	1470		35,10	20,30	18,50	92000	90	372	329	459	2015
HGT HGTX 125-4T/6-30 IE3	1470		41,00	23,80	22,00	98100	90	372	329	459	2015
HGT HGTX 125-4T/6-40 IE3	1480		57,10	33,10	30,00	117000	92	477	433	566	2015
HGT HGTX 125-4T/6-50 IE3	1480		69,20	40,10	37,00	123700	93	560	504	631	2015
HGT HGTX 125-4T/6-60 IE3	1475		80,90	46,90	45,00	136000	94	598	542	669	2015
HGT HGTX 125-4T/6-75 IE3	1480		98,60	57,20	55,00	148000	95	614	564	700	2015
HGT HGTX 125-4T/6-100 IE3	1485		134,00	77,70	75,00	161000	96	708	658	794	2015
HGT HGTX 125-4T/9-25 IE3	1470		35,10	20,30	18,50	79750	88	381	338	468	2015
HGT HGTX 125-4T/9-30 IE3	1470		41,00	23,80	22,00	97000	89	381	338	468	2015
HGT HGTX 125-4T/9-40 IE3	1480		57,10	33,10	30,00	111200	91	486	442	575	2015
HGT HGTX 125-4T/9-50 IE3	1480		69,20	40,10	37,00	118350	93	569	513	640	2015
HGT HGTX 125-4T/9-60 IE3	1475		80,90	46,90	45,00	127000	94	607	551	678	2015
HGT HGTX 125-4T/9-75 IE3	1480		98,60	57,20	55,00	142000	95	623	573	709	2015
HGT HGTX 125-4T/9-100 IE3	1485		134,00	77,70	75,00	155000	99	717	667	803	2015
HGT HGTX 125-6T/6-5.5 IE3	960	15,60	8,99		4,00	51300	77	216	183	347	2015
HGT HGTX 125-6T/6-7.5 IE3	970		11,20	6,49	5,50	60300	77	228	195	359	2015

## Características técnicas

Modelo			Velocidad (r/min)	Intensidad máxima admisible (A)			Potencia Instalada (kW)	Caudal máximo (m³/h)	Nivel presión sonoro dB(A)	Peso aprox. (Kg)			According ErP
				230V	400V	690V				HGT Larga	HGT Corta	HGTX	
HGT	HGTX	125-6T/6-10 IE3	975		14,80	8,58	7,50	72250	79	306	278	426	2015
HGT	HGTX	125-6T/6-15 IE3	975		21,90	12,70	11,00	85450	81	307	279	427	2015
HGT	HGTX	125-6T/6-20 IE3	975		28,20	16,30	15,00	92850	82	416	373	503	2015
HGT	HGTX	125-6T/6-25 IE3	980		35,90	20,80	18,50	103000	84	449	405	538	2015
HGT	HGTX	125-6T/9-10 IE3	975		14,80	8,58	7,50	68200	78	315	287	435	2015
HGT	HGTX	125-6T/9-15 IE3	975		21,90	12,70	11,00	77550	81	316	288	436	2015
HGT	HGTX	125-6T/9-20 IE3	975		28,20	16,30	15,00	92900	84	425	382	512	2015
HGT	HGTX	125-6T/9-25 IE3	980		35,90	20,80	18,50	98700	85	458	414	547	2015
HGT	HGTX	125-6T/9-30 IE3	980		42,40	24,60	22,00	104000	87	463	419	552	2015
HGT	HGTX	125-8T/6-3	705	9,53	5,50		2,20	45700	69	218	185	349	2015
HGT	HGTX	125-8T/6-4	705	12,82	7,40		3,00	51800	71	225	192	356	2015
HGT	HGTX	125-8T/6-5.5	710	16,11	9,30		4,00	61500	72	258	230	378	2015
HGT	HGTX	125-8T/6-7.5	710		12,00	7,20	5,50	67500	73	271	243	391	2015
HGT	HGTX	125-8T/6-10	725		16,00	9,50	7,50	75500	75	301	273	421	2015
HGT	HGTX	125-8T/9-4	705	12,82	7,40		3,00	48200	70	234	201	365	2015
HGT	HGTX	125-8T/9-5.5	710	16,11	9,30		4,00	55200	73	267	239	387	2015
HGT	HGTX	125-8T/9-7.5	710		12,00	7,20	5,50	67000	75	280	252	400	2015
HGT	HGTX	125-8T/9-10	725		16,00	9,50	7,50	74750	76	310	282	430	2015
HGT	HGTX	125-8T/9-15	720		24,00	13,80	11,00	80800	79	372	329	459	2015
HGT	-	140-6T/6-5.5 IE3	960	15,60	8,99		4,00	58000	82	266	229		2015
HGT	-	140-6T/6-7.5 IE3	970		11,20	6,49	5,50	66000	84	278	241		2015
HGT	-	140-6T/6-10 IE3	975		14,80	8,58	7,50	80700	85	365	326		2015
HGT	-	140-6T/6-15 IE3	975		21,90	12,70	11,00	96700	86	366	327		2015
HGT	-	140-6T/6-20 IE3	975		28,20	16,30	15,00	104000	87	472	423		2015
HGT	-	140-6T/6-25 IE3	980		35,90	20,80	18,50	115000	88	506	457		2015
HGT	-	140-6T/6-30 IE3	980		42,40	24,60	22,00	119000	89	511	462		2015
HGT	-	140-6T/9-10 IE3	975		14,80	8,58	7,50	70000	84	374	335		2015
HGT	-	140-6T/9-15 IE3	975		21,90	12,70	11,00	86000	86	375	336		2015
HGT	-	140-6T/9-20 IE3	975		28,20	16,30	15,00	97500	87	482	432		2015
HGT	-	140-6T/9-25 IE3	980		35,90	20,80	18,50	111000	88	515	467		2015
HGT	-	140-6T/9-30 IE3	980		42,40	24,60	22,00	118500	89	520	472		2015
HGT	-	140-6T/9-40 IE3	985		55,40	32,10	30,00	132000	91	676	614		2015
HGT	-	140-6T/9-50 IE3	985		67,20	39,00	37,00	139000	92	693	638		2015
HGT	-	140-8T/6-3	705	9,53	5,50		2,20	47500	78	268	231		2015
HGT	-	140-8T/6-4	705	12,82	7,40		3,00	57600	79	275	238		2015
HGT	-	140-8T/6-5.5	710	16,11	9,30		4,00	65200	80	317	278		2015
HGT	-	140-8T/6-7.5	710		12,00	7,20	5,50	73300	81	330	291		2015
HGT	-	140-8T/6-10	725		16,00	9,50	7,50	82200	82	360	321		2015
HGT	-	140-8T/6-15	720		24,00	13,80	11,00	94200	83	419	370		2015
HGT	-	140-8T/9-4	705	12,82	7,40		3,00	47200	79	284	247		2015
HGT	-	140-8T/9-5.5	710	16,11	9,30		4,00	64400	79	326	287		2015
HGT	-	140-8T/9-7.5	710		12,00	7,20	5,50	69200	81	339	300		2015
HGT	-	140-8T/9-10	725		16,00	9,50	7,50	78700	82	369	330		2015
HGT	-	140-8T/9-15	720		24,00	13,80	11,00	94300	83	429	379		2015
HGT	-	140-8T/9-20	725		31,00	18,10	15,00	103000	86	485	437		2015
HGT	-	160-6T/6-10 IE3	975		14,80	8,58	7,50	75000	83	439	385		2015
HGT	-	160-6T/6-15 IE3	975		21,90	12,70	11,00	93500	85	440	386		2015
HGT	-	160-6T/6-20 IE3	975		28,20	16,30	15,00	120500	86	559	490		2015
HGT	-	160-6T/6-25 IE3	980		35,90	20,80	18,50	130000	87	593	524		2015
HGT	-	160-6T/6-30 IE3	980		42,40	24,60	22,00	140000	88	598	529		2015
HGT	-	160-6T/6-40 IE3	985		55,40	32,10	30,00	158000	89	771	672		2015
HGT	-	160-6T/6-50 IE3	985		67,20	39,00	37,00	171000	91	784	699		2015
HGT	-	160-6T/9-15 IE3	975		21,90	12,70	11,00	87000	85	450	396		2015
HGT	-	160-6T/9-20 IE3	975		28,20	16,30	15,00	104000	86	569	500		2015
HGT	-	160-6T/9-25 IE3	980		35,90	20,80	18,50	127000	87	603	534		2015
HGT	-	160-6T/9-30 IE3	980		42,40	24,60	22,00	135000	88	608	539		2015
HGT	-	160-6T/9-40 IE3	985		55,40	32,10	30,00	147000	89	781	682		2015
HGT	-	160-6T/9-50 IE3	985		67,20	39,00	37,00	165000	90	794	710		2015
HGT	-	160-6T/9-60 IE3	985		84,40	48,90	45,00	177000	91	1019	920		2015
HGT	-	160-6T/9-75 IE3	985		103,00	59,70	55,00	193000	92	1077	978		2015
HGT	-	160-6T/9-100 IE3	990		139,00	80,60	75,00	207500	93	1232	1133		2015
HGT	-	160-8T/6-4	705	12,82	7,40		3,00	70900	76	344	292		2015
HGT	-	160-8T/6-5.5	710	16,11	9,30		4,00	84500	77	391	337		2015
HGT	-	160-8T/6-7.5	710		12,00	7,20	5,50	77000	79	404	350		2015
HGT	-	160-8T/6-10	725		16,00	9,50	7,50	95000	80	434	380		2015
HGT	-	160-8T/6-15	720		24,00	13,80	11,00	109000	82	506	437		2015

**Características técnicas**

Modelo	Velocidad (r/min)	Intensidad máxima admisible (A)			Potencia Instalada (kW)	Caudal máximo (m³/h)	Nivel presión sonora dB(A)	Peso aprox. (Kg)			According ErP
		230V	400V	690V				HGT Larga	HGT Corta	HGTX	
HGT - 160-8T/6-20	725		31,00	18,10	15,00	123000	83	563	494		2015
HGT - 160-8T/6-25	725		36,00	20,70	18,50	130000	84	641	542		2015
HGT - 160-8T/9-7.5	710		12,00	7,20	5,50	70000	79	414	360		2015
HGT - 160-8T/9-10	725		16,00	9,50	7,50	87000	80	444	390		2015
HGT - 160-8T/9-15	720		24,00	13,80	11,00	103000	82	516	447		2015
HGT - 160-8T/9-20	725		31,00	18,10	15,00	117000	83	573	504		2015
HGT - 160-8T/9-25	725		36,00	20,70	18,50	133000	84	651	552		2015
HGT - 160-8T/9-30	725		42,00	24,40	22,00	140000	85	666	567		2015
HGT - 160-8T/9-40	730		61,00	35,10	30,00	151000	86	724	640		2015



**Erp. (Energy Related Products)**

Información de la Directiva 2009/125/EC descargable desde la web de SODECA o programa de selección QuickFan

**Características acústicas**

Los valores indicados, se determinan mediante medidas de nivel de presión y potencia sonora en dB(A) obtenidas en campo libre a una distancia equivalente a dos veces la envergadura del ventilador más el diámetro de la hélice, con un mínimo de 1,5 mts.

Espectro de potencia sonora Lw(A) en dB(A) por banda de frecuencia en Hz

Modelo	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Modelo	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
125-4T/6-20	66	74	90	97	99	94	88	84	140-6T/9-25	70	88	97	96	95	91	82	77
125-4T/6-25	67	75	91	98	100	95	89	85	140-6T/9-30	70	88	97	96	95	91	82	77
125-4T/6-30	68	76	92	99	101	96	90	86	140-6T/9-40	71	89	98	97	96	92	83	78
125-4T/6-40	69	77	93	100	102	97	91	87	140-6T/9-50	74	92	101	100	99	95	86	81
125-4T/6-50	71	79	95	102	104	99	93	89	140-8T/6-3	61	73	82	86	84	78	68	65
125-4T/6-60	72	80	96	103	105	100	94	90	140-8T/6-4	63	75	84	88	86	80	70	67
125-4T/6-75	72	80	96	103	105	100	94	90	140-8T/6-5.5	64	76	85	89	87	81	71	68
125-4T/6-100	74	82	98	105	107	102	96	92	140-8T/6-7.5	65	77	86	90	88	82	72	69
125-4T/9-25	66	74	91	97	98	93	88	84	140-8T/6-10	66	78	87	91	89	83	73	70
125-4T/9-30	67	75	92	98	99	94	89	85	140-8T/6-15	68	80	89	93	91	85	75	72
125-4T/9-40	68	76	93	99	100	95	90	86	140-8T/9-4	61	72	83	88	86	82	72	67
125-4T/9-50	70	78	95	101	102	97	92	88	140-8T/9-5.5	62	73	84	89	87	83	73	68
125-4T/9-60	72	80	97	103	104	99	94	90	140-8T/9-7.5	63	74	85	90	88	84	74	69
125-4T/9-75	72	80	97	103	104	99	94	90	140-8T/9-10	64	75	86	91	89	85	75	70
125-4T/9-100	74	82	99	105	106	101	96	92	140-8T/9-15	65	76	87	92	90	86	76	71
125-6T/6-5.5	59	68	81	84	85	82	71	67	140-8T/9-20	67	78	89	94	92	88	78	73
125-6T/6-7.5	60	69	82	85	86	83	72	68	160-6T/6-10	67	82	91	93	90	84	76	72
125-6T/6-10	61	70	83	86	87	84	73	69	160-6T/6-15	68	83	92	94	91	85	77	73
125-6T/6-15	63	72	85	88	89	86	75	71	160-6T/6-20	70	85	94	96	93	87	79	75
125-6T/6-20	65	74	87	90	91	88	77	73	160-6T/6-25	71	86	95	97	94	88	80	76
125-6T/6-25	66	75	88	91	92	89	78	74	160-6T/6-30	71	86	95	97	94	88	80	76
125-6T/9-10	57	67	82	86	85	84	73	69	160-6T/6-40	72	87	96	98	95	89	81	77
125-6T/9-15	59	69	84	88	87	86	75	71	160-6T/6-50	74	89	98	100	97	91	83	79
125-6T/9-20	62	72	87	91	90	89	78	74	160-6T/9-15	67	85	94	93	92	88	79	74
125-6T/9-25	64	74	89	93	92	91	80	76	160-6T/9-20	68	86	95	94	93	89	80	75
125-6T/9-30	66	76	91	95	94	93	82	78	160-6T/9-25	69	87	96	95	94	90	81	76
125-8T/6-3	53	61	73	78	77	72	61	57	160-6T/9-30	70	88	97	96	95	91	82	77
125-8T/6-4	54	62	74	79	78	73	62	58	160-6T/9-40	71	89	98	97	96	92	83	78
125-8T/6-5.5	56	64	76	81	80	75	64	60	160-6T/9-50	72	90	99	98	97	93	84	79
125-8T/6-7.5	58	66	78	83	82	77	66	62	160-6T/9-60	72	90	99	98	97	93	84	79
125-8T/6-10	59	67	79	84	83	78	67	63	160-6T/9-75	73	91	100	99	98	94	85	80
125-8T/9-4	51	62	72	78	79	74	63	59	160-6T/9-100	75	93	102	101	100	96	87	82
125-8T/9-5.5	53	64	74	80	81	76	65	61	160-8T/6-4	60	75	84	86	83	77	69	65
125-8T/9-7.5	56	67	77	83	84	79	68	64	160-8T/6-5.5	61	76	85	87	84	78	70	66
125-8T/9-10	58	69	79	85	86	81	70	66	160-8T/6-7.5	62	77	86	88	85	79	71	67
125-8T/9-15	59	70	80	86	87	82	71	67	160-8T/6-10	63	78	87	89	86	80	72	68
140-6T/6-5.5	66	81	90	92	89	83	75	71	160-8T/6-15	65	80	89	91	88	82	74	70
140-6T/6-7.5	67	82	91	93	90	84	76	72	160-8T/6-20	66	81	90	92	89	83	75	71
140-6T/6-10	68	83	92	94	91	85	77	73	160-8T/6-25	68	83	92	94	91	85	77	73
140-6T/6-15	69	84	93	95	92	86	78	74	160-8T/9-7.5	60	78	87	86	85	81	72	67
140-6T/6-20	71	86	95	97	94	88	80	76	160-8T/9-10	62	80	89	88	87	83	74	69
140-6T/6-25	72	87	96	98	95	89	81	77	160-8T/9-15	63	81	90	89	88	84	75	70
140-6T/6-30	73	88	97	99	96	90	82	78	160-8T/9-20	64	82	91	90	89	85	76	71
140-6T/9-10	66	84	93	92	91	87	78	73	160-8T/9-25	65	83	92	91	90	86	77	72
140-6T/9-15	67	85	94	93	92	88	79	74	160-8T/9-30	66	84	93	92	91	87	78	73
140-6T/9-20	69	87	96	95	94	90	81	76	160-8T/9-40	68	86	95	94	93	89	80	75

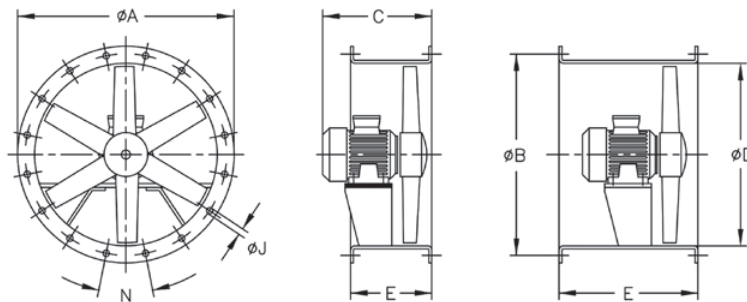
**Accesorios**

Ver apartado accesorios.



## Dimensiones mm

### HGT



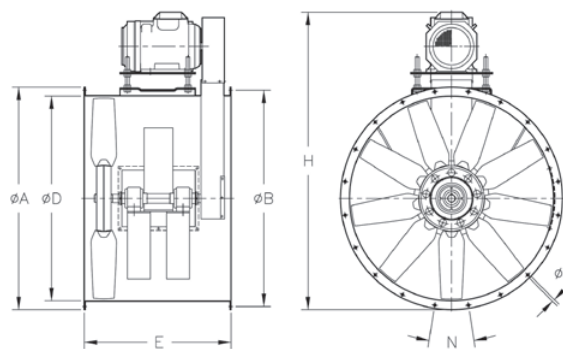
Modelo	ØA	ØB	C (Consultar tamaño constructivo motor)								ØD	E*		ØJ	N
			132	160	180	200	225	250	280	Corta (STD)		larga			
HGT-125	1365	1320	586	-	-	-	-	-	-	1250	500	700	15	20x18°	
HGT-125	1365	1320	-	700	-	-	-	-	-	1250	500	700	15	20x18°	
HGT-125	1365	1320	-	-	765	825	-	-	-	1250	700	900	15	20x18°	
HGT-125	1365	1320	-	-	-	-	910	-	-	1250	700	1000	15	20x18°	
HGT-125	1365	1320	-	-	-	-	-	985	-	1250	700	1000	15	20x18°	
HGT-125	1365	1320	-	-	-	-	-	-	1190	1250	700	1200	15	20x18°	
HGT-140	1515	1470	586	-	-	-	-	-	-	1400	400	650	15	20x18°	
HGT-140	1515	1470	-	700	-	-	-	-	-	1400	450	700	15	20x18°	
HGT-140	1515	1470	-	-	765	825	-	-	-	1400	550	900	15	20x18°	
HGT-140	1515	1470	-	-	-	-	910	-	-	1400	550	1000	15	20x18°	
HGT-140	1515	1470	-	-	-	-	-	985	-	1400	600	1000	15	20x18°	
HGT-160	1735	1680	586	-	-	-	-	-	-	1600	400	650	19	24x15°	
HGT-160	1735	1680	-	700	-	-	-	-	-	1600	450	700	19	24x15°	
HGT-160	1735	1680	-	-	765	825	-	-	-	1600	550	900	19	24x15°	
HGT-160	1735	1680	-	-	-	-	910	-	-	1600	550	1000	19	24x15°	
HGT-160	1735	1680	-	-	-	-	-	985	-	1600	600	1000	19	24x15°	
HGT-160	1735	1680	-	-	-	-	-	-	1190	1600	700	1200	19	24x15°	

\* Versión estándar suministrada en carcasa corta. Bajo demanda carcasa larga con trampilla de inspección.

### Tamaños constructivos motores según potencia

Polos	r/min	CV	3	4	5,5	7,5	10	15	20	25	30	40	50	60	75	100
4T	1500	-	-	-	-	-	132	160	160	180	180	200	225	225	250	280
6T	1000	-	132	132	132	160	160	180	200	200	225	250	280	280	280	-
8T	750	-	132	132	160	160	160	180	200	225	225	250	-	-	-	-

### HGTX



Modelo	ØA	ØB	ØD	E	H (Consultar tamaño constructivo motor)								ØJ	N
					132	160	180	200	225	250	280			
HGT-X 125	1365	1320	1250	900	1743	1815	1850	-	-	-	-	-	15	20x18°
HGT-X 125	1365	1320	1250	960	-	-	-	1930	1995	-	-	-	15	20x18°
HGT-X 125	1365	1320	1250	1100	-	-	-	-	-	2060	-	-	15	20x18°
HGT-X 125	1365	1320	1250	1100	-	-	-	-	-	-	2090	-	15	20x18°

### Tamaños constructivos motores según potencia

Polos	r/min	CV	3	4	5,5	7,5	10	15	20	25	30	40	50	60	75	100
4T	1500	-	-	-	-	-	132	160	160	180	180	200	225	225	250	280
6T	1000	-	132	132	132	160	160	180	200	200	225	250	280	280	280	-
8T	750	-	132	132	160	160	160	180	200	225	225	250	-	-	-	-

## EJEMPLO SELECCIÓN

### Curvas características

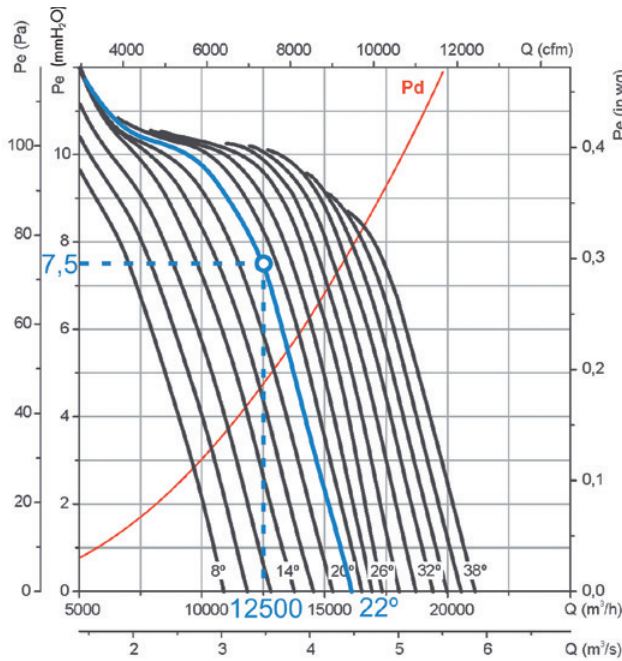
Q= Caudal en m³/h, m³/s y cfm.

Pe= Presión estática en mmH<sub>2</sub>O, Pa e inwg.

**Diámetro Hélice (cm): 125**

**Número de polos: 8**

**Número de palas: 6**



#### Datos de partida

- Punto de trabajo:
- Caudal: 12.500 m³/h
- Pérdida de carga: 7,5 mmH<sub>2</sub>O

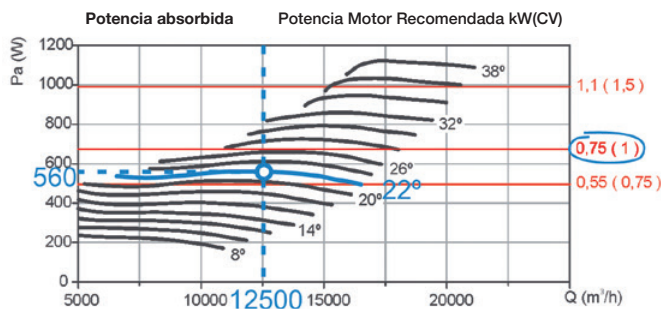
#### Pasos para la selección del equipo

##### En la gráfica de presiones:

1. Marcar el punto de trabajo, definido por el caudal de trabajo (12.500 m³/h) y la pérdida de carga (7,5 mmH<sub>2</sub>O).
2. Escoger la curva del equipo que más se acerque por encima al punto de trabajo. En nuestro caso se obtiene una curva de 22° de ángulo de pala.

##### En la gráfica de potencia:

3. Marcar el punto de trabajo, definido por el caudal de trabajo (12.500 m³/h) y la curva de ángulo de pala escogido (22°).
4. Leer la potencia absorbida en el eje de potencias a la izquierda. La Pa= 560 W en el punto de trabajo.
5. Buscar recta roja que más se acerque al punto de trabajo por encima. En la parte derecha de la gráfica se obtiene el valor de potencia instalada de motor. En nuestro caso 0,75 kW o 1 CV



## EJEMPLO CÓDIGO PEDIDO

**HGT — 125 — 8T — 6 — 1 — 22**

HGT: Ventiladores helicoidales tubulares de gran diámetro, con motor directo  
HGTX: Ventiladores helicoidales tubulares de gran diámetro, con motor exterior

Diámetro hélice en cm

Número de polos motor  
4=1400 r/min. 50 Hz  
6=900 r/min. 50 Hz  
8=750 r/min. 50 Hz

T=Trifásico  
M=Monofásico

Número de palas  
6 palas  
9 palas

Potencia motor (CV)

Angulo inclinación palas

### Curvas características

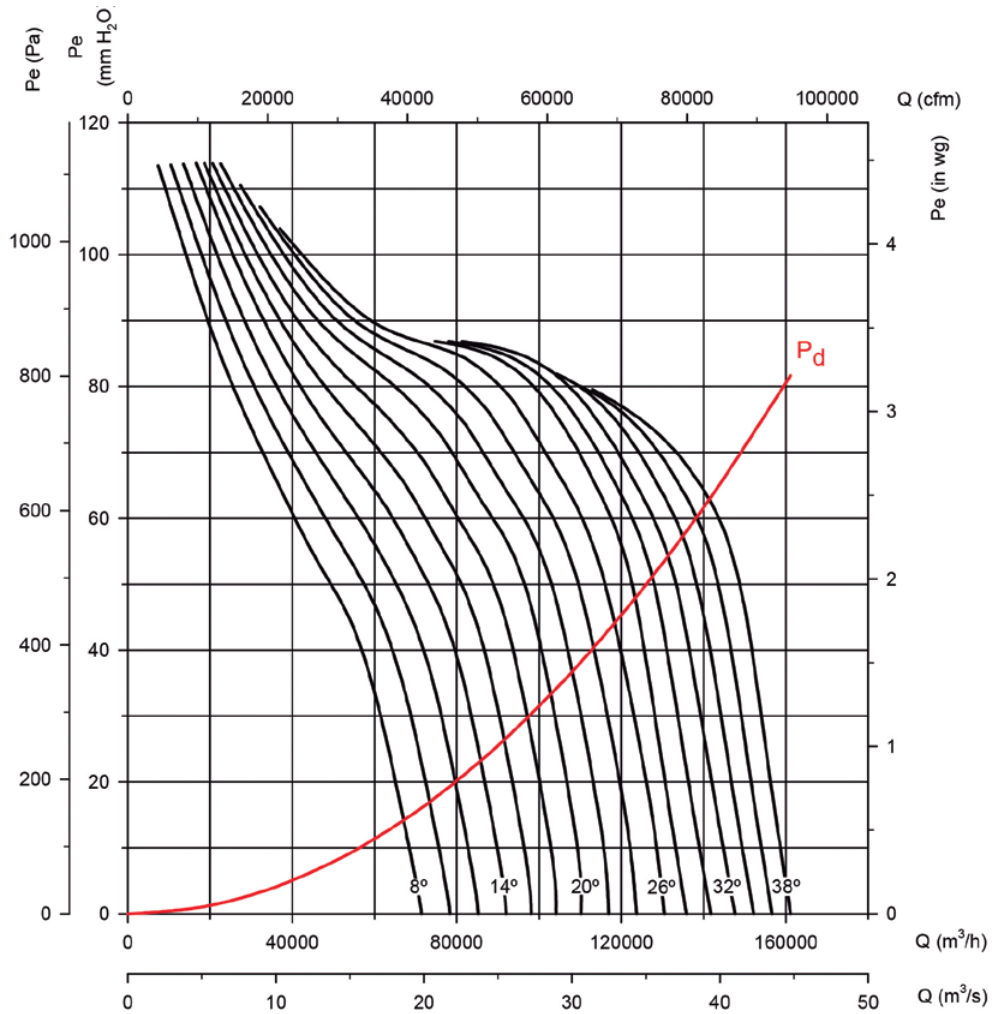
Q= Caudal en m<sup>3</sup>/h, m<sup>3</sup>/s y cfm.

Pe= Presión estática en mmH<sub>2</sub>O, Pa e inwg.

**Diámetro Hélice (cm): 125**

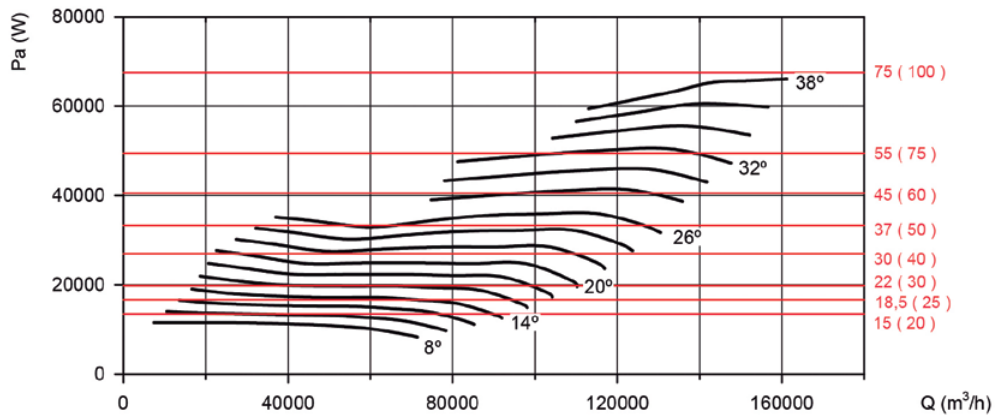
**Número de polos: 4**

**Número de palas: 6**



**Potencia absorbida**

Potencia Motor  
Recomendada  
kW(CV)



**Curvas características**

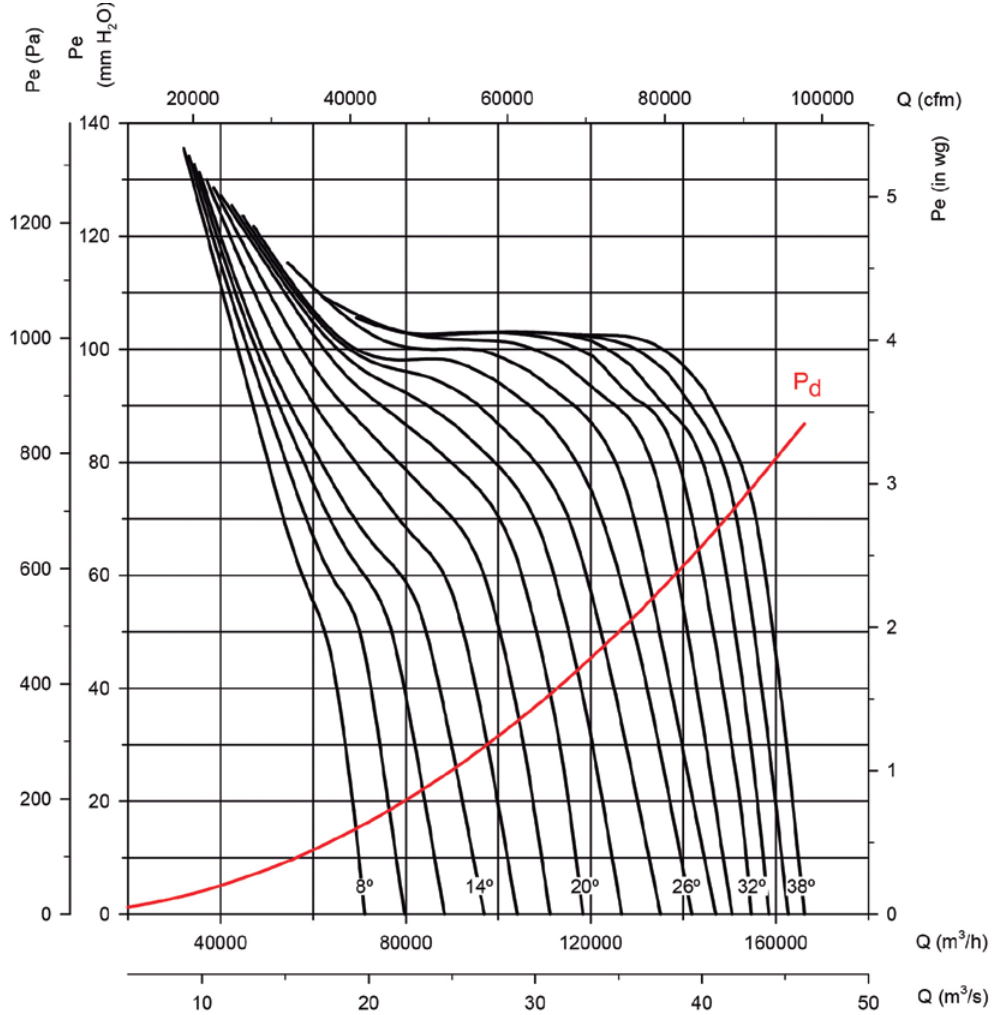
Q= Caudal en m<sup>3</sup>/h, m<sup>3</sup>/s y cfm.

Pe= Presión estática en mmH<sub>2</sub>O, Pa e inwg.

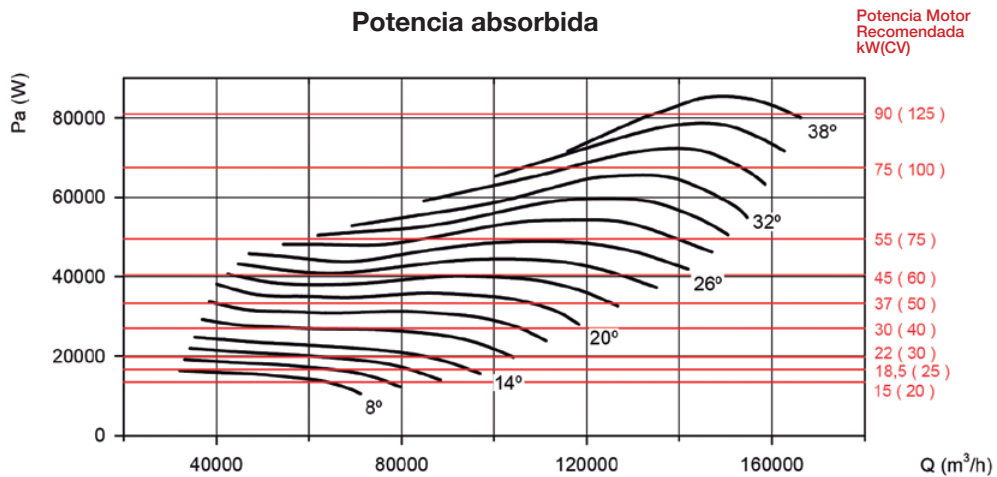
**Diámetro Hélice (cm): 125**

**Número de polos: 4**

**Número de palas: 9**



**Potencia absorbida**





### Curvas características

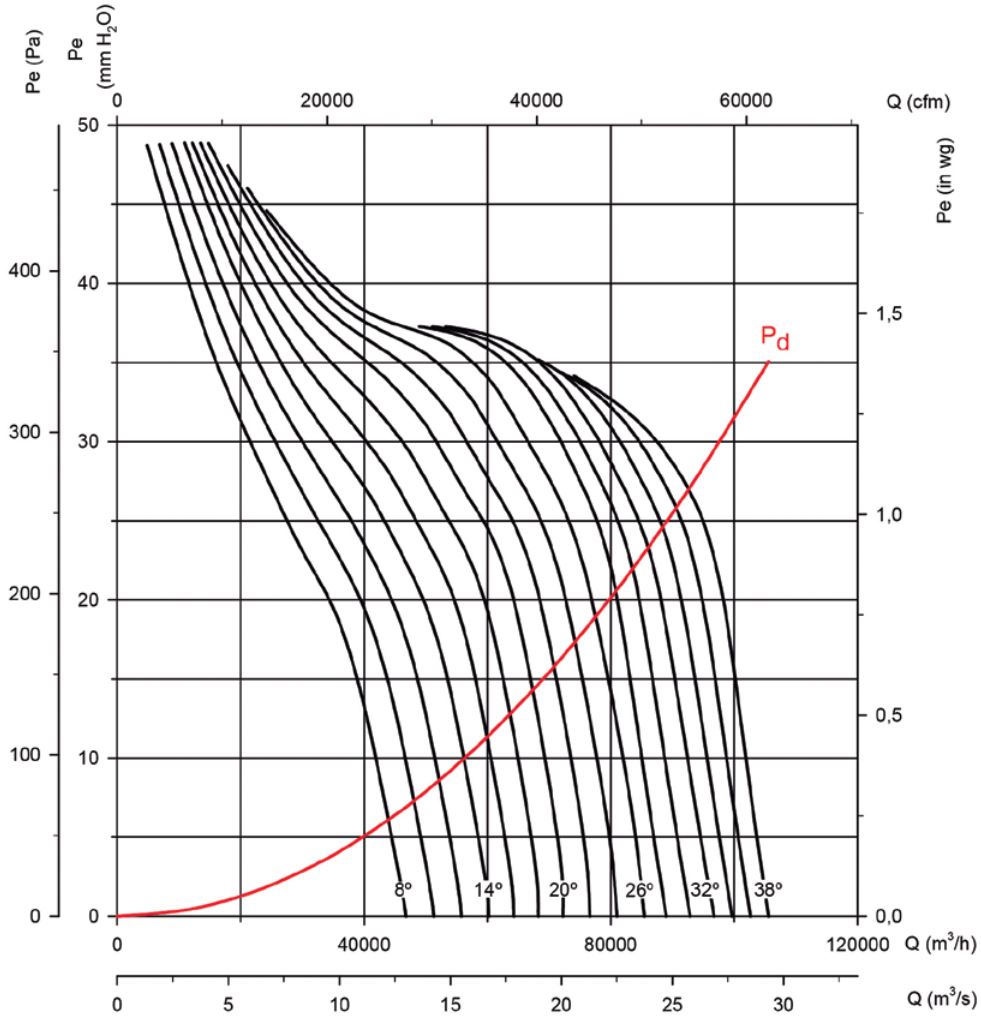
Q= Caudal en m<sup>3</sup>/h, m<sup>3</sup>/s y cfm.

Pe= Presión estática en mmH<sub>2</sub>O, Pa e inwg.

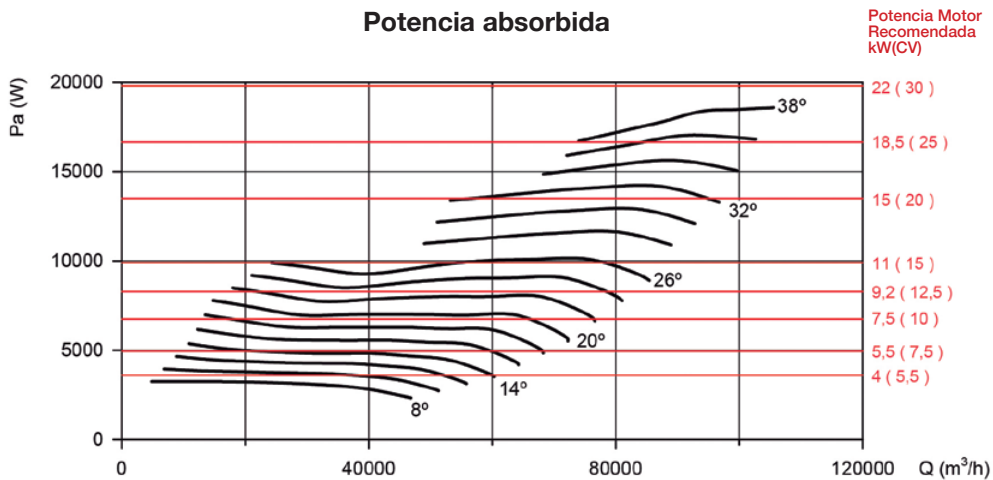
**Diámetro Hélice (cm): 125**

**Número de polos: 6**

**Número de palas: 6**



### Potencia absorbida



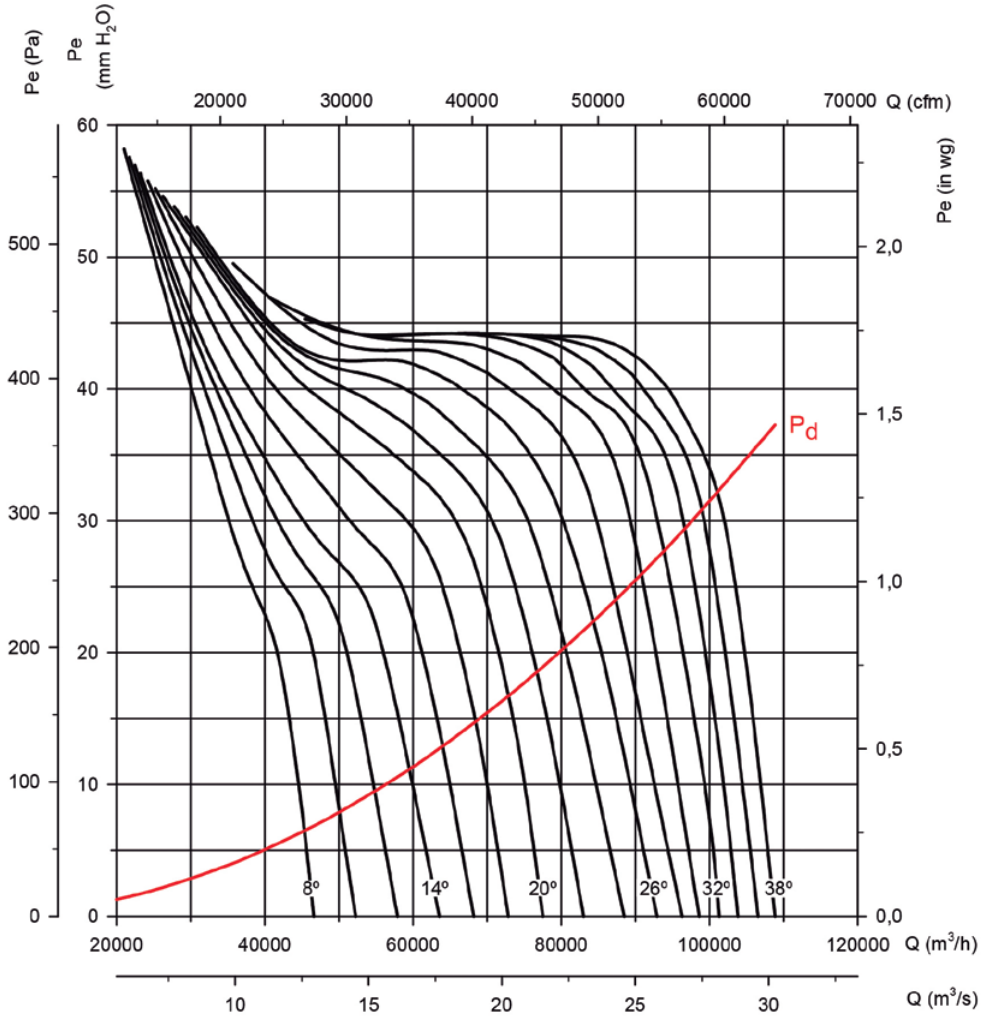
**Curvas características**

Q= Caudal en m<sup>3</sup>/h, m<sup>3</sup>/s y cfm. Pe= Presión estática en mmH<sub>2</sub>O, Pa e inwg.

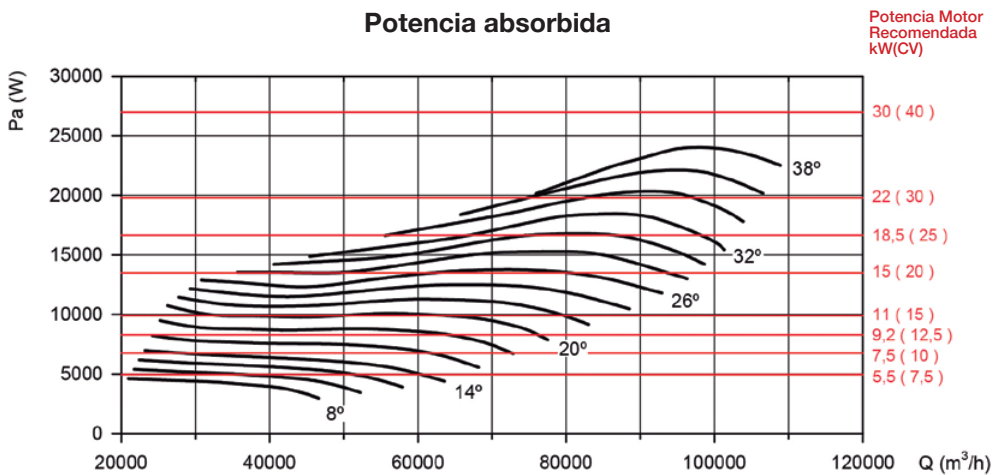
**Diámetro Hélice (cm): 125**

**Número de polos: 6**

**Número de palas: 9**



**Potencia absorbida**



### Curvas características

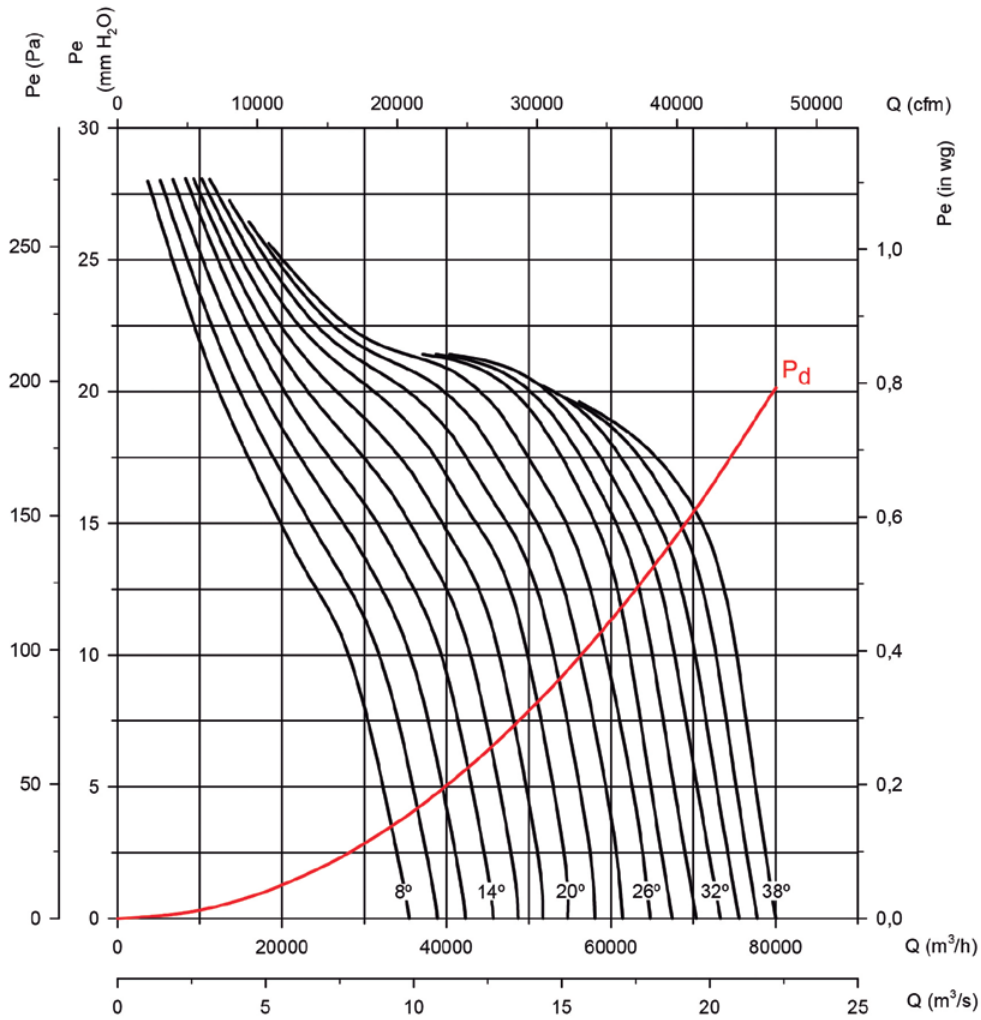
Q= Caudal en m<sup>3</sup>/h, m<sup>3</sup>/s y cfm.

Pe= Presión estática en mmH<sub>2</sub>O, Pa e inwg.

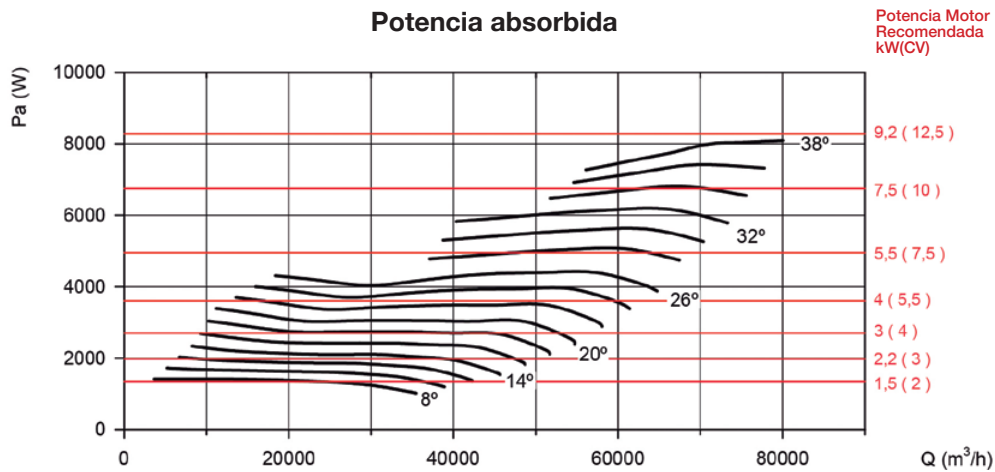
**Diámetro Hélice (cm): 125**

**Número de polos: 8**

**Número de palas: 6**



### Potencia absorbida



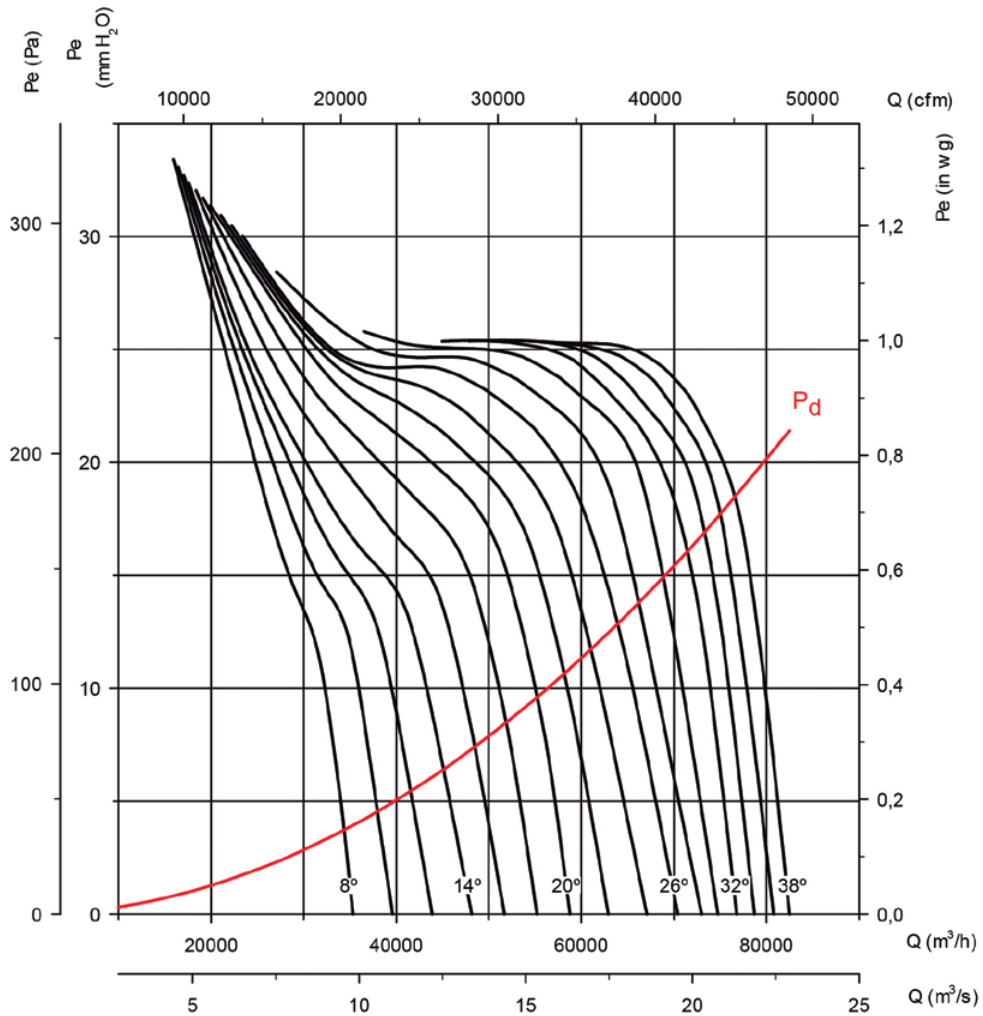
**Curvas características**

Q= Caudal en m³/h, m³/s y cfm. Pe= Presión estática en mmH₂O, Pa e inwg.

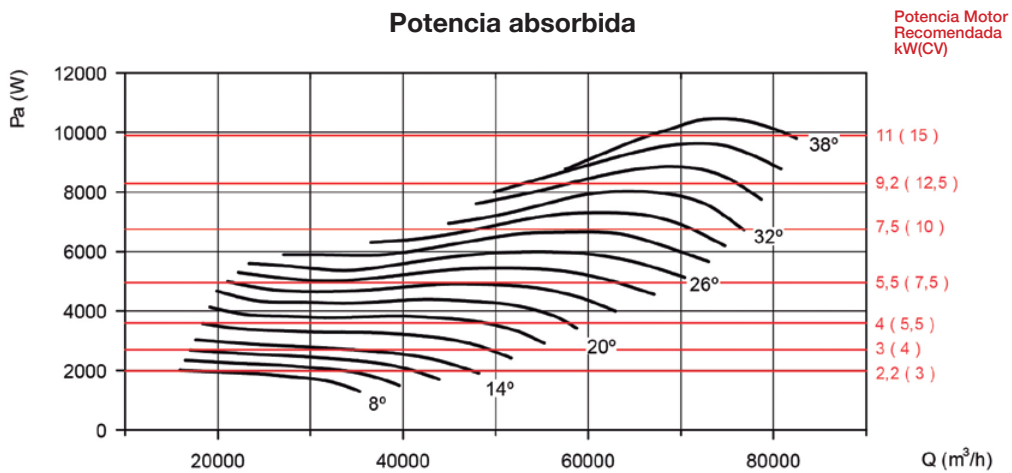
**Diámetro Hélice (cm): 125**

**Número de polos: 8**

**Número de palas: 9**



**Potencia absorbida**



### Curvas características

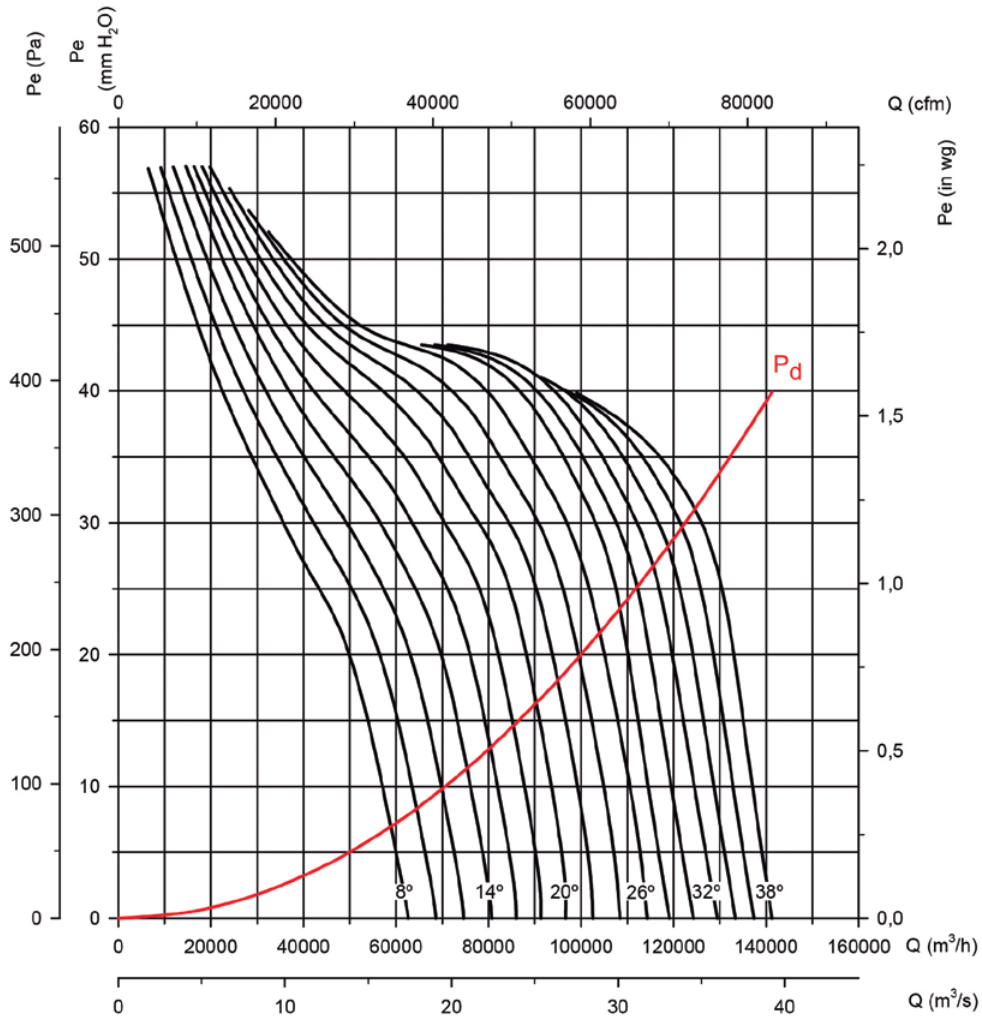
Q= Caudal en m<sup>3</sup>/h, m<sup>3</sup>/s y cfm.

Pe= Presión estática en mmH<sub>2</sub>O, Pa e inwg.

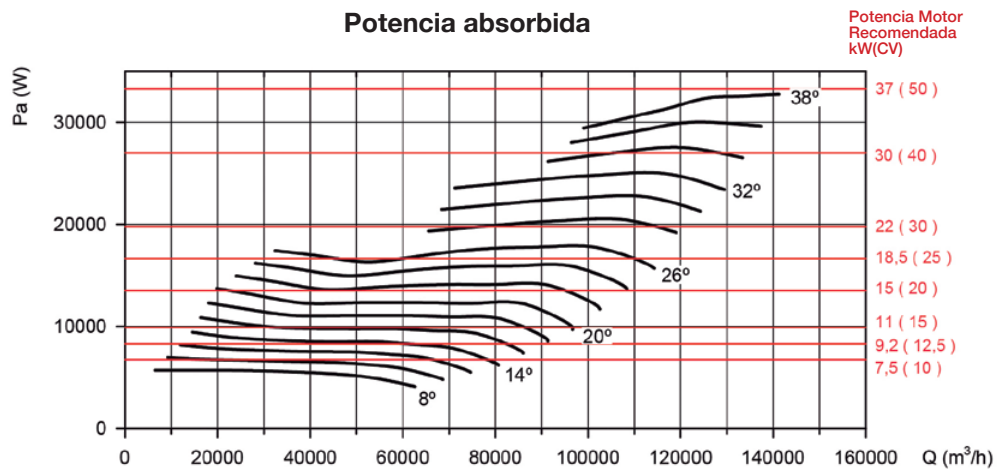
**Diámetro Hélice (cm): 140**

**Número de polos: 6**

**Número de palas: 6**



### Potencia absorbida



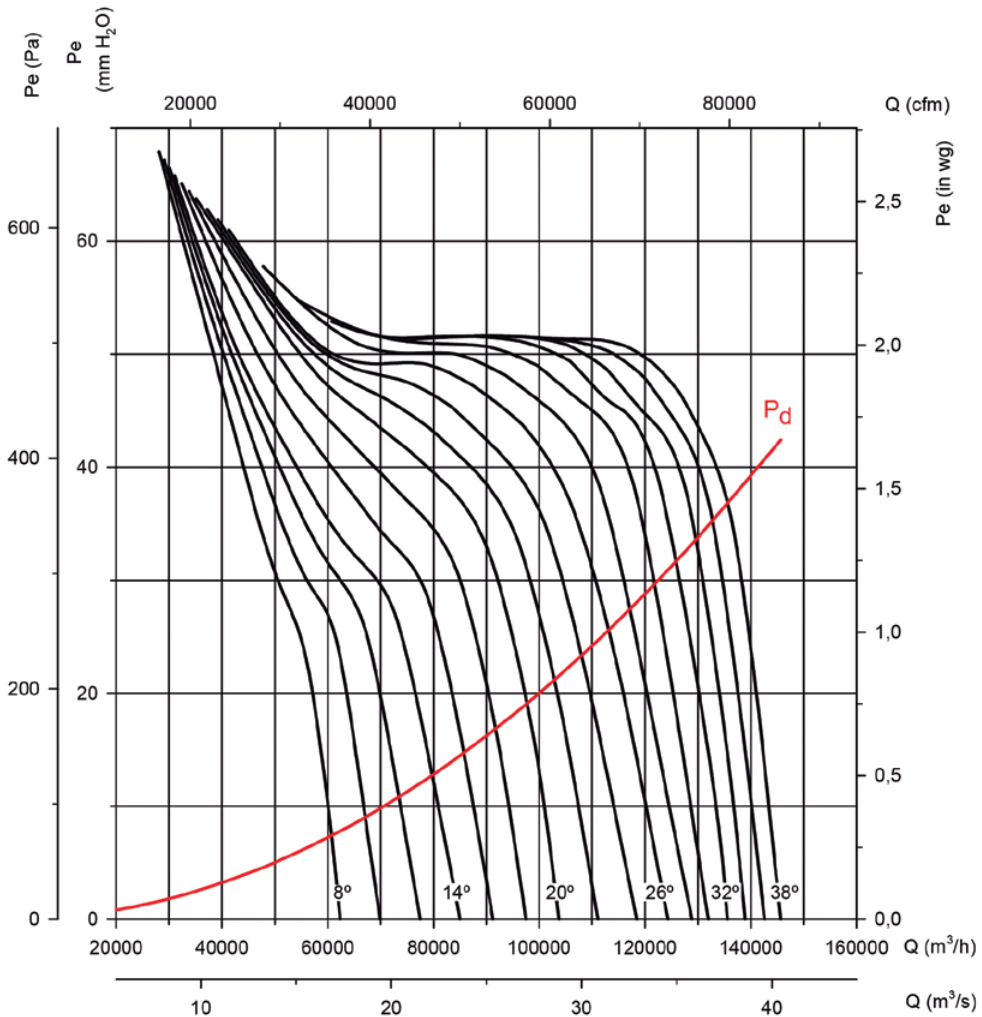
**Curvas características**

Q= Caudal en m<sup>3</sup>/h, m<sup>3</sup>/s y cfm. Pe= Presión estática en mmH<sub>2</sub>O, Pa e inwg.

**Diámetro Hélice (cm): 140**

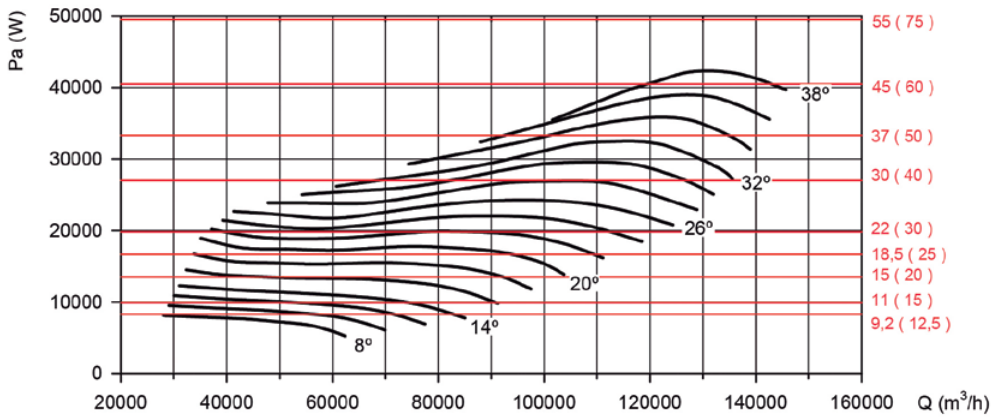
**Número de polos: 6**

**Número de palas: 9**



**Potencia absorbida**

Potencia Motor Recomendada kW(CV)



### Curvas características

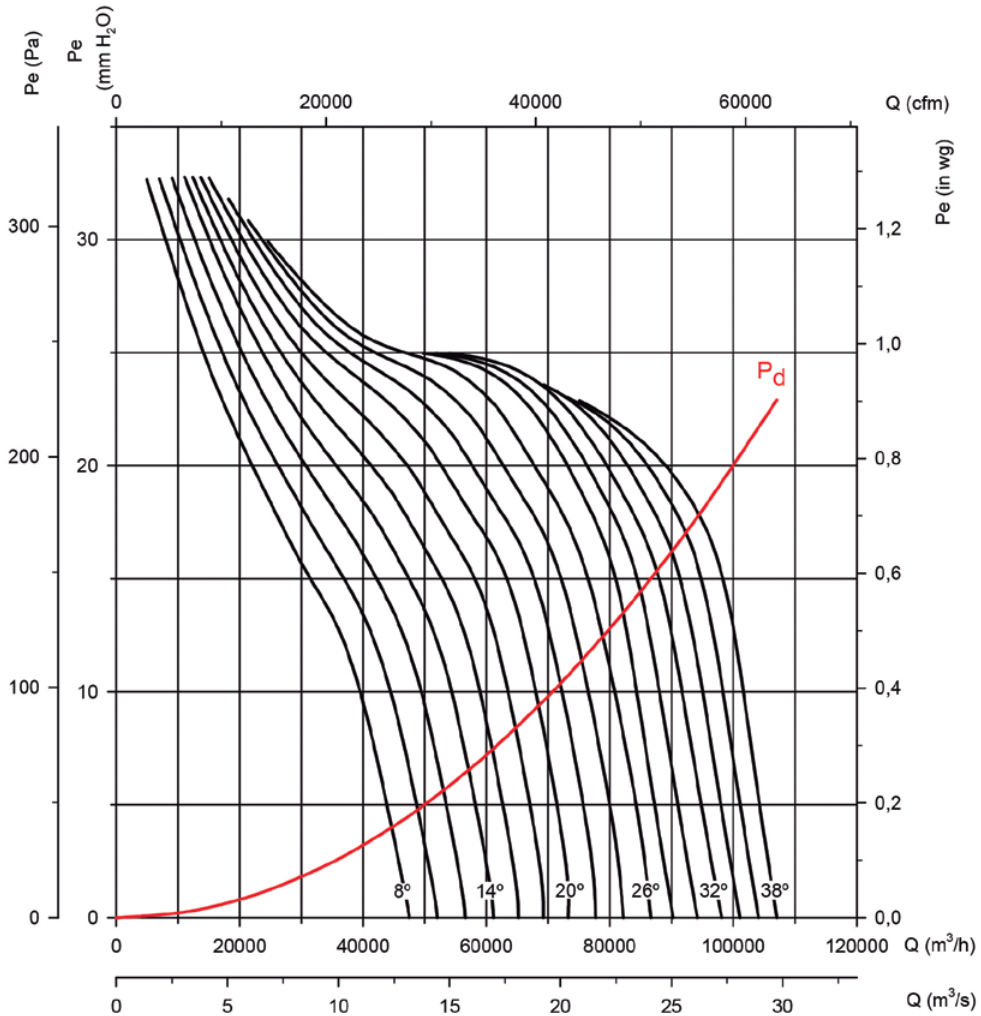
Q= Caudal en m<sup>3</sup>/h, m<sup>3</sup>/s y cfm.

Pe= Presión estática en mmH<sub>2</sub>O, Pa e inwg.

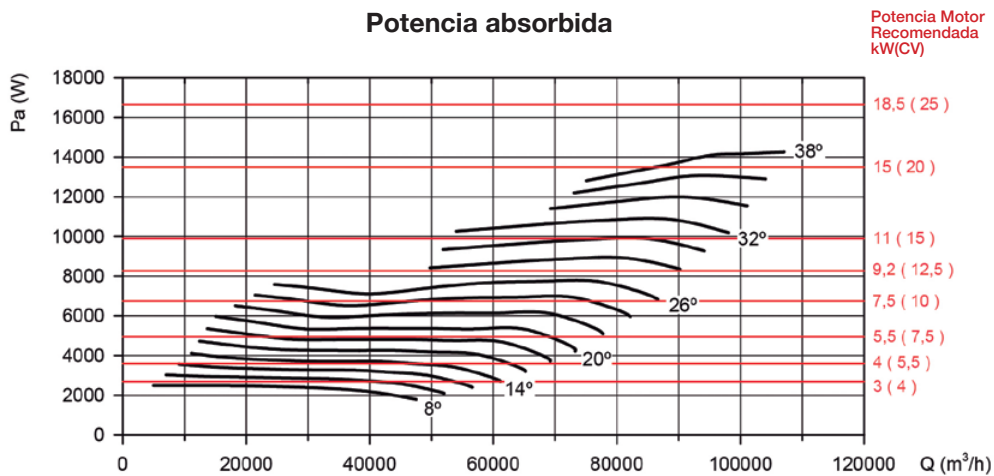
**Diámetro Hélice (cm): 140**

**Número de polos: 8**

**Número de palas: 6**



### Potencia absorbida



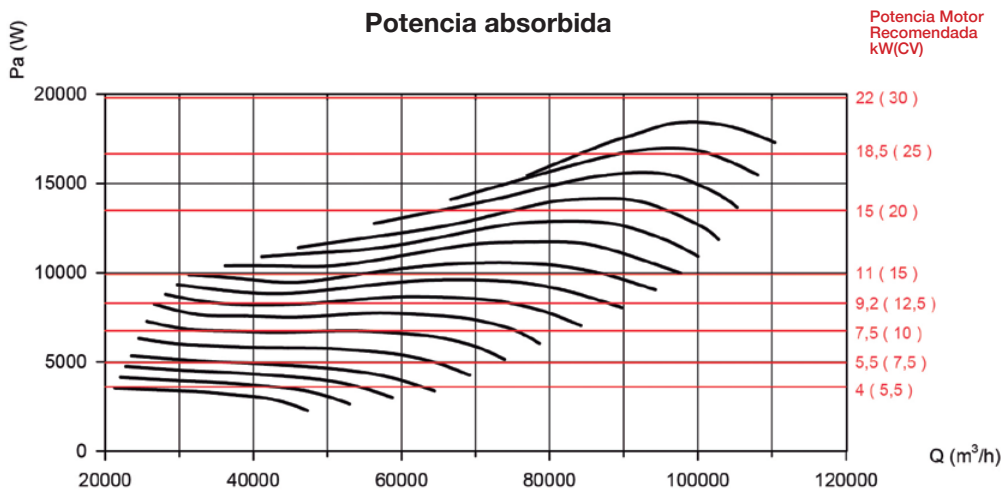
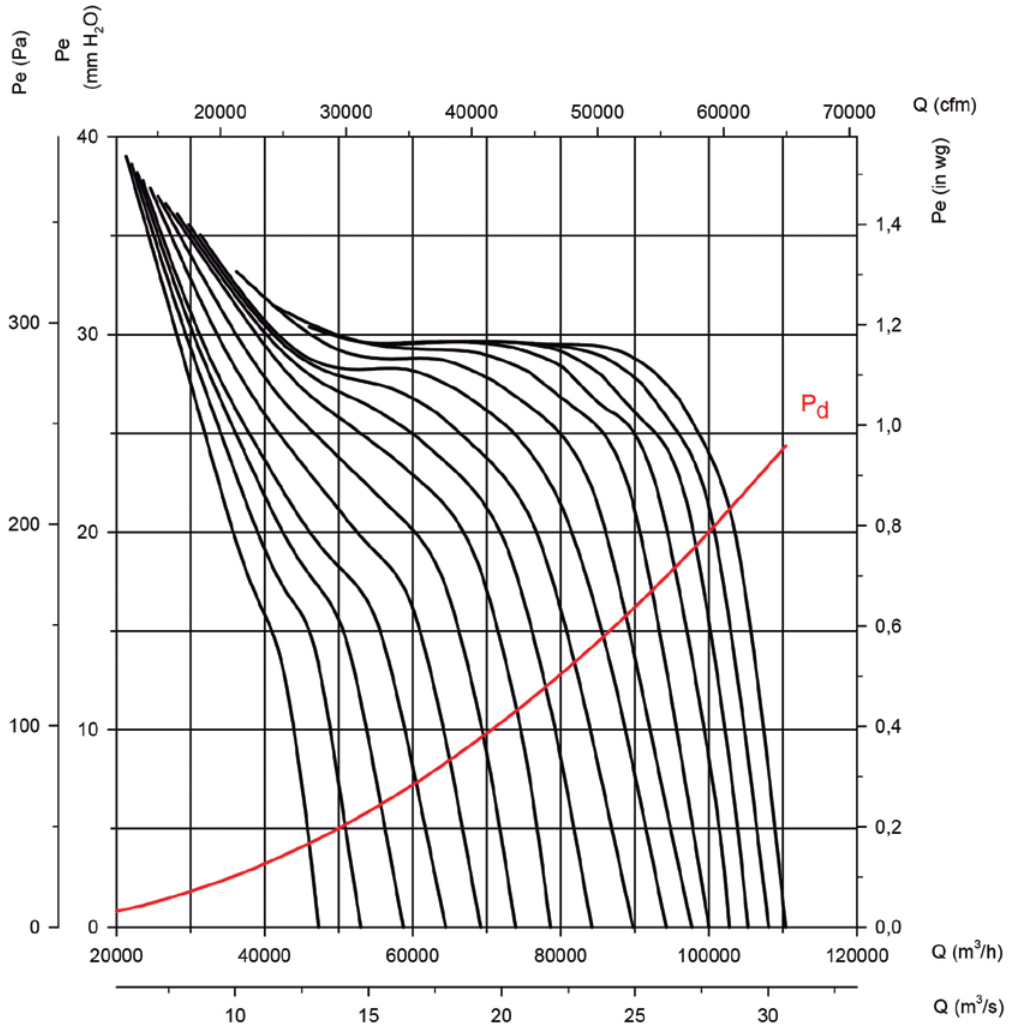
**Curvas características**

Q= Caudal en m<sup>3</sup>/h, m<sup>3</sup>/s y cfm. Pe= Presión estática en mmH<sub>2</sub>O, Pa e inwg.

**Diámetro Hélice (cm): 140**

**Número de polos: 8**

**Número de palas: 9**





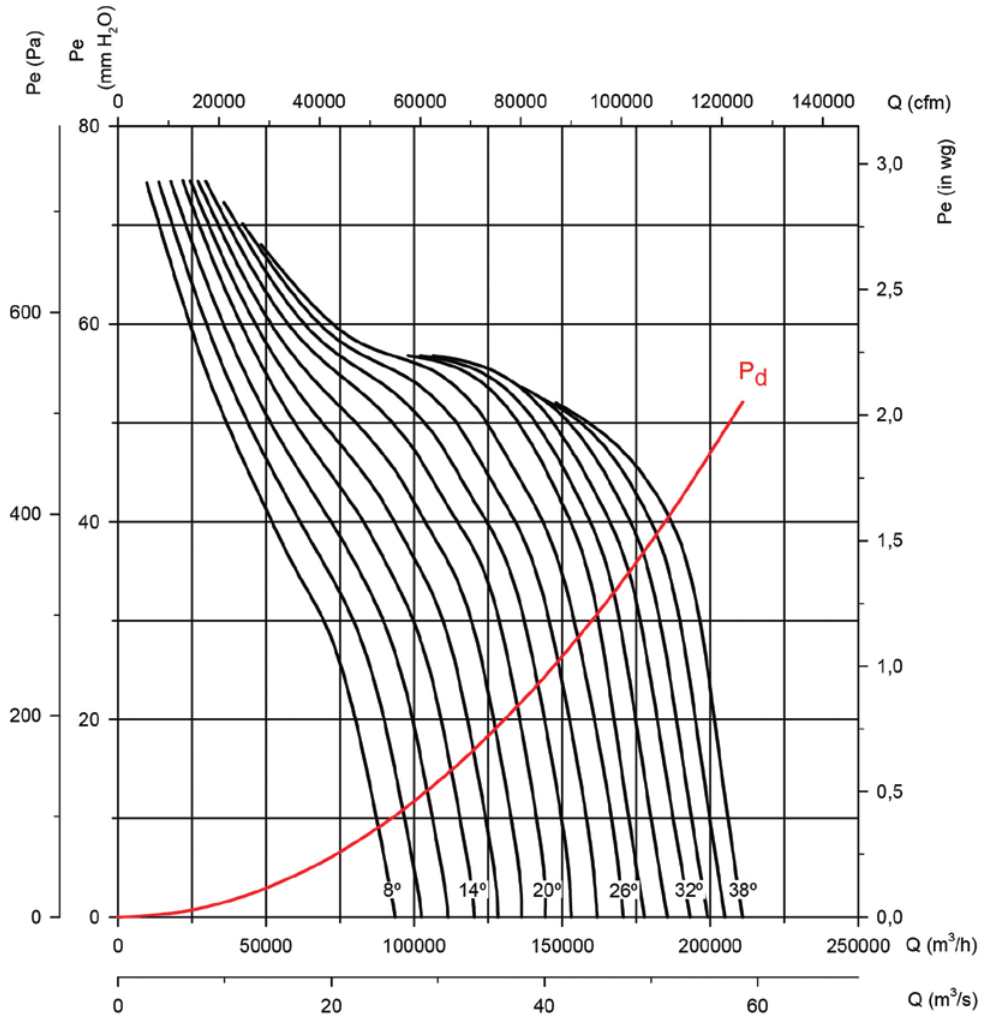
**Curvas características**

Q= Caudal en m<sup>3</sup>/h, m<sup>3</sup>/s y cfm. Pe= Presión estática en mmH<sub>2</sub>O, Pa e inwg.

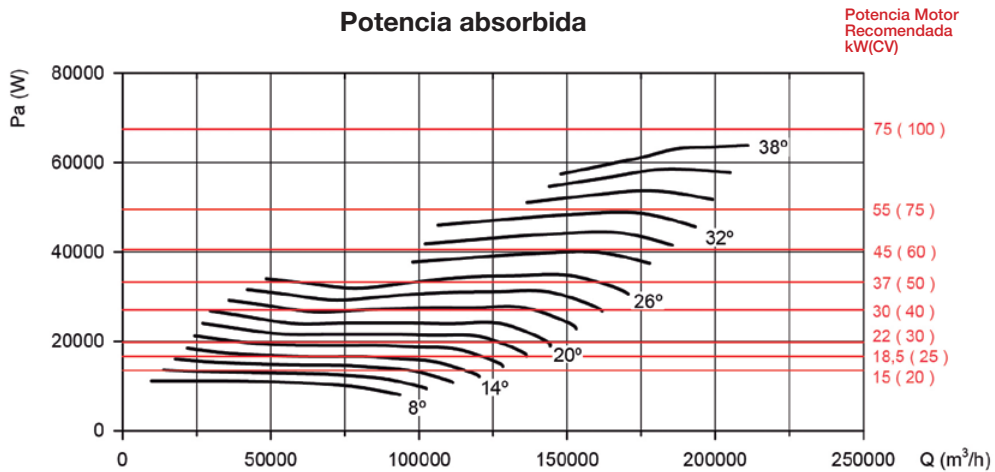
**Diámetro Hélice (cm): 160**

**Número de polos: 6**

**Número de palas: 6**



**Potencia absorbida**



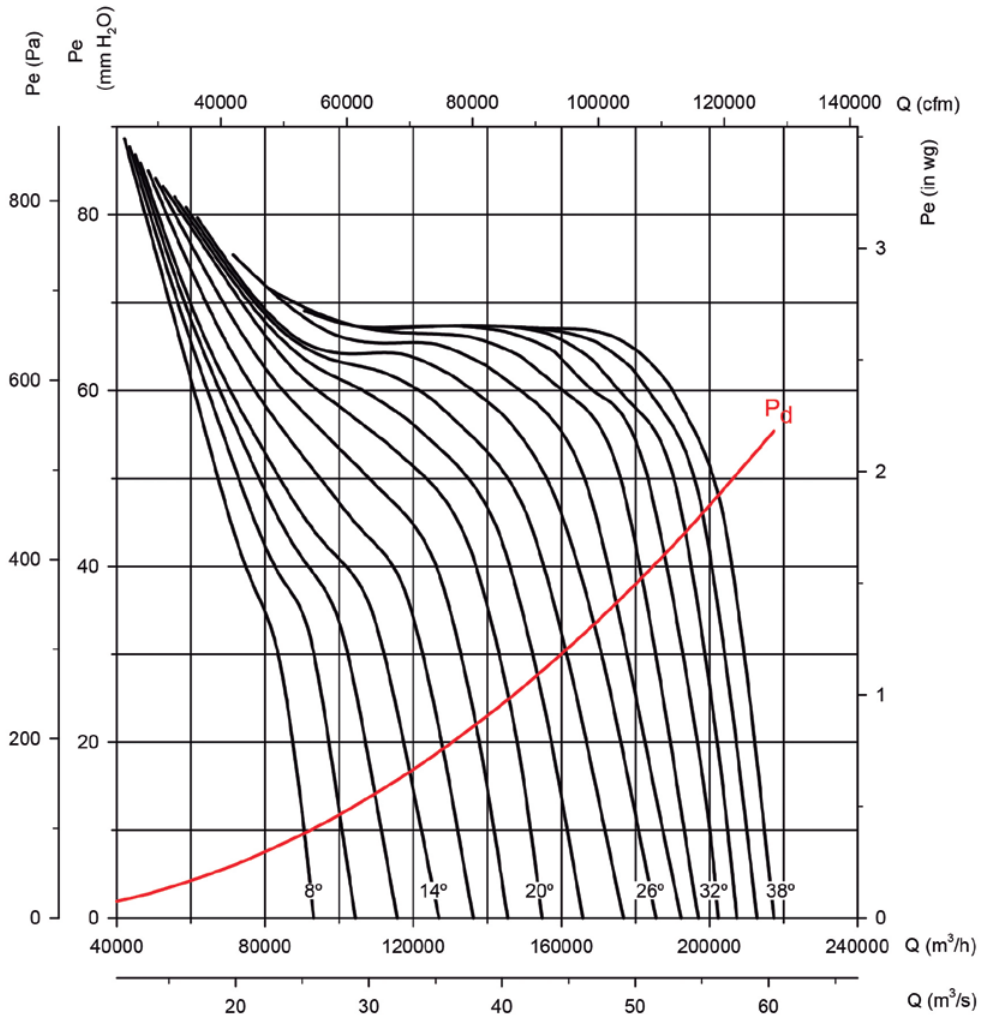
**Curvas características**

Q= Caudal en m<sup>3</sup>/h, m<sup>3</sup>/s y cfm. Pe= Presión estática en mmH<sub>2</sub>O, Pa e inwg.

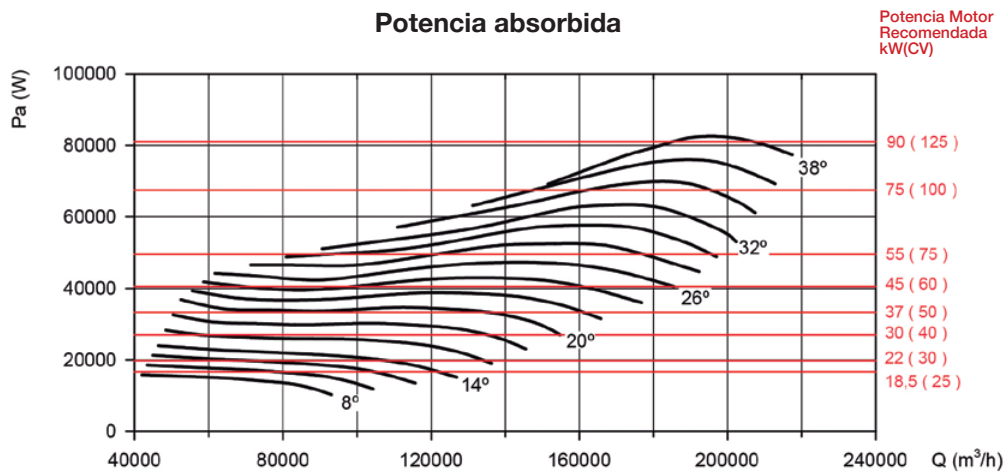
**Diámetro Hélice (cm): 160**

**Número de polos: 6**

**Número de palas: 9**



**Potencia absorbida**



### Curvas características

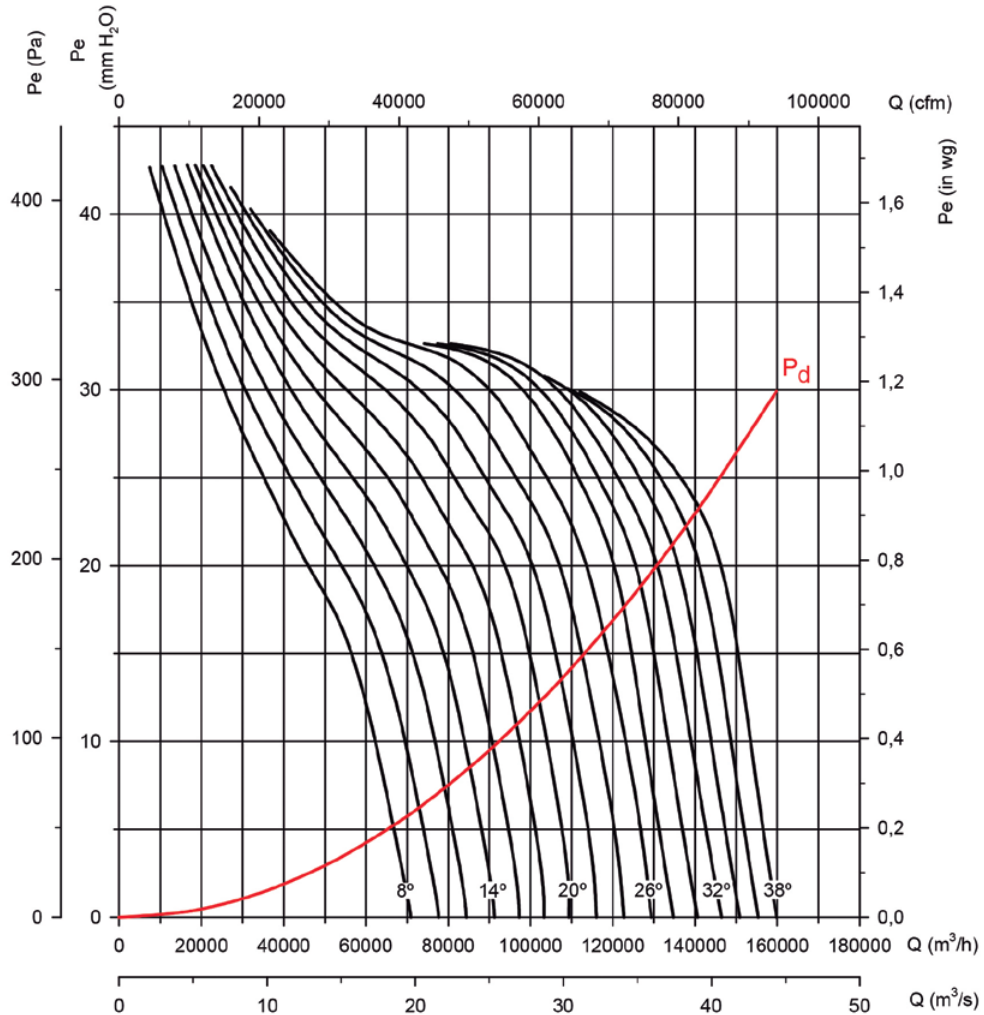
Q= Caudal en m<sup>3</sup>/h, m<sup>3</sup>/s y cfm.

Pe= Presión estática en mmH<sub>2</sub>O, Pa e inwg.

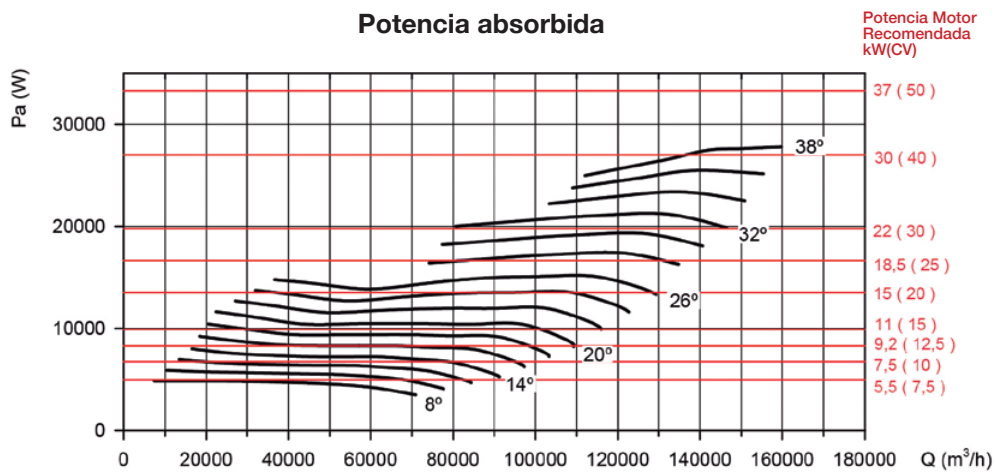
**Diámetro Hélice (cm): 160**

**Número de polos: 8**

**Número de palas: 6**



### Potencia absorbida



**Curvas características**

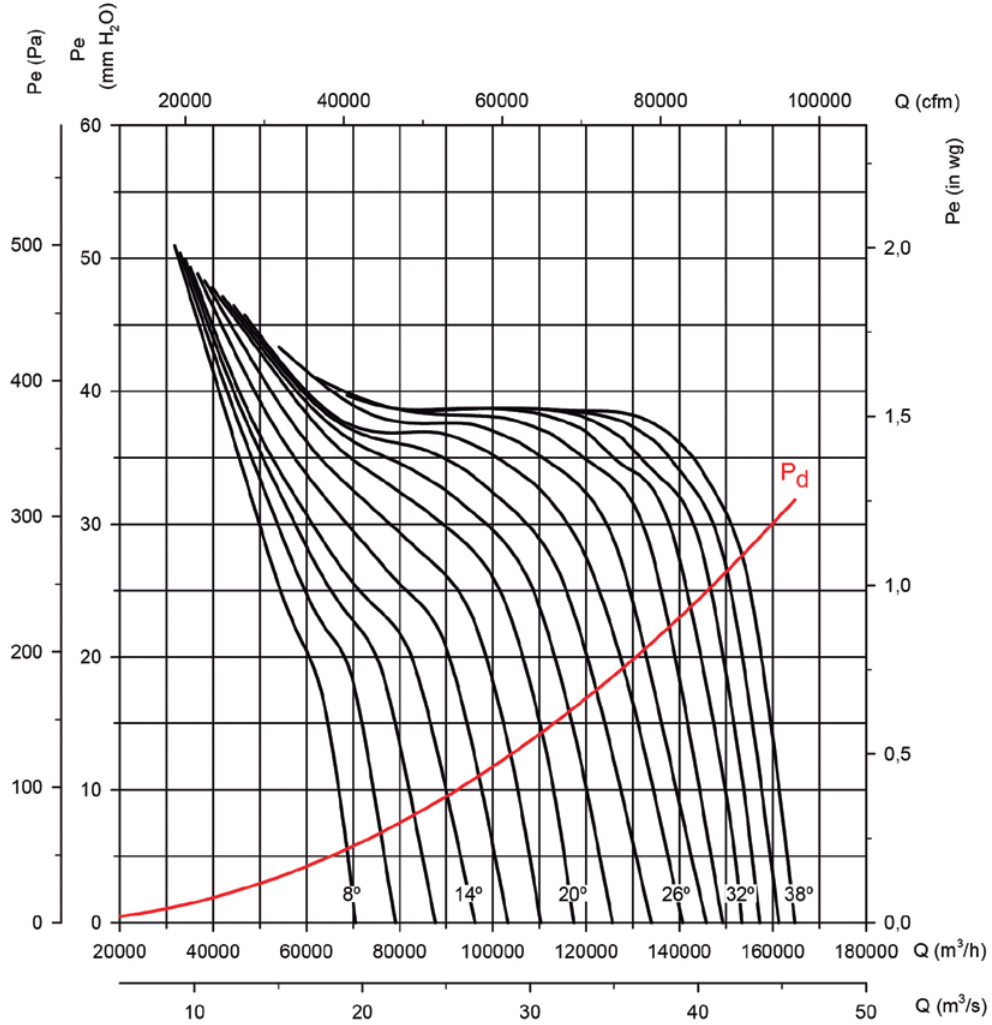
Q= Caudal en m<sup>3</sup>/h, m<sup>3</sup>/s y cfm.

Pe= Presión estática en mmH<sub>2</sub>O, Pa e inwg.

**Diámetro Hélice (cm): 160**

**Número de polos: 8**

**Número de palas : 9**



**Potencia absorbida**

Potencia Motor Recomendada kW(CV)

