



Escola Politécnica Superior

Trabajo Fin de Grado
CURSO 2021/22

*BUQUE TANKER LNG 140000 m³ Y DISEÑO DE UNA
PLANTA GENERADORA DE POTENCIA CON
TURBINA DE GAS Y CICLO REGENERATIVO*

Número 2122-TFG-73

**Programa de simultaneidad de ingeniería naval y oceánica e
ingeniería mecánica**

ALUMNA/O

Marina de la Peña Herrero

TUTORAS/ES

Pablo Fariñas Alvariño

Alberto Arce Ceinos

FECHA

Julio 2022



BUQUE TANKER LNG 140000 M3 Y DISEÑO DE UNA PLANTA GENERADORA DE POTENCIA CON TURBINA DE GAS Y CICLO REGENERATIVO. RESUMEN

En primer lugar, se desarrollará el proyecto de un buque tanker LNG. La particularidad de este buque es su carga, ya que requieren unas características muy concretas, debido a su temperatura, presión y flash point.

Una vez completado el proyecto de diseño del tanker de LNG, se desarrollará el diseño de una planta de potencia para la propulsión del buque, que se estima en un mínimo de 25 MW, basada en turbina de gas regenerativa empleando el propio LNG transportado como combustible. Esta turbina de gas regenerativa operará con dos compresores con una etapa de enfriamiento entre ambas compresiones y los gases de escape calientes se emplearán para precalentar el aire comprimido antes de entrar en la cámara de combustión.

En el diseño de esta planta de potencia se dimensionarán tanto el enfriador con agua de mar como el intercambiador gases-aire. Se compararán los resultados obtenidos en función de cómo los parámetros de diseño (relación de compresión, temperatura máxima, caudal de aire...) afecten a la eficiencia térmica de la planta. La comparación con turbina de gas simple y motor diésel se llevará a cabo en términos de eficiencia, coste y emisiones, estableciéndose las posibles ventajas e inconvenientes.



Escola Politécnica Superior

**TRABAJO FIN DE GRADO
CURSO 2021/22**

***BUQUE TANKER LNG 140000 m³ Y DISEÑO DE UNA
PLANTA GENERADORA DE POTENCIA CON
TURBINA DE GAS Y CICLO REGENERATIVO***

Número 2122-TFG-73

**Programa de simultaneidad de ingeniería naval y oceánica e
ingeniería mecánica**

**CUADERNO 11
BALANCE ELÉCTRICO Y SELECCIÓN PLANTA GENERADORA**

CUADERNO 11: BALANCE ELÉCTRICO Y SELECCIÓN DE LA PLANTA GENERADORA

Marina de la Peña Herrero

CONTENIDO

<i>Buque tanker LNG 140000 m3 y diseño de una planta generadora de potencia con turbina de gas y ciclo regenerativo. Resumen.....</i>	<i>2</i>
<i>REQUISITOS PREVIOS DE OPERACIÓN. RPA.....</i>	<i>6</i>
<i>Introducción</i>	<i>7</i>
<i>1 Definición de la planta eléctrica.....</i>	<i>9</i>
1.1 Frecuencia y tensión	9
1.2 Características	10
<i>2 Desglose y características de los consumidores.....</i>	<i>12</i>
2.1 Sistemas de cámara de máquinas.....	13
2.2 Equipos y servicios.....	14
2.3 Iluminación	16
<i>3 Balance eléctrico del buque.....</i>	<i>20</i>
3.1 Justificación de coeficientes.....	21
3.1.1 Sistemas de cámara de máquinas	22
3.1.2 Equipos auxiliares varios	23
3.1.3 Iluminación	24
3.2 Balance eléctrico 1: Condición de navegación en plena carga.....	25
3.3 Balance eléctrico 2: Condición de navegación en lastre.....	29
3.4 Balance eléctrico 3: Condición de carga/descarga del LNG	33
3.5 Balance eléctrico 4: Condición de maniobra	37
3.6 Balance eléctrico 5: Condición de emergencia	41
3.7 Resultados balance eléctrico.....	46
<i>4 Definición planta generadora.....</i>	<i>47</i>
4.1 Planta generadora principal.....	47
4.2 Planta generadora de emergencia.....	50
4.3 Reserva de energía y pick up.....	53
<i>5 Definición del sistema de cableado.....</i>	<i>56</i>
<i>6 Otros componentes.....</i>	<i>62</i>
6.1 Transformadores	62
6.2 Cuadros de distribución	62
6.3 Protecciones de la planta eléctrica	62
<i>7 Diagrama unifilar.....</i>	<i>65</i>
7.1 Descripción del diagrama unifilar	65
<i>ANEXO I: Wärtsilä 12V46F</i>	<i>67</i>

CUADERNO 11: BALANCE ELÉCTRICO Y SELECCIÓN DE LA PLANTA GENERADORA

Marina de la Peña Herrero

CUADERNO 11: BALANCE ELÉCTRICO Y SELECCIÓN DE LA PLANTA GENERADORA

Marina de la Peña Herrero

REQUISITOS PREVIOS DE OPERACIÓN. RPA

A continuación, se presentarán los requisitos previos iniciales en los que se basará el diseño del buque:

Tipo de buque

Buque Transporte de LNG - 140000 m³

Clasificación y cotas

SOLAS, CIG, Bureau Veritas, MARPOL

Características de la carga

Tanques membrana

Velocidad y autonomía

Velocidad servicio de 17,2 nudos, 85% MCR 10 MM. Autonomía 10.000 millas

Propulsión

Diésel eléctrico

Tripulación y pasaje

28 tripulantes

CUADERNO 11: BALANCE ELÉCTRICO Y SELECCIÓN DE LA PLANTA GENERADORA

Marina de la Peña Herrero

INTRODUCCIÓN

En el siguiente documento se realizará el balance eléctrico del buque proyectado, para así después, haciendo uso de ellos, definir la planta generadora a instalar a bordo.

En primer lugar, se mostrará un desglose de todos los consumidores del buque definidos en el cuaderno 6, 10 y 12, después, se presentarán las distintas condiciones de carga del buque, determinando de esta forma la potencia necesaria para alimentar a los consumidores en las distintas situaciones. Las condiciones a tener en cuenta serán:

- Navegación normal
- Maniobras
- Carga y descarga en puerto
- Emergencia

A continuación, se muestran los parámetros de forma del buque, los cuales han sido calculados en cuadernos anteriores y nos serán útiles en este documento:

Lpp	255,105
B	41,972
D	30
T	12,2
Δ	109400
LBD	319130,1
Fn	0,18
Cb (80%D)	0,873
Cb	0,81
Cm	0,833
Cp	0,97

Los pasos a seguir para la completa definición de la planta generadora se muestran a continuación:

- Definición de la planta
- Consumidores
- Balance eléctrico de las distintas condiciones
- Resultados y cálculo de los generadores
- Esquema unifilar y configuración de la planta
- Cálculo de otros componentes

La reglamentación a tener en cuenta en el desarrollo del cuaderno es la siguiente:

- Normas UNE – CEI 21135 – XXX
- Convenio SOLAS
- Reglamentación de la sociedad de clasificación Bureau Veritas

Las cuales indican:

- Condiciones ambientales: Los equipos eléctricos deberán de funcionar en buques estáticos a -25° y para buques en navegación a $+25^{\circ}$. Equipos de emergencia funcionan a $+25^{\circ}$ con un trimado de 10° .

Se deberá tolerar rangos de frecuencia de vibraciones entre 5 – 50 Hz y con un rango de amplitud de 20 mm/s.

CUADERNO 11: BALANCE ELÉCTRICO Y SELECCIÓN DE LA PLANTA GENERADORA

Marina de la Peña Herrero

La temperatura ambiente máxima es de 45°C, la mínima dependerá de la localización del buque.

- Grado de protección IP contra la entrada de agua y partículas sólidas dependerá de la localización del equipo en el buque.

CUADERNO 11: BALANCE ELÉCTRICO Y SELECCIÓN DE LA PLANTA GENERADORA

Marina de la Peña Herrero

1 DEFINICIÓN DE LA PLANTA ELÉCTRICA

Se deberán tener en cuenta distintas indicaciones en la definición de la planta generadora:

1. El cuadro eléctrico debe estar dividido en secciones, de esta forma, en caso fallo, la otra parte podrá seguir alimentado a los consumidores más necesarios.
2. Por la misma razón, el número de generadores ha de ser apropiado y también su distribución.
3. Se conoce que el número mínimo de generadores a bordo será de dos, tal y como indica el SOLAS.
4. La planta eléctrica se regirá en su diseño por N-1 grupos electrógenos para abastecer el consumo máximo de la instalación.
5. El diseño del cuadro de distribución principal se determina por el nivel de las corrientes de cortocircuito a resistir y la capacidad de corte de los interruptores automáticos.

1.1 Frecuencia y tensión

Partiendo de las posibles combinaciones de distribución de la energía eléctrica que se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 2
Tensiones y frecuencias en corriente alterna en función de los tipos de consumidores

Utilización	Tensiones nominales (V)	Frecuencias nominales (Hz)		Tensiones máximas (V)
1 Motores, calefacción y cocina. Equipos fijos y permanentemente conectados. Tomas de corriente alimentando a aparatos puestos a masa, sea de forma permanente por fijación o por una conexión específica que incorpore un conductor de masa dimensionado conforme a la tabla 1 de la norma CEI 92-401: Instalación y Pruebas de recepción.	Trifásica	Trifásica	Trifásica	Trifásica
	120	50	60	1 000
	220 ¹⁾	50	60	1 000
	240 ¹⁾	50	-	1 000
	380 ²⁾	50	-	1 000
	415 ²⁾	50	-	1 000
	440	-	60	1 000
	660 ³⁾ *	50	60	1 000
	3 000*/3 300*	50	60	11 000
	6 000*/6 600*	50	60	11 000
	10 000*/11 000*	50	60	
	Monofásica	Monofásica	Monofásica	Monofásica
	120	50	60	500
	220 ¹⁾	50	60	500
240 ¹⁾	50	-	500	

Y que la corriente trifásica a bordo presenta las siguientes ventajas:

- Posibilidad de conectarse a una red de puerto
- Menor coste de mantenimiento ya que presenta una mayor sencillez
- Generadores de menor peso
- Posibilidad de usar una mayor tensión, significando esto una reducción en la sección de conductores, con lo que se reduce el peso y coste.
- No es necesario un control exhaustivo de la velocidad de régimen, ya que, con una mayor frecuencia, la velocidad de giro de los motores generadores será mayor a igualdad de polos, esto hace que puedan ser de menor tamaño y precio.

Se utilizará corriente eléctrica alterna trifásica 480 V y 60 Hz para baja tensión. La elección entre posibilidades de tensión y frecuencia se decide en base a los puertos en los que

CUADERNO 11: BALANCE ELÉCTRICO Y SELECCIÓN DE LA PLANTA GENERADORA

Marina de la Peña Herrero

habitualmente va a atracar el buque. Debido a que el transporte al que se dedica el buque proyectado es de LNG entre países productores y consumidores y debido también al comercio actual, se ha elegido la opción de 480 V – 60 Hz. Además, esta opción presenta la ventaja de que, a mayor tensión, menos intensidad y por tanto, menor sección de cable.

Para alta tensión, se empleará 6600V AC.

El buque contara, por tanto, con tres tensiones alternas y los respectivos transformadores reductores:

- 6600 V
- 480 V
- 240 V

Para la definición de las tensiones de red anteriormente definidas, se emplea la siguiente tabla obtenida de la norma UNE 21 – 135 – 93 / 201, donde se muestran las tensiones y frecuencias en función del tipo de consumidor:

1.2 Características

Siguiendo las indicaciones de las RPA del proyecto, el buque contará con propulsión Diesel eléctrica. Esto significa que los motores generadores son la maquinaria principal que alimenta con energía eléctrica tanto a los consumidores como a la propulsión principal.

Cuando los generadores alimentan con energía eléctrica a los motores eléctricos dedicados a la propulsión, éstos transforman esa energía eléctrica en energía mecánica y transmiten el movimiento a la hélice, esta transmisión se realiza con el eje, pero entre medias existirá una reductora que adapte las revoluciones a las que gira el motor eléctrico a las revoluciones exigidas por el propulsor.

El motor eléctrico se definió en el cuaderno 6 a partir de las RPA y parámetros ya calculados del buque proyectado. Tal y como se indica en las RPA, los motores eléctricos han de ser capaces de garantizar una autonomía de 10000 millas a una velocidad de 17,2 nudos trabajando al 85% de su autonomía. Se decidió instalar un motor síncrono de velocidad variable del catálogo de ABB, modelo AMZ 1600.

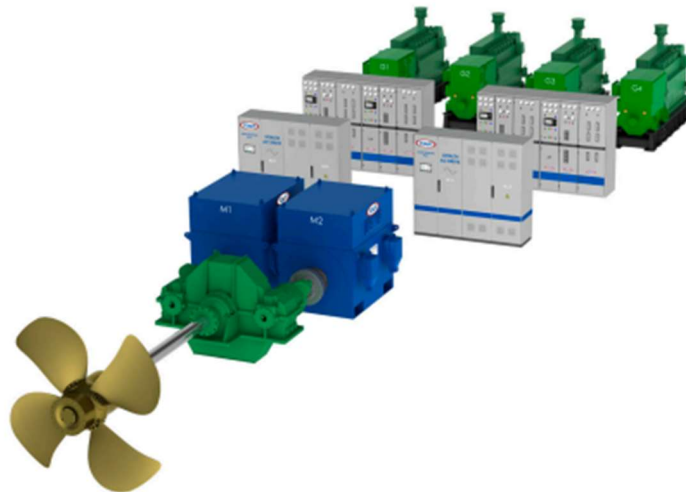
La propulsión Diésel eléctrica presenta ciertas ventajas frente a la propulsión tradicional, las cuales se muestran a continuación:

- Ahorro de combustible, ya que los motores eléctricos son altamente eficientes.
- Reducción de la contaminación ya que este tipo de motores operan en el punto de trabajo para el que fueron diseñados.
- Mejor eficiencia hidrodinámica del propulsor
- Mas fiabilidad. Reducción del coste de vida debido a los costes de mantenimiento menores
- Reduce ruidos y vibraciones
- Mayor flexibilidad en la localización del equipo

En la siguiente imagen se muestra un esquema básico en el que se pueden observar los distintos elementos que forman la planta eléctrica del sistema de propulsión:

CUADERNO 11: BALANCE ELÉCTRICO Y SELECCIÓN DE LA PLANTA GENERADORA

Marina de la Peña Herrero



Los elementos que representa el esquema anterior son:

- Grupo generador: El generador se encarga de generar la energía eléctrica que después necesitara el motor y el resto de los consumidores para funcionar.
- Cuadro de distribución principal: Compuesto por dispositivos de control y seguridad. Bus tie breaker que separa la instalación en dos grupos generadores para que en caso de fallo todo pueda seguir funcionando con normalidad.
- Transformadores: Necesarios para algunos consumidores para reducir la tensión de alimentación. La tensión primaria será de 480 V (La de la red) y la tensión secundaria será de 240 V (La de algunos de los consumidores)
- Convertidores de frecuencia: Dispositivos que se encargan de variar la velocidad de la hélice dependiendo de la situación de operación en cada momento.
- Alternadores: Es una maquina eléctrica que transforma la energía mecánica obtenida de los motores diesel en energía eléctrica
- Motor eléctrico: El motor eléctrico utiliza la energía eléctrica generada por el grupo generador proporcionándosela al propulsor en forma de energía mecánica.
- Reductora: Debido a que el motor eléctrico gira a unas revoluciones muy superiores a las revoluciones óptimas a las que debe girar la hélice se instala una reductora. La relación de reducción se estimó en el cuaderno 6 mediante Navcad entorno 6-7.8.
- Propulsor, hélice: Es el elemento de fin de carrera. En el caso del buque proyectado, se contará con una hélice de paso fijo a bordo.

CUADERNO 11: BALANCE ELÉCTRICO Y SELECCIÓN DE LA PLANTA GENERADORA

Marina de la Peña Herrero

2 DESGLOSE Y CARACTERÍSTICAS DE LOS CONSUMIDORES

En este apartado se utilizarán los resultados obtenidos en cuadernos anteriores, en concreto se utilizarán las potencias calculadas en el cuaderno 10 “Definición de la planta propulsora” y cuaderno 12 “Equipos y servicios”.

Como indicación previa del apartado, se muestra la siguiente tabla para el caso de bombas accionadas por motores eléctricos, se emplean eficiencias y potencias normalizadas:

Nominal efficiency limits defined in IEC 60034-30-1:2014 (reference values at 50 Hz, based on test methods specified in IEC 60034-2-1:2014).

Out-put kW	IE1 Standard efficiency				IE2 High efficiency				IE3 Premium efficiency				IE4 Super Premium efficiency			
	2 pole	4 pole	6 pole	8 pole	2 pole	4 pole	6 pole	8 pole	2 pole	4 pole	6 pole	8 pole	2 pole	4 pole	6 pole	8 pole
0.12	45.0	50.0	38.3	31.0	53.6	59.1	50.6	39.8	60.8	64.8	57.7	50.7	66.5	69.8	64.9	62.3
0.18	52.8	57.0	45.5	38.0	60.4	64.7	56.6	45.9	65.9	69.9	63.9	58.7	70.8	74.7	70.1	67.2
0.20	54.6	58.5	47.6	39.7	61.9	65.9	58.2	47.4	67.2	71.1	65.4	60.6	71.9	75.8	71.4	68.4
0.25	58.2	61.5	52.1	43.4	64.8	68.5	61.6	50.6	69.7	73.5	68.6	64.1	74.3	77.9	74.1	70.8
0.37	63.9	66.0	59.7	49.7	69.5	72.7	67.6	56.1	73.8	77.3	73.5	69.3	78.1	81.1	78.0	74.3
0.40	64.9	66.8	61.1	50.9	70.4	73.5	68.8	57.2	74.6	78.0	74.4	70.1	78.9	81.7	78.7	74.9
0.55	69.0	70.0	65.8	56.1	74.1	77.1	73.1	61.7	77.8	80.8	77.2	73.0	81.5	83.9	80.9	77.0
0.75	72.1	72.1	70.0	61.2	77.4	79.6	75.9	66.2	80.7	82.5	78.9	75.0	83.5	85.7	82.7	78.4
1.1	75.0	75.0	72.9	66.5	79.6	81.4	78.1	70.8	82.7	84.1	81.0	77.7	85.2	87.2	84.5	80.8
1.5	77.2	77.2	75.2	70.2	81.3	82.8	79.8	74.1	84.2	85.3	82.5	79.7	86.5	88.2	85.9	82.6
2.2	79.7	79.7	77.7	74.2	83.2	84.3	81.8	77.6	85.9	86.7	84.3	81.9	88.0	89.5	87.4	84.5
3	81.5	81.5	79.7	77.0	84.6	85.5	83.3	80.0	87.1	87.7	85.6	83.5	89.1	90.4	88.6	85.9
4	83.1	83.1	81.4	79.2	85.8	86.6	84.6	81.9	88.1	88.6	86.8	84.8	90.0	91.1	89.5	87.1
5.5	84.7	84.7	83.1	81.4	87.0	87.7	86.0	83.8	89.2	89.6	88.0	86.2	90.9	91.9	90.5	88.3
7.5	86.0	86.0	84.7	83.1	88.1	88.7	87.2	85.3	90.1	90.4	89.1	87.3	91.7	92.6	91.3	89.3
11	87.6	87.6	86.4	85.0	89.4	89.8	88.7	86.9	91.2	91.4	90.3	88.6	92.6	93.3	92.3	90.4
15	88.7	88.7	87.7	86.2	90.3	90.6	89.7	88.0	91.9	92.1	91.2	89.6	93.3	93.9	92.9	91.2
18.5	89.3	89.3	88.6	86.9	90.9	91.2	90.4	88.6	92.4	92.6	91.7	90.1	93.7	94.2	93.4	91.7
22	89.9	89.9	89.2	87.4	91.3	91.6	90.9	89.1	92.7	93.0	92.2	90.6	94.0	94.5	93.7	92.1
30	90.7	90.7	90.2	88.3	92.0	92.3	91.7	89.8	93.3	93.6	92.9	91.3	94.5	94.9	94.2	92.7
37	91.2	91.2	90.8	88.8	92.5	92.7	92.2	90.3	93.7	93.9	93.3	91.8	94.8	95.2	94.5	93.1
45	91.7	91.7	91.4	89.2	92.9	93.1	92.7	90.7	94.0	94.2	93.7	92.2	95.0	95.4	94.8	93.4
55	92.1	92.1	91.9	89.7	93.2	93.5	93.1	91.0	94.3	94.6	94.1	92.5	95.3	95.7	95.1	93.7
75	92.7	92.7	92.6	90.3	93.8	94.0	93.7	91.6	94.7	95.0	94.6	93.1	95.6	96.0	95.4	94.2
90	93.0	93.0	92.9	90.7	94.1	94.2	94.0	91.9	95.0	95.2	94.9	93.4	95.8	96.1	95.6	94.4
110	93.3	93.3	93.3	91.1	94.3	94.5	94.3	92.3	95.2	95.4	95.1	93.7	96.0	96.3	95.8	94.7
132	93.5	93.5	93.5	91.5	94.6	94.7	94.6	92.6	95.4	95.6	95.4	94.0	96.2	96.4	96.0	94.9
160	93.8	93.8	93.8	91.9	94.8	94.9	94.8	93.0	95.6	95.8	95.6	94.3	96.3	96.6	96.2	95.1
200	94.0	94.0	94.0	92.5	95.0	95.1	95.0	93.5	95.8	96.0	95.8	94.6	96.5	96.7	96.3	95.4
250	94.0	94.0	94.0	92.5	95.0	95.1	95.0	93.5	95.8	96.0	95.8	94.6	96.5	96.7	96.5	95.4
315	94.0	94.0	94.0	92.5	95.0	95.1	95.0	93.5	95.8	96.0	95.8	94.6	96.5	96.7	96.6	95.4
355	94.0	94.0	94.0	92.5	95.0	95.1	95.0	93.5	95.8	96.0	95.8	94.6	96.5	96.7	96.6	95.4
400	94.0	94.0	94.0	92.5	95.0	95.1	95.0	93.5	95.8	96.0	95.8	94.6	96.5	96.7	96.6	95.4
450	94.0	94.0	94.0	92.5	95.0	95.1	95.0	93.5	95.8	96.0	95.8	94.6	96.5	96.7	96.6	95.4
500-1000	94.0	94.0	94.0	92.5	95.0	95.1	95.0	93.5	95.8	96.0	95.8	94.6	96.5	96.7	96.6	95.4

CUADERNO 11: BALANCE ELÉCTRICO Y SELECCIÓN DE LA PLANTA GENERADORA

Marina de la Peña Herrero

Se seleccionan las potencias y eficiencias normalizadas de motores de 4 polos para la frecuencia que se indicó para el buque proyectado. Se emplea la eficiencia IE – 2 “High efficiency”.

El desglose se realiza siguiendo tres bloques principales:

- **Cámara de máquinas:** Sistemas de propulsión seleccionado en el cuaderno 6 y sistemas auxiliares de la propulsión detallados en el cuaderno 10 (Sistema de combustible, refrigeración, lubricación, etcétera)
- **Equipos y servicios:** Sistemas que se detallan en el cuaderno 12, son el sistema de lastre, sentinas, agua sanitaria, ventilación, etcétera.
- **Iluminación:** Se diferencia entre iluminación principal y la iluminación en caso de emergencia.

Todos los sistemas anteriormente nombrados y definidos en otros cuadernos se mostrarán ahora en el desglose detallado de consumidores.

2.1 Sistemas de cámara de máquinas

En primer lugar, tenemos los motores eléctricos definidos en el cuaderno 6, que son los equipos que mueven la hélice. Se recuerda que se seleccionó un motor síncrono de velocidad variable del catálogo de ABB modelo AMZ 1600.

En segundo lugar, los sistemas auxiliares de la cámara de máquinas, calculados en el cuaderno 10. Se incluyen como consumidores de estos sistemas todos los equipos como bombas, ventiladores, compresores, etc. instalados para el correcto funcionamiento de las maquinas. Estos sistemas son:

- Sistema de refrigeración: Se incluyen las bombas de agua dulce y agua salada.
- Servicio de lubricación: Se incluyen las bombas de aceite lubricante, así como los equipos que tratan al aceite previamente a su uso.
- Servicio de combustible: Se incluyen las distintas bombas que se necesitan para que el combustible llegue en correctas condiciones al motor generador.
- Servicio de aire de arranque: Se incluyen los compresores necesarios para que haya aire comprimido en las botellas y así poder llevar a cabo la puesta en marcha del motor.

A continuación, se muestra la tabla con las potencias de este bloque de consumidores:

SISTEMA	Características					
	Nº Instalados	Potencia [kW]	P.Unitaria[kW]			P.Total N x P.Abs
			Util	ne	Abs.	
1. SERVICIO PROPULSION						
Motor eléctrico (ABB AMZ 1600)	1,0		50000,0	1,0	52083,3	52083,3
TOTAL						52083,3
2. SISTEMA DE REFRIGERACIÓN						
Bomba agua salada	2,0	138,2	150,0	1,0	157,9	315,8
Bomba agua dulce (Baja temp)	4,0	32,4	37,0	0,9	39,8	159,1
Bomba agua dulce (Alta temp)	4,0	32,4	37,0	0,9	39,8	159,1

CUADERNO 11: BALANCE ELÉCTRICO Y SELECCIÓN DE LA PLANTA GENERADORA

Marina de la Peña Herrero

Calentador HT	1,0	108,5				108,5
TOTAL						742,6
3. SERVICIO DE LUBRICACIÓN						
Bomba lubricación	4,0	11,4	15,0	0,9	16,5	65,9
Bomba prelubricación	1,0	34,3	37,0	0,9	39,8	39,8
Separadora de aceite	1,0	2,1	2,1		2,1	2,1
TOTAL						107,8
4.SERVICIO DE AIRE						
Compresores	12,0	2,8	3,0	0,9	3,4	41,1
TOTAL						41,1
5. SERVICIO DE COMBUSTIBLE						
Bomba de trasiego HFO	3,0	9,5	11,0	0,9	12,1	36,3
Bomba suministro	2,0	0,9	1,1	0,8	1,3	2,6
Bomba alimentacion purificadoraHFO	1,0	2,0	3,0	0,9	3,4	3,4
Unidad booster: calentador booster	1,0	75,0	75,0		75,0	75,0
Unidad booster: Bomba HFO	1,0	3,2	3,7	0,9	4,2	4,2
Calentamiento HFO	2,0	300,0	300,0		300,0	600,0
Bomba trasiego lodos	2,0	14,7	15,0	0,9	16,7	33,4
TOTAL						754,9

2.2 Equipos y servicios

En este apartado se definen las potencias y eficiencias de los equipos y servicios calculados en el cuaderno 12. Éstos son:

- Servicio de sentinas: Equipos necesarios para su achique y tratamiento
- Servicio de lastre: bombas necesarias para su control
- Ventilación y aire acondicionado: Se incluyen los ventiladores, etc necesarios para su funcionamiento.
- Sistemas propios del LNG: En este apartado se incluyen los equipos necesarios para la carga y descarga del LNG, así como para su mantenimiento.
- Equipos de cubierta: Equipos para el amarre y fondeo del buque, por ejemplo, chigres, molinetes, etc
- Servo
- Equipos de navegación, radio, comunicación
- Fonda y hotel: Equipos para que el buque cumpla con una habitabilidad mínima, se incluyen aquí los equipos de cocina, lavandería, es decir, los consumidores de la habilitación.

A continuación, se muestra una tabla que recoge las potencias de los consumidores definidos:

CUADERNO 11: BALANCE ELÉCTRICO Y SELECCIÓN DE LA PLANTA GENERADORA

Marina de la Peña Herrero

SISTEMA	Características					
	Nº Instalados	Potencia [kW]	P.Unitaria[kW]			P.Total
			Util	ne	Abs.	N x P.Abs
6. SERVICIO DE SENTINAS						
Bomba sentinas	2,0	80,0	90,0	0,9	95,2	190,5
Separador sentinas	1,0	2,0				2,0
TOTAL						192,5
7. SERVICIO DE LASTRE						
Bomba lastre	3,0	286,1	315,0	0,9	350,0	1050,0
TOTAL						1050,0
8. SERVICIO CONTRAINCENDIOS						
Bomba CI	2,0	129,5	132,0	1,0	138,9	277,9
Bomba CI emergencia	1,0	103,6	110,0	1,0	115,8	115,8
TOTAL						393,7
9. SERVICIO AGUA SANITARIA						
Bombas suministro	2,0	38,0	45,0	0,9	48,1	96,2
Bombas circulación	2,0	1,0	1,1	0,8	1,3	2,6
Calentador	1,0	25,0				25,0
Generador Agua dulce	1,0	2,0				2,0
Planta TAR	1,0	3,3				3,3
TOTAL						129,1
10. AIRE ACONDICIONADO						
Compresores	1,0	75,0			75,0	75,0
TOTAL						75,0
11. VENTILACIÓN						
Ventilacion habilitación	19,0	11,0				209,0
Ventilacion cámara máquinas	1,0	448,6				448,6
TOTAL						657,6
12. SERVO						
Servo principal	1,0	470,7				470,7
Servo auxiliar	1,0	81,9				81,9
TOTAL						552,6
13. EQUIPOS AMARRE Y FONDEO						
Chigres amarre	6,0	136,7				819,9
Molinetes	1,0	528,0				528,0
TOTAL						1347,9
14. FONDA Y HOTEL						
Cocina eléctrica	1,0	15,0				15,0
Horno	1,0	5,0				5,0
Parrilla	1,0	2,0				2,0
Lavavajillas	1,0	4,0				4,0
Microondas	2,0	4,0				8,0
Cafetera	2,0	3,0				6,0
Frigorífico	2,0	1,0				2,0

CUADERNO 11: BALANCE ELÉCTRICO Y SELECCIÓN DE LA PLANTA GENERADORA

Marina de la Peña Herrero

Trituradora de basuras	1,0	1,0				1,0
Compresores gambuzas	2,0	15,0				30,0
Lavadoras	2,0	2,0				4,0
Secadoras	1,0	3,0				3,0
Ascensor	1,0	10,0				10,0
Plancha	2,0	5,0				10,0
TOTAL						100,0
15. NAVEGACIÓN, COMUNICACIONES, ETC						
Radio	1,0	5,0				5,0
Navegación	1,0	12,0				12,0
Comunicación interior	1,0	5,0				5,0
Comunicación exterior	1,0	5,0				5,0
TOTAL						27,0
17. EQUIPOS PROPIOS						
Vaporizador	1,0	200,0				200,0
Vaporizador forzado	1,0	500,0				500,0
Compresor HD	2,0	1020,0				2040,0
Compresor LD	2,0	600,0				1200,0
Calentador boil-off	2,0	400,0			400,0	800,0
Bomba nitrógeno	2,0	0,1	0,8	0,8	1,0	1,9
Bomba aspiración gas	2,0	100,0	110,0	1,0	115,8	231,6
Bomba spray	4,0	16,0	18,5	0,9	20,6	82,2
Bomba vapor	2,0	0,4	0,8	0,8	1,0	1,9
Bomba C/D	8,0	248,0	250,0	1,0	262,1	2096,4
TOTAL						7154,0

2.3 Iluminación

Se distinguen entre tres bloques de iluminación en el buque proyectado:

- Alumbrado general: Referido al alumbrado común en los distintos espacios del buque. Este alumbrado está alimentado por los generadores principales, y en caso de situación de emergencia, dejarán de alumbrar.
- Alumbrado exterior: Luces necesarias para la iluminación de la cubierta principal, zonas de botes de rescate, etcétera.
- Alumbrado de emergencia: Iluminación necesaria incluso cuando los generadores principales dejen de funcionar. Es el caso del alumbrado de socorro, iluminación de cámara de máquinas, puente de mando, puntos de evacuación, zonas de botes de rescate, etcétera.

Este alumbrado debe activarse de forma automática cuando se produzca fallo en la fuente principal. Normalmente, se alimenta por medio de baterías.

La iluminación necesaria se calcula utilizando el libro de Mario Baquerizo "Electricidad aplicada al buque". La expresión que se utiliza se muestra a continuación:

$$L = E * S * \left(\frac{F_d}{F_u} \right)$$

CUADERNO 11: BALANCE ELÉCTRICO Y SELECCIÓN DE LA PLANTA GENERADORA

Marina de la Peña Herrero

$$P = \frac{L}{n} [kW]$$

Siendo,

- "P" la potencia
- "L" el flujo luminoso en lúmenes
- "n" el rendimiento de la lampara
- "S" la superficie a iluminar
- "Fd" el factor de suciedad. Se toma 1.5
- "Fu" el factor de utilización. Se toma 0,5
- "E" la iluminación en luxes. Se determina según la zona. Se determina a partir de la siguiente tabla:

Locales	
Iluminancias (lx)	
Camarotes de pasajeros y oficialidad	200-250
Camarotes de tripulación	150-200
Camarotes de lujo	250-300
Pasillos del pasaje	100-150
Pasillos de la tripulación	100-150
Locales de reunión	100-150
Locales de reunión:	
Pasaje	200-400
Tripulación	120-250
Locales sanitarios	200-250
Locales de servicios	250-300
Enfermería	500-1000
Puentes de paseo y puentes descubiertos	20-40
Puentes de botes	10-20
Salas de máquinas	300-450
Puestos de maniobra	500-750
Salas de calderas	250-350
Bocas de calderas	500-750
Túneles y compartimientos < 200 m ³	100-150
Talleres de montaje y precisión	1000-2000
Talleres de maquinaria	500-1000
Salas de dibujo	750-1500
Oficinas normales	400-750
Salas de espera, archivos, etc...	75-150

Resultando, para cada caso:

Alumbrado Cámara de máquinas					
Zona	Iluminación	Superficie	Flujo luminoso	n Led	Potencia [W]
Cubierta -3 (2-8,5 m)	400	451,3	541560	150	3610,4
Cubierta -2 (8,5-17 m)	400	1042,5	1251000	150	8340
Cubierta -1 (17m - Final)	400	1150,2	1380240	150	9201,6
				TOTAL	21152

Alumbrado habitación					
Zona	Iluminación	Superficie	Flujo luminoso	n Led	Potencia [W]
Cubierta principal					
Pañosoles	200	145,8	87480	150	583,2
Vestuarios y aseos	200	69,5	41700	150	278
Talleres con máquinas	600	356,5	641700	150	4278
Pasillos	120	116,8	42048	150	280,32

CUADERNO 11: BALANCE ELÉCTRICO Y SELECCIÓN DE LA PLANTA GENERADORA

Marina de la Peña Herrero

Cubierta 1º superestructura					
Paños	200	66,9	40140	150	267,6
Vestuarios y aseos	200	105,6	63360	150	422,4
Talleres con máquinas	600	96,6	173880	150	1159,2
Pasillos	120	108,5	39060	150	260,4
Gambuzas	200	70,1	42060	150	280,4
Cocina	400	53	63600	150	424
Enfermería	500	33,3	49950	150	333
Salones	300	89,2	80280	150	535,2
Oficinas	400	20,7	24840	150	165,6
Comedores	300	95,5	85950	150	573
Cubierta 2º superestructura					
Paños	200	143,7	86220	150	574,8
Vestuarios y aseos	200	88,5	53100	150	354
Talleres con máquinas	600	96,1	172980	150	1153,2
Pasillos	120	108,5	39060	150	260,4
Lavandería	400	70,9	85080	150	567,2
Salas reunión	400	128,1	153720	150	1024,8
Gimnasio	400	71,5	85800	150	572
Cubierta 3º superestructura					
Paños	200	112,32	67392	150	449,28
Vestuarios y aseos	200	31,5	18900	150	126
Talleres con máquinas	600	116,7	210060	150	1400,4
Pasillos	120	159,8	57528	150	383,52
Camarotes tripulación	200	276	165600	150	1104
Cubierta 4º superestructura					
Paños	200	112,32	67392	150	449,28
Vestuarios y aseos	200	31,5	18900	150	126
Talleres con máquinas	600	116,7	210060	150	1400,4
Pasillos	120	153	55080	150	367,2
Camarotes oficiales	250	277,1	207825	150	1385,5
Puente de gobierno					
Paños	200	31,2	18720	150	124,8
Vestuarios y aseos	200	31,5	18900	150	126
Talleres con máquinas	600	149,8	269640	150	1797,6
Pasillos	120	96,9	34884	150	232,56
Puestos control y maniobra	250	269,3	201975	150	1346,5
				TOTAL	25165,76

Por tanto, teniendo en cuenta el alumbrado calculado y se añade la estimación de 8 kW para las luces de navegación y donde, resulta:

$$AlumbradoGeneral = 54.32 \text{ kW}$$

El alumbrado de emergencia iluminará de forma automática la cámara de máquinas, el puente de gobierno, pasillos de acceso y cubierta de botes. Esta iluminación se alimenta con un grupo de baterías, como ya se mencionó anteriormente.

CUADERNO 11: BALANCE ELÉCTRICO Y SELECCIÓN DE LA PLANTA GENERADORA

Marina de la Peña Herrero

A continuación, se muestra una estimación de estos consumos.

Alumbrado de emergencia					
Zona	Iluminación	Superficie	Flujo luminoso	n Led	Potencia [W]
Puente de gobierno	250	315,4	236550	150	1577
Cámara de máquinas					21152
Cubierta principal	150	103,04	46368	150	309,12
Cubierta 1º Superestructura	150	85,3	38385	150	255,9
Cubierta 2º superestructura	150	101	45450	150	303
Cubierta 3º Superestructura	150	74,44	33498	150	223,32
Cubierta 4º Superestructura	150	79,04	35568	150	237,12
				TOTAL	24057,46

$$\text{AlumbradoEmergencia} = 24.05 \text{ kW}$$

Se utilizarán a bordo lámparas LED, ya que, a diferencia de otros tipos, no se desperdicia tanta parte de la energía transformándola en calor en vez de en luz, es decir, su eficiencia es mayor.

Además de la eficiencia de estas bombillas, las lámparas LED tienen una segunda ventaja y es que su vida útil es mucho mayor que la del resto. En torno a 50000 – 100000 horas, mientras que el resto no llega a pasar las 10000 horas.

Finalmente:

16. ILUMINACIÓN										
Iluminación principal	1,0	54,5		54,5	54,5	1,0	1,0	0,9	0,9	49,1
Iluminación emergencia	1,0	24,1		24,1	24,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
TOTAL					78,6	TOTAL				49,1

CUADERNO 11: BALANCE ELÉCTRICO Y SELECCIÓN DE LA PLANTA GENERADORA

Marina de la Peña Herrero

3 BALANCE ELÉCTRICO DEL BUQUE

En el balance eléctrico del buque se plantean las necesidades energéticas para las diferentes situaciones de carga del buque. Se trata de un cálculo probabilístico en el cual se aproxima la potencia consumida por cada consumidor en cada caso, siendo esta una parte del total instalado.

Este proceso se puede llevar a cabo siguiendo los siguientes métodos:

- Estimación directa mediante formulación: Es una estimación simple del consumo durante la navegación, sirve para hacer una estimación de peso, volumen y consumo de los grupos generadores
- Estimación a partir del buque de referencia: A partir de proyectos similares se puede estimar una proporción en función de cálculos ya realizados
- Estimación clásica detallada: Se realizan los subtotales y totales de las potencias activas de cada grupo para cada situación de navegación
- Cálculo avanzado: Se realiza el cálculo de la potencia reactiva y aparente y se tiene en cuenta el factor de potencia de cada consumidor

Como resultado, se obtiene la potencia que deben suministrar los generadores a instalar para que se satisfaga la potencia absorbida necesaria en la situación más desfavorable. Los distintos resultados intermedios serán las necesidades energéticas en cada situación de carga del buque.

Las distintas condiciones de carga que se tendrán en cuenta a lo largo del documento se enumeran a continuación:

- **Navegación a plena carga**

Se realizará el balance eléctrico para el buque navegando con plena carga, con todos los sistemas operativos, a la velocidad de servicio y durante 24 horas. El combustible utilizado será HFO.

- **Navegación en condición de lastre**

Se estudia la potencia necesaria para que el buque navegue a la velocidad de servicio en condición de lastre, además, se añaden la potencia requerida por los consumidores referidos a este sistema (Bombas).

A tener en cuenta: Si los tanques de carga están vacíos, los sistemas de mantenimiento de tanques de LNG han de estar operativos.

- **Carga y descarga de LNG**

En este caso el buque no se encuentra en movimiento. Se tendrán en cuenta solo los sistemas de carga y descarga y otras necesidades, pero no los motores eléctricos dedicados a la propulsión.

- **Condición de maniobra (Atraque/desatraque)**

Para estimar la potencia que necesita el buque en esta condición se tendrá en cuenta un tiempo de atraque y desatraque de 4 horas

- **Condición de emergencia**

En esta condición se tienen en cuenta como consumidores sólo aquellos que deban funcionar en la condición de emergencia, estos son indicados en el reglamento SOLAS, Parte D, Regla 43, se muestran a continuación los mínimos requeridos para el buque proyectado:

- Durante 18 h:
 - Iluminación de emergencia
 - Luces de navegación

CUADERNO 11: BALANCE ELÉCTRICO Y SELECCIÓN DE LA PLANTA GENERADORA

Marina de la Peña Herrero

- Instalación radioeléctrica de ondas métricas
- Equipo de comunicaciones interiores
- Aparatos náuticos a bordo
- Sistema de detección de incendios y alarma
- Lámpara de señales diurnas, claxon, avisadores de acción manual y demás señales interiores
- Bombas contra incendios
- Bomba de emergencia de achique de sentinas
- Durante media hora:
 - Puertas estancas
 - Dispositivos de emergencia que impulsan ascensores

A continuación, se muestra el procedimiento a seguir para llevar a cabo el balance eléctrico de cada una de las condiciones.

En primer lugar, la potencia absorbida de cada consumidor se calcula con la siguiente expresión:

$$P_{Absorbida} = \frac{P_{\acute{u}til}}{n_e}$$

Siendo,

- La potencia útil la calculada en anteriores cuadernos
- Y el rendimiento efectivo de cada consumidor

La potencia total consumida por cada sistema se calcula a partir del número de equipos instalados y su potencia absorbida individual:

$$P_{TOTAL} = P_{Absorbida} * N^{\circ}Equipos$$

Para la estimación de la potencia consumida por cada equipo o sistema se utiliza la siguiente ecuación:

$$P_{Necesaria} = K_u * P_{TOTAL}$$

Siendo,

- “Ku” el coeficiente de utilización, del cual se indica su definición en el subapartado siguiente.
- La potencia total del sistema

3.1 Justificación de coeficientes

Para conocer la potencia demandada en cada situación de carga, se necesita conocer el coeficiente de utilización de cada sistema. Este se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$K_U = K_n * K_{sr}$$

Siendo,

- “Kn” el factor de simultaneidad en marcha. Este coeficiente es la relación entre el número de equipos que están operativos y el número de equipos totales.

$$K_n = \left(\frac{n^{\circ} \text{ equipos en servicio}}{n^{\circ} \text{ equipos instalados}} \right)$$

- “Ksr” es el coeficiente de servicio y régimen. Este coeficiente se desglosa a su vez en dos componentes:

$$K_{sr} = K_s * K_r$$

Donde,

CUADERNO 11: BALANCE ELÉCTRICO Y SELECCIÓN DE LA PLANTA GENERADORA

Marina de la Peña Herrero

- “Ks” es el coeficiente de servicio, el cual indica el número de horas al día que funciona ese equipo, por tanto:

$$K_s = \frac{n^{\circ} \text{ horas servicio}}{24}$$

- “Kr” es el coeficiente de régimen, que depende del modo en el que funcione el equipo, resulta:

$$K_r = \frac{P_{\text{Absorbida motor en servicio}}}{P_{\text{Absorbida en regimen nominal}}}$$
$$K_r = \frac{P_{\text{Absorbida}}}{P_{\text{Útil}}} * n$$

El coeficiente de servicio será igual a uno cuando un único aparato o conjunto de ellos trabajan de forma continua simultáneamente. Será menor a este valor en los siguientes casos:

- Conjunto de aparatos susceptibles de funcionar simultáneamente, de forma discontinua.
- Aparatos de funcionamiento discontinuo con servicio temporal inferior a una hora.
- Conjunto de aparatos en funcionamiento discontinuo superior a una hora, cuando se pueda prever la puesta en marcha sucesiva de los aparatos que constituyen al conjunto.

La determinación de los factores de simultaneidad y servicio se da en función de las siguientes condiciones:

- La funcionalidad del servicio, estimada por el diseñador
- La operatividad del buque
- Las costumbres de uso de la tripulación, etc.

Generalmente, los constructores se reservan un margen con el objetivo de poder hacer frente a un exceso de potencia requerida, o bien por navegar a máxima velocidad o con condiciones meteorológicas adversas. En muchos casos no se puede realizar de manera matemática debido al desconocimiento de sus variables, por lo que su valor se basará en los datos de buques de referencia.

Se utilizará los Apuntes de Sistemas Eléctricos y Electrónicos del Buque donde se establecen algunos valores recomendados para estos coeficientes.

Para el buque a proyectar, se tratará de hacer de forma matemática, estableciendo el número de horas en funcionamiento. En caso de no conocer dicho valor, se recurrirá a las recomendaciones dadas por el libro anteriormente comentado.

3.1.1 Sistemas de cámara de máquinas

Estos sistemas son el motor eléctrico para la propulsión y los sistemas auxiliares de la propulsión. A continuación, se determinan los coeficientes que se han definido con anterioridad para cada equipo.

3.1.1.1 Motor eléctrico

Se instala un motor eléctrico, tal y como se definió en el cuaderno 6, que funcionara constantemente para generar el movimiento de la hélice, por tanto:

$$K_s = \frac{n^{\circ} \text{ horas en servicio}}{24} = \frac{24}{24} = 1$$

CUADERNO 11: BALANCE ELÉCTRICO Y SELECCIÓN DE LA PLANTA GENERADORA

Marina de la Peña Herrero

El coeficiente de servicio y régimen es calculado por el software Navcad cuando se realiza la estimación de potencia propulsora necesaria. El dato que nos proporciona esta información es el porcentaje de carga en el cual trabaja.

A continuación, se calcula el coeficiente de régimen:

$$P_{\text{Instalada}} = 50000 \text{ kW}$$

$$P_{\text{Necesaria}} = 21682,2 * 1,1 = 23850,4 \text{ kW}$$

Considerando un margen de mar del 10%

Dato cogido del cuaderno 6:

SPEED [kt]	POWER DELIVERY						
	RPMPROP [RPM]	QPROP [kN·m]	QENG [kN·m]	PDPROP [kW]	PSPROP [kW]	PSTOTAL [kW]	PBTOTAL [kW]
9,20	31	875,41	128,35	2887,8	2977,1	2977,1	2977,1
10,20	34	1062,03	155,71	3867,9	3987,5	3987,5	3987,5
11,20	38	1267,17	185,79	5050,9	5207,1	5207,1	5207,1
13,20	44	1743,85	255,68	8171,4	8424,1	8424,1	8424,1
14,20	48	2025,47	296,97	10226,9	10543,2	10543,2	10543,2
15,20	51	2346,46	344,03	12736,0	13129,9	13129,9	13129,9
16,20	55	2717,56	398,44	15835,1	16324,9	16324,9	16324,9
+ 17,20 +	59	3151,79	462,11	19705,2	20314,6	20314,6	20314,6
18,20	63	3663,97	537,20	24577,6	25337,8	25337,8	25337,8
18,50	65	3835,13	562,30	26275,4	27088,0	27088,0	27088,0

$$K_u = \frac{23850,4}{50000} = 0.5$$

Por tanto, el coeficiente de régimen y servicio resulta:

$$K_{sr} = 1 * 0.5 = 0.5$$

Por tanto, está por debajo del 85% MCR prescrito en la RPA.

3.1.1.2 Sistemas auxiliares de los motores

Los sistemas auxiliares de los motores generadores tienen un coeficiente de régimen K_u entre 0.8-0.9. El número de horas de funcionamiento se estima ya que será propio de cada sistema.

3.1.2 Equipos auxiliares varios

Los equipos auxiliares del buque se definieron en el cuaderno 12, y en este cuaderno se nombraron en apartados anteriores. En este apartado se mostrarán los coeficientes para cada sistema.

Los equipos de lastre funcionaran solo en la condición tanques de carga vacíos, es decir, situación de lastre.

Los equipos de amarre solo funcionaran cuando el buque se encuentre en situación de maniobras, carga y descarga o amarre y desamarre.

Los equipos contraincendios solo funcionaran durante las situaciones de emergencia.

Los sistemas propios de la carga del buque se dividen en dos grupos: Mantenimiento y carga/descarga. Los equipos de mantenimiento de carga funcionan durante toda la operación del buque, mientras que los equipos de carga y descarga solo funcionan en la situación pertinente de C/D.

Los coeficientes de régimen de estos sistemas varían entre 0.7 y 0.9, dependiendo del sistema.

CUADERNO 11: BALANCE ELÉCTRICO Y SELECCIÓN DE LA PLANTA GENERADORA

Marina de la Peña Herrero

3.1.3 Iluminación

Se calculará siguiendo el reglamento SOLAS, el cálculo se mostrará en apartados siguientes.

CUADERNO 11: BALANCE ELÉCTRICO Y SELECCIÓN DE LA PLANTA GENERADORA

Marina de la Peña Herrero

3.2 Balance eléctrico 1: Condición de navegación en plena carga

En la situación de navegación normal en plena se encontrarán en funcionamiento los siguientes sistemas:

- Motores eléctricos trabajando a su régimen normal para proporcionar a la hélice la energía mecánica necesaria para alcanzar la velocidad de servicio.
- Equipos auxiliares de los motores generadores, ya que éstos se encontrarán operativos. Equipos de lubricación, combustible, refrigeración, etcétera.
- Equipos de mantenimiento de la carga
- Servicio de sentinas
- Servo
- Servicios referidos a la habitabilidad del buque: Agua sanitaria, ventilación, aire acondicionado, equipos de fonda y hotel
- Equipos de navegación y comunicación

A continuación, se muestra una tabla con los consumidores, potencias, coeficientes y el resultado final del balance eléctrico para esta condición.

SISTEMA	Características						Condición 1: Navegación plena carga				
	Nº Instalados	Potencia [kW]	P.Unitaria[kW]			P.Total N x P.Abs	Nº func.	Coeficientes			Pot. Necesaria Ku*Ptot
			Util	ne	Abs.			Kn	Ksr	Ku	
1. SERVICIO PROPULSION											
Motor eléctrico (ABB AMZ 1600)	1,0		50000,0	1,0	52083,3	52083,3	1,0	1,0	0,5	0,5	26041,7
TOTAL						52083,3	TOTAL			26041,7	
2. SISTEMA DE REFRIGERACIÓN											
Bomba agua salada	2,0	138,2	150,0	1,0	157,9	315,8	2,0	1,0	0,9	0,7	213,2
Bomba agua dulce (Baja temp)	4,0	32,4	37,0	0,9	39,8	159,1	3,0	0,8	0,9	0,6	101,5
Bomba agua dulce (Alta temp)	4,0	32,4	37,0	0,9	39,8	159,1	3,0	0,8	0,9	0,6	101,5
Calentador HT	1,0	108,5				108,5	1,0	0,8	0,9	0,6	65,1
TOTAL						742,6	TOTAL			481,2	
3. SERVICIO DE LUBRICACIÓN											
Bomba lubricación	4,0	11,4	15,0	0,9	16,5	65,9	2,0	0,5	0,9	0,4	28,0

CUADERNO 11: BALANCE ELÉCTRICO Y SELECCIÓN DE LA PLANTA GENERADORA

Marina de la Peña Herrero

Bomba prelubricación	1,0	34,3	37,0	0,9	39,8	39,8	1,0	1,0	0,9	0,9	33,8
Separadora de aceite	1,0	2,1	2,1		2,1	2,1	1,0	1,0	0,9	0,9	1,8
TOTAL						107,8	TOTAL				63,6
4. SERVICIO DE AIRE											
Compresores	12,0	2,8	3,0	0,9	3,4	41,1	6,0	0,5	0,9	0,4	17,5
TOTAL						41,1	TOTAL				17,5
5. SERVICIO DE COMBUSTIBLE											
Bomba de trasiego HFO	3,0	9,5	11,0	0,9	12,1	36,3	2,0	0,5	0,8	0,4	13,6
Bomba suministro	2,0	0,9	1,1	0,8	1,3	2,6	1,0	0,5	0,9	0,4	1,1
Bomba alimentacion purificadora HFO	1,0	2,0	3,0	0,9	3,4	3,4	1,0	0,5	0,5	0,3	0,9
Unidad booster: calentador booster	1,0	75,0	75,0		75,0	75,0	1,0	1,0	0,9	0,9	63,8
Unidad booster: Bomba HFO	1,0	3,2	3,7	0,9	4,2	4,2	1,0	1,0	0,8	0,9	3,6
Calentamiento HFO	2,0	300,0	300,0		300,0	600,0	1,0	1,0	0,9	0,9	510,0
Bomba trasiego lodos	2,0	14,7	15,0	0,9	16,7	33,4	1,0	0,5	0,5	0,3	8,4
TOTAL						754,9	TOTAL				601,3
6. SERVICIO DE SENTINAS											
Bomba sentinas	2,0	80,0	90,0	0,9	95,2	190,5	1,0	0,5	0,8	0,4	76,2
Separador sentinas	1,0	2,0				2,0	1,0	1,0	0,5	0,5	1,0
TOTAL						192,5	TOTAL				77,2
7. SERVICIO DE LASTRE											
Bomba lastre	3,0	286,1	315,0	0,9	350,0	1050,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
TOTAL						1050,0	TOTAL				0,0
8. SERVICIO CONTRAINCENDIOS											
Bomba CI	2,0	129,5	132,0	1,0	138,9	277,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Bomba CI emergencia	1,0	103,6	110,0	1,0	115,8	115,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
TOTAL						393,7	TOTAL				0,0
9. SERVICIO AGUA SANITARIA											
Bombas suministro	2,0	38,0	45,0	0,9	48,1	96,2	2,0	1,0	0,9	0,9	86,5
Bombas circulación	2,0	1,0	1,1	0,8	1,3	2,6	2,0	1,0	0,9	0,9	2,4

CUADERNO 11: BALANCE ELÉCTRICO Y SELECCIÓN DE LA PLANTA GENERADORA

Marina de la Peña Herrero

Calentador	1,0	25,0			25,0	1,0	1,0	0,7	0,7	16,9
Generador Agua dulce	1,0	2,0			2,0	1,0	1,0	0,5	0,5	0,9
Planta TAR	1,0	3,3			3,3	1,0	1,0	0,5	0,5	1,5
TOTAL					129,1	TOTAL				108,2
10. AIRE ACONDICIONADO										
Compresores	1,0	75,0		75,0	75,0	1,0	1,0	0,8	0,8	60,0
TOTAL					75,0	TOTAL				60,0
11. VENTILACIÓN										
Ventilacion habilitación	19,0	11,0			209,0	1,0	1,0	0,7	0,7	141,1
Ventilacion cámara máquinas	1,0	448,6			448,6	1,0	1,0	0,7	0,7	302,8
TOTAL					657,6	TOTAL				443,9
12. SERVO										
Servo principal	1,0	470,7			470,7	1,0	1,0	0,5	0,5	211,8
Servo auxiliar	1,0	81,9			81,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
TOTAL					552,6	TOTAL				211,8
13. EQUIPOS AMARRE Y FONDEO										
Chigres amarre	6,0	136,7			819,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Molinetes	1,0	528,0			528,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
TOTAL					1347,9	TOTAL				0,0
14. FONDA Y HOTEL										
Cocina eléctrica	1,0	15,0			15,0	1,0	1,0	0,2	0,2	3,5
Horno	1,0	5,0			5,0	1,0	1,0	0,2	0,2	1,2
Parrilla	1,0	2,0			2,0	1,0	1,0	0,2	0,2	0,3
Lavavajillas	1,0	4,0			4,0	1,0	1,0	0,2	0,2	0,9
Microondas	2,0	4,0			8,0	2,0	1,0	0,2	0,2	1,2
Cafetera	2,0	3,0			6,0	2,0	1,0	0,2	0,2	0,9
Frigorífico	2,0	1,0			2,0	1,0	0,5	0,9	0,5	0,9
Trituradora de basuras	1,0	1,0			1,0	1,0	1,0	0,2	0,2	0,2
Compresores gambuzas	2,0	15,0			30,0	1,0	0,5	0,7	0,3	10,2

CUADERNO 11: BALANCE ELÉCTRICO Y SELECCIÓN DE LA PLANTA GENERADORA

Marina de la Peña Herrero

Lavadoras	2,0	2,0				4,0	2,0	1,0	0,2	0,2	0,9
Secadoras	1,0	3,0				3,0	1,0	1,0	0,2	0,2	0,7
Ascensor	1,0	10,0				10,0	1,0	1,0	0,2	0,2	2,3
Plancha	2,0	5,0				10,0	2,0	1,0	0,2	0,2	1,5
TOTAL						100,0	TOTAL				24,6
15. NAVEGACIÓN, COMUNICACIONES, ETC											
Radio	1,0	5,0				5,0	1,0	1,0	0,8	0,8	4,0
Navegación	1,0	12,0				12,0	1,0	1,0	0,8	0,8	9,6
Comunicación interior	1,0	5,0				5,0	1,0	1,0	0,8	0,8	4,0
Comunicación exterior	1,0	5,0				5,0	1,0	1,0	0,8	0,8	4,0
TOTAL						27,0	TOTAL				21,6
16. ILUMINACIÓN											
Iluminación principal	1,0	54,5			54,5	54,5	1,0	1,0	0,9	0,9	49,1
Iluminación emergencia	1,0	24,1			24,1	24,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
TOTAL						78,6	TOTAL				49,1
17. EQUIPOS PROPIOS											
Vaporizador	1,0	200,0				200,0	1,0	1,0	0,8	0,8	160,0
Vaporizador forzado	1,0	500,0				500,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Compresor HD	2,0	1020,0				2040,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Compresor LD	2,0	600,0				1200,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Calentador boil-off	2,0	400,0			400,0	800,0	1,0	0,6	0,6	0,4	320,0
Bomba nitrógeno	2,0	0,1	0,8	0,8	1,0	1,9	1,0	0,5	0,9	0,4	0,8
Bomba aspiración gas	2,0	100,0	110,0	1,0	115,8	231,6	1,0	0,5	0,5	0,3	57,9
Bomba spray	4,0	16,0	18,5	0,9	20,6	82,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Bomba vapor	2,0	0,4	0,8	0,8	1,0	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Bomba C/D	8,0	248,0	250,0	1,0	262,1	2096,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
TOTAL						7154,0	TOTAL				538,7
						65487,7					28740,1

CUADERNO 11: BALANCE ELÉCTRICO Y SELECCIÓN DE LA PLANTA GENERADORA

Marina de la Peña Herrero

3.3 Balance eléctrico 2: Condición de navegación en lastre

En la situación de navegación en lastre se encuentran en funcionamiento los siguientes sistemas:

- Motores eléctricos a su régimen normal que proporcionan a la hélice la energía mecánica necesaria para alcanzar la velocidad de servicio.
- Equipos auxiliares de los motores generadores. Equipos de lubricación, agua de refrigeración, combustible, etc
- Servicio de sentinas
- Servo
- Servicio de lastre
- Servicios referidos a la habitabilidad del buque: Agua sanitaria, ventilación, aire acondicionado, equipos de fonda y hotel
- Equipos de navegación y comunicación.

A continuación, se muestra una tabla con los consumidores, potencias, coeficientes y el resultado final del balance eléctrico para esta condición.

SISTEMA	Características						Condición 1: Navegación plena carga				
	Nº Instalados	Potencia [kW]	P.Unitaria[kW]			P.Total	Nº func.	Coeficientes			Pot. Necesaria
			Util	ne	Abs.	N x P.Abs		Kn	Ksr	Ku	Ku*Ptot
1. SERVICIO PROPULSION											
Motor eléctrico (ABB AMZ 1600)	1,0		50000,0	1,0	52083,3	52083,3	1,0	1,0	0,5	0,5	26041,7
TOTAL						52083,3	TOTAL			26041,7	
2. SISTEMA DE REFRIGERACIÓN											
Bomba agua salada	2,0	138,2	150,0	1,0	157,9	315,8	2,0	1,0	0,9	0,7	213,2
Bomba agua dulce (Baja temp)	4,0	32,4	37,0	0,9	39,8	159,1	3,0	0,8	0,9	0,6	101,5
Bomba agua dulce (Alta temp)	4,0	32,4	37,0	0,9	39,8	159,1	3,0	0,8	0,9	0,6	101,5
Calentador HT	1,0	108,5				108,5	1,0	0,8	0,9	0,6	65,1
TOTAL						742,6	TOTAL			481,2	
3. SERVICIO DE LUBRICACIÓN											
Bomba lubricación	4,0	11,4	15,0	0,9	16,5	65,9	2,0	0,5	0,9	0,4	28,0
Bomba prelubricación	1,0	34,3	37,0	0,9	39,8	39,8	1,0	1,0	0,9	0,9	33,8
Separadora de aceite	1,0	2,1	2,1		2,1	2,1	1,0	1,0	0,9	0,9	1,8

CUADERNO 11: BALANCE ELÉCTRICO Y SELECCIÓN DE LA PLANTA GENERADORA

Marina de la Peña Herrero

TOTAL						107,8	TOTAL				63,6
4.SERVICIO DE AIRE											
Compresores	12,0	2,8	3,0	0,9	3,4	41,1	6,0	0,5	0,9	0,4	17,5
TOTAL						41,1	TOTAL				17,5
5. SERVICIO DE COMBUSTIBLE											
Bomba de trasiego HFO	3,0	9,5	11,0	0,9	12,1	36,3	2,0	0,5	0,8	0,4	13,6
Bomba suministro	2,0	0,9	1,1	0,8	1,3	2,6	1,0	0,5	0,9	0,4	1,1
Bomba alimentacion purificadoraHFO	1,0	2,0	3,0	0,9	3,4	3,4	1,0	0,5	0,5	0,3	0,9
Unidad booster: calentador booster	1,0	75,0	75,0		75,0	75,0	1,0	1,0	0,9	0,9	63,8
Unidad booster: Bomba HFO	1,0	3,2	3,7	0,9	4,2	4,2	1,0	1,0	0,8	0,9	3,6
Calentamiento HFO	2,0	300,0	300,0		300,0	600,0	1,0	1,0	0,9	0,9	510,0
Bomba trasiego lodos	2,0	14,7	15,0	0,9	16,7	33,4	1,0	0,5	0,5	0,3	8,4
TOTAL						754,9	TOTAL				601,3
6. SERVICIO DE SENTINAS											
Bomba sentinas	2,0	80,0	90,0	0,9	95,2	190,5	1,0	0,5	0,8	0,4	76,2
Separador sentinas	1,0	2,0				2,0	1,0	1,0	0,5	0,5	1,0
TOTAL						192,5	TOTAL				77,2
7. SERVICIO DE LASTRE											
Bomba lastre	3,0	286,1	315,0	0,9	350,0	1050,0	2,0	0,7	0,6	0,4	441,0
TOTAL						1050,0	TOTAL				441,0
8. SERVICIO CONTRAINCENDIOS											
Bomba CI	2,0	129,5	132,0	1,0	138,9	277,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Bomba CI emergencia	1,0	103,6	110,0	1,0	115,8	115,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
TOTAL						393,7	TOTAL				0,0
9. SERVICIO AGUA SANITARIA											
Bombas suministro	2,0	38,0	45,0	0,9	48,1	96,2	2,0	1,0	0,9	0,9	86,5
Bombas circulación	2,0	1,0	1,1	0,8	1,3	2,6	2,0	1,0	0,9	0,9	2,4
Calentador	1,0	25,0				25,0	1,0	1,0	0,7	0,7	16,9
Generador Agua dulce	1,0	2,0				2,0	1,0	1,0	0,5	0,5	0,9

CUADERNO 11: BALANCE ELÉCTRICO Y SELECCIÓN DE LA PLANTA GENERADORA

Marina de la Peña Herrero

Planta TAR	1,0	3,3				3,3	1,0	1,0	0,5	0,5	1,5
TOTAL						129,1	TOTAL				108,2
10. AIRE ACONDICIONADO											
Compresores	1,0	75,0			75,0	75,0	1,0	1,0	0,8	0,8	60,0
TOTAL						75,0	TOTAL				60,0
11. VENTILACIÓN											
Ventilacion habilitación	19,0	11,0				209,0	1,0	1,0	0,7	0,7	141,1
Ventilacion cámara máquinas	1,0	448,6				448,6	1,0	1,0	0,7	0,7	302,8
TOTAL						657,6	TOTAL				443,9
12. SERVO											
Servo principal	1,0	470,7				470,7	1,0	1,0	0,5	0,5	211,8
Servo auxiliar	1,0	81,9				81,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
TOTAL						552,6	TOTAL				211,8
13. EQUIPOS AMARRE Y FONDEO											
Chigres amarre	6,0	136,7				819,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Molinetes	1,0	528,0				528,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
TOTAL						1347,9	TOTAL				0,0
14. FONDA Y HOTEL											
Cocina eléctrica	1,0	15,0				15,0	1,0	1,0	0,2	0,2	3,5
Horno	1,0	5,0				5,0	1,0	1,0	0,2	0,2	1,2
Parrilla	1,0	2,0				2,0	1,0	1,0	0,2	0,2	0,3
Lavavajillas	1,0	4,0				4,0	1,0	1,0	0,2	0,2	0,9
Microondas	2,0	4,0				8,0	2,0	1,0	0,2	0,2	1,2
Cafetera	2,0	3,0				6,0	2,0	1,0	0,2	0,2	0,9
Frigorífico	2,0	1,0				2,0	1,0	0,5	0,9	0,5	0,9
Trituradora de basuras	1,0	1,0				1,0	1,0	1,0	0,2	0,2	0,2
Compresores gambuzas	2,0	15,0				30,0	1,0	0,5	0,7	0,3	10,2
Lavadoras	2,0	2,0				4,0	2,0	1,0	0,2	0,2	0,9
Secadoras	1,0	3,0				3,0	1,0	1,0	0,2	0,2	0,7

CUADERNO 11: BALANCE ELÉCTRICO Y SELECCIÓN DE LA PLANTA GENERADORA

Marina de la Peña Herrero

Ascensor	1,0	10,0				10,0	1,0	1,0	0,2	0,2	2,3
Plancha	2,0	5,0				10,0	2,0	1,0	0,2	0,2	1,5
TOTAL						100,0	TOTAL				24,6
15. NAVEGACIÓN, COMUNICACIONES, ETC											
Radio	1,0	5,0				5,0	1,0	1,0	0,8	0,8	4,0
Navegación	1,0	12,0				12,0	1,0	1,0	0,8	0,8	9,6
Comunicación interior	1,0	5,0				5,0	1,0	1,0	0,8	0,8	4,0
Comunicación exterior	1,0	5,0				5,0	1,0	1,0	0,8	0,8	4,0
TOTAL						27,0	TOTAL				21,6
16. ILUMINACIÓN											
Iluminación principal	1,0	54,5			54,5	54,5	1,0	1,0	0,9	0,9	49,1
Iluminación emergencia	1,0	24,1			24,1	24,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
TOTAL						78,6	TOTAL				49,1
17. EQUIPOS PROPIOS											
Vaporizador	1,0	200,0				200,0	1,0	1,0	0,8	0,8	160,0
Vaporizador forzado	1,0	500,0				500,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Compresor HD	2,0	1020,0				2040,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Compresor LD	2,0	600,0				1200,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Calentador boil-off	2,0	400,0			400,0	800,0	1,0	0,5	0,5	0,3	200,0
Bomba nitrógeno	2,0	0,1	0,8	0,8	1,0	1,9	1,0	0,5	0,9	0,4	0,8
Bomba aspiración gas	2,0	100,0	110,0	1,0	115,8	231,6	1,0	0,5	0,5	0,3	57,9
Bomba spray	4,0	16,0	18,5	0,9	20,6	82,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Bomba vapor	2,0	0,4	0,8	0,8	1,0	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Bomba C/D	8,0	248,0	250,0	1,0	262,1	2096,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
TOTAL						7154,0	TOTAL				0,0
						65487,7					28642,4

CUADERNO 11: BALANCE ELÉCTRICO Y SELECCIÓN DE LA PLANTA GENERADORA

Marina de la Peña Herrero

3.4 Balance eléctrico 3: Condición de carga/descarga del LNG

En la situación de carga y descarga del gas natural se encuentran en funcionamiento los siguientes sistemas:

- Equipos auxiliares de los motores generadores. Porque, aunque el buque no se encuentre en movimiento, los motores generadores están operativos para alimentar otros consumidores. Equipos de lubricación, agua de refrigeración, combustible, etc
- Servicio de sentinas
- Servo
- Servicio de lastre: Durante la carga y descarga del LNG, el buque puede escorar o trimar, y por supuesto, reduciría el calado si no fuera por el agua de lastre, por tanto, el servicio de lastre tiene que estar preparado.
- Equipos de carga y descarga del buque
- Equipos de mantenimiento de la carga
- Servicios referidos a la habitabilidad del buque: Agua sanitaria, ventilación, aire acondicionado, equipos de fonda y hotel
- Equipos de navegación y comunicación.

A continuación, se muestra una tabla con los consumidores, potencias, coeficientes y el resultado final del balance eléctrico para esta condición.

SISTEMA	Características						Condición 3: Carga y descarga					
	Nº Instalados	Potencia [kW]	P.Unitaria[kW]			P.Total	Nº func.	Coeficientes			Pot. Necesaria	
			Util	ne	Abs.	N x P.Abs		Kn	Ksr	Ku	Ku*Ptot	
1. SERVICIO PROPULSION												
Motor eléctrico (ABB AMZ 1600)	1,0		50000,0	1,0	52083,3	52083,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
TOTAL						52083,3	TOTAL			0,0		
2. SISTEMA DE REFRIGERACIÓN												
Bomba agua salada	2,0	138,2	150,0	1,0	157,9	315,8	2,0	1,0	0,3	0,3	94,7	
Bomba agua dulce (Baja temp)	4,0	32,4	37,0	0,9	39,8	159,1	3,0	0,8	0,3	0,2	35,8	
Bomba agua dulce (Alta temp)	4,0	32,4	37,0	0,9	39,8	159,1	3,0	0,8	0,3	0,2	35,8	
Calentador HT	1,0	108,5				108,5	1,0	0,8	0,9	0,6	65,1	
TOTAL						742,6	TOTAL			231,4		
3. SERVICIO DE LUBRICACIÓN												
Bomba lubricación	4,0	11,4	15,0	0,9	16,5	65,9	2,0	0,5	0,3	0,2	9,9	
Bomba prelubricación	1,0	34,3	37,0	0,9	39,8	39,8	1,0	1,0	0,3	0,3	11,9	

CUADERNO 11: BALANCE ELÉCTRICO Y SELECCIÓN DE LA PLANTA GENERADORA

Marina de la Peña Herrero

Separadora de aceite	1,0	2,1	2,1		2,1	2,1	1,0	1,0	0,3	0,3	0,6
TOTAL						107,8	TOTAL				22,4
4.SERVICIO DE AIRE											
Compresores	12,0	2,8	3,0	0,9	3,4	41,1	6,0	0,5	0,3	0,2	6,2
TOTAL						41,1	TOTAL				6,2
5. SERVICIO DE COMBUSTIBLE											
Bomba de trasiego HFO	3,0	9,5	11,0	0,9	12,1	36,3	2,0	0,5	0,3	0,2	5,4
Bomba suministro	2,0	0,9	1,1	0,8	1,3	2,6	1,0	0,5	0,3	0,2	0,4
Bomba alimentacion purificadoraHFO	1,0	2,0	3,0	0,9	3,4	3,4	1,0	0,5	0,3	0,3	0,9
Unidad booster: calentador booster	1,0	75,0	75,0		75,0	75,0	1,0	1,0	0,3	0,3	22,5
Unidad booster: Bomba HFO	1,0	3,2	3,7	0,9	4,2	4,2	1,0	1,0	0,3	0,3	1,3
Calentamiento HFO	2,0	300,0	300,0		300,0	600,0	1,0	1,0	0,3	0,3	180,0
Bomba trasiego lodos	2,0	14,7	15,0	0,9	16,7	33,4	1,0	0,5	0,3	0,2	5,0
TOTAL						754,9	TOTAL				215,5
6. SERVICIO DE SENTINAS											
Bomba sentinas	2,0	80,0	90,0	0,9	95,2	190,5	1,0	0,5	0,8	0,4	76,2
Separador sentinas	1,0	2,0				2,0	1,0	1,0	0,5	0,5	1,0
TOTAL						192,5	TOTAL				77,2
7. SERVICIO DE LASTRE											
Bomba lastre	3,0	286,1	315,0	0,9	350,0	1050,0	2,0	0,7	0,7	0,5	490,0
TOTAL						1050,0	TOTAL				490,0
8. SERVICIO CONTRAINCENDIOS											
Bomba CI	2,0	129,5	132,0	1,0	138,9	277,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Bomba CI emergencia	1,0	103,6	110,0	1,0	115,8	115,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
TOTAL						393,7	TOTAL				0,0
9. SERVICIO AGUA SANITARIA											
Bombas suministro	2,0	38,0	45,0	0,9	48,1	96,2	2,0	1,0	0,9	0,9	86,5
Bombas circulación	2,0	1,0	1,1	0,8	1,3	2,6	2,0	1,0	0,9	0,9	2,4
Calentador	1,0	25,0				25,0	1,0	1,0	0,7	0,7	16,9

CUADERNO 11: BALANCE ELÉCTRICO Y SELECCIÓN DE LA PLANTA GENERADORA

Marina de la Peña Herrero

Generador Agua dulce	1,0	2,0				2,0	1,0	1,0	0,5	0,5	0,9
Planta TAR	1,0	3,3				3,3	1,0	1,0	0,5	0,5	1,5
TOTAL						129,1	TOTAL				108,2
10. AIRE ACONDICIONADO											
Compresores	1,0	75,0			75,0	75,0	1,0	1,0	0,8	0,8	60,0
TOTAL						75,0	TOTAL				60,0
11. VENTILACIÓN											
Ventilacion habilitación	19,0	11,0				209,0	1,0	1,0	0,7	0,7	141,1
Ventilacion cámara máquinas	1,0	448,6				448,6	1,0	1,0	0,4	0,4	179,4
TOTAL						657,6	TOTAL				320,5
12. SERVO											
Servo principal	1,0	470,7				470,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Servo auxiliar	1,0	81,9				81,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
TOTAL						552,6	TOTAL				0,0
13. EQUIPOS AMARRE Y FONDEO											
Chigres amarre	6,0	136,7				819,9	3,0	0,5	0,5	0,3	205,0
Molinetes	1,0	528,0				528,0	1,0	1,0	0,3	0,3	132,0
TOTAL						1347,9	TOTAL				337,0
14. FONDA Y HOTEL											
Cocina eléctrica	1,0	15,0				15,0	1,0	1,0	0,2	0,2	3,5
Horno	1,0	5,0				5,0	1,0	1,0	0,2	0,2	1,2
Parrilla	1,0	2,0				2,0	1,0	1,0	0,2	0,2	0,3
Lavavajillas	1,0	4,0				4,0	1,0	1,0	0,2	0,2	0,9
Microondas	2,0	4,0				8,0	2,0	1,0	0,2	0,2	1,2
Cafetera	2,0	3,0				6,0	2,0	1,0	0,2	0,2	0,9
Frigorífico	2,0	1,0				2,0	1,0	0,5	0,9	0,5	0,9
Trituradora de basuras	1,0	1,0				1,0	1,0	1,0	0,2	0,2	0,2
Compresores gambuzas	2,0	15,0				30,0	1,0	0,5	0,7	0,3	10,2
Lavadoras	2,0	2,0				4,0	2,0	1,0	0,2	0,2	0,9

CUADERNO 11: BALANCE ELÉCTRICO Y SELECCIÓN DE LA PLANTA GENERADORA

Marina de la Peña Herrero

Secadoras	1,0	3,0				3,0	1,0	1,0	0,2	0,2	0,7
Ascensor y montacarga	1,0	10,0				10,0	1,0	1,0	0,2	0,2	2,3
Plancha	2,0	5,0				10,0	2,0	1,0	0,2	0,2	1,5
TOTAL						100,0	TOTAL				24,6
15. NAVEGACIÓN, COMUNICACIONES, ETC											
Radio	1,0	5,0				5,0	1,0	1,0	0,8	0,8	4,0
Navegación	1,0	12,0				12,0	1,0	1,0	0,8	0,8	9,6
Comunicación interior	1,0	5,0				5,0	1,0	1,0	0,8	0,8	4,0
Comunicación exterior	1,0	5,0				5,0	1,0	1,0	0,8	0,8	4,0
TOTAL						27,0	TOTAL				21,6
16. ILUMINACIÓN											
Iluminación principal	1,0	54,5			54,5	54,5	1,0	1,0	0,9	0,9	49,1
Iluminación emergencia	1,0	24,1			24,1	24,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
TOTAL						78,6	TOTAL				49,1
17. EQUIPOS PROPIOS											
Vaporizador	1,0	200,0				200,0	1,0	1,0	0,5	0,5	100,0
Vaporizador forzado	1,0	500,0				500,0	1,0	1,0	0,5	0,5	250,0
Compresor HD	2,0	1020,0				2040,0	1,0	0,5	0,5	0,3	510,0
Compresor LD	2,0	600,0				1200,0	1,0	0,5	0,5	0,3	300,0
Calentador boil-off	2,0	400,0			400,0	800,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Bomba nitrógeno	2,0	0,1	0,8	0,8	1,0	1,9	1,0	0,5	0,5	0,3	0,5
Bomba aspiración gas	2,0	100,0	110,0	1,0	115,8	231,6	1,0	0,5	0,5	0,3	57,9
Bomba spray	4,0	16,0	18,5	0,9	20,6	82,2	2,0	0,5	0,5	0,3	20,6
Bomba vapor	2,0	0,4	0,8	0,8	1,0	1,9	1,0	0,5	0,5	0,3	0,5
Bomba C/D	8,0	248,0	250,0	1,0	262,1	2096,4	8,0	1,0	0,8	0,8	1677,1
TOTAL						7154,0	TOTAL				2916,5
						65487,7					4880,1

CUADERNO 11: BALANCE ELÉCTRICO Y SELECCIÓN DE LA PLANTA GENERADORA

Marina de la Peña Herrero

3.5 Balance eléctrico 4: Condición de maniobra

En la situación de maniobra del buque se encontrarán en funcionamiento los siguientes sistemas:

- Motores eléctricos se encuentran en funcionamiento ya que el buque está en movimiento, pero operaran en un régimen menor ya que no se realizan estas maniobras a elevada velocidad.
- Sistemas auxiliares de los motores generadores están también en funcionamiento, pero de igual forma que los motores eléctricos, funcionarán a un régimen menor que en la situación normal.
- Equipos de amarre y fondeo
- Servicio de sentinas
- Servicios referidos a la habitabilidad del buque: Agua sanitaria, ventilación, aire acondicionado, equipos de fonda y hotel
- Equipos de mantenimiento de LNG, ya que el buque suele llegar a puerto a plena carga, por tanto, estas maniobras se realizan en esa situación.
- Equipos de navegación

La situación de maniobra se deberá mantener aproximadamente 4 horas. A continuación, se muestra una tabla con los consumidores, potencias, coeficientes y el resultado final del balance eléctrico para esta condición.

SISTEMA	Características						Condición 4: Maniobra (Atrque/desatraque)					
	Nº Instalados	Potencia [kW]	P.Unitaria[kW]			P.Total	Nº func.	Coeficientes			Pot. Necesaria	
			Util	ne	Abs.	N x P.Abs		Kn	Ksr	Ku	Ku*Ptot	
1. SERVICIO PROPULSION												
Motor eléctrico (ABB AMZ 1600)	1,0		50000,0	1,0	52083,3	52083,3	1,0	1,0	0,1	0,1	5208,3	
TOTAL						52083,3	TOTAL			5208,3		
2. SISTEMA DE REFRIGERACIÓN												
Bomba agua salada	2,0	138,2	150,0	1,0	157,9	315,8	2,0	1,0	0,3	0,7	213,2	
Bomba agua dulce (Baja temp)	4,0	32,4	37,0	0,9	39,8	159,1	3,0	0,8	0,3	0,2	35,8	
Bomba agua dulce (Alta temp)	4,0	32,4	37,0	0,9	39,8	159,1	3,0	0,8	0,3	0,2	35,8	
Calentador HT	1,0	108,5				108,5	1,0	0,8	0,9	0,6	65,1	
TOTAL						742,6	TOTAL			349,9		
3. SERVICIO DE LUBRICACIÓN												
Bomba lubricación	4,0	11,4	15,0	0,9	16,5	65,9	2,0	0,5	0,3	0,2	9,9	
Bomba prelubricación	1,0	34,3	37,0	0,9	39,8	39,8	1,0	1,0	0,3	0,3	11,9	

CUADERNO 11: BALANCE ELÉCTRICO Y SELECCIÓN DE LA PLANTA GENERADORA

Marina de la Peña Herrero

Separadora de aceite	1,0	2,1	2,1		2,1	2,1	1,0	1,0	0,3	0,3	0,6
TOTAL						107,8	TOTAL				22,4
4. SERVICIO DE AIRE											
Compresores	12,0	2,8	3,0	0,9	3,4	41,1	6,0	0,5	0,3	0,2	6,2
TOTAL						41,1	TOTAL				6,2
5. SERVICIO DE COMBUSTIBLE											
Bomba de trasiego HFO	3,0	9,5	11,0	0,9	12,1	36,3	2,0	0,5	0,3	0,2	5,4
Bomba suministro	2,0	0,9	1,1	0,8	1,3	2,6	1,0	0,5	0,3	0,2	0,4
Bomba alimentacion purificadora HFO	1,0	2,8	3,0	0,9	3,4	3,4	1,0	0,5	0,3	0,2	0,5
Unidad booster: calentador booster	1,0	75,0				75,0	1,0	1,0	0,3	0,3	22,5
Unidad booster: Bomba HFO	1,0	3,5	3,7	0,9	4,2	4,2	1,0	1,0	0,3	0,3	1,3
Calentamiento HFO	1,0	3,0	3,0		3,0	600,0	1,0	1,0	0,3	0,3	180,0
Bomba trasiego lodos	2,0	1,3	1,5	0,8	1,8	3,6	1,0	0,5	0,3	0,2	0,5
TOTAL						725,1	TOTAL				210,7
6. SERVICIO DE SENTINAS											
Bomba sentinas	2,0	80,0	90,0	0,9	95,2	190,5	1,0	0,5	0,8	0,4	76,2
Separador sentinas	1,0	2,0				2,0	1,0	1,0	0,5	0,5	1,0
TOTAL						192,5	TOTAL				77,2
7. SERVICIO DE LASTRE											
Bomba lastre	3,0	286,1	315,0	0,9	350,0	1050,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
TOTAL						1050,0	TOTAL				0,0
8. SERVICIO CONTRAINCENDIOS											
Bomba CI	2,0	129,5	132,0	1,0	138,9	277,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Bomba CI emergencia	1,0	103,6	110,0	1,0	115,8	115,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
TOTAL						393,7	TOTAL				0,0
9. SERVICIO AGUA SANITARIA											
Bombas suministro	2,0	38,0	45,0	0,9	48,1	96,2	2,0	1,0	0,9	0,9	86,5
Bombas circulación	2,0	1,0	1,1	0,8	1,3	2,6	2,0	1,0	0,9	0,9	2,4
Calentador	1,0	25,0				25,0	1,0	1,0	0,7	0,7	16,9

CUADERNO 11: BALANCE ELÉCTRICO Y SELECCIÓN DE LA PLANTA GENERADORA

Marina de la Peña Herrero

Generador Agua dulce	1,0	2,0				2,0	1,0	1,0	0,5	0,5	0,9
Planta TAR	1,0	3,3				3,3	1,0	1,0	0,5	0,5	1,5
TOTAL						129,1	TOTAL				108,2
10. AIRE ACONDICIONADO											
Compresores	1,0	75,0			75,0	75,0	1,0	1,0	0,8	0,8	60,0
TOTAL						75,0	TOTAL				60,0
11. VENTILACIÓN											
Ventilacion habilitación	19,0	11,0				209,0	1,0	1,0	0,7	0,7	141,1
Ventilacion cámara máquinas	1,0	448,6				448,6	1,0	1,0	0,3	0,3	134,6
TOTAL						657,6	TOTAL				275,7
12. SERVO											
Servo principal	1,0	470,7				470,7	1,0	1,0	0,4	0,4	188,3
Servo auxiliar	1,0	81,9				81,9	1,0	0,5	0,5	0,5	41,0
TOTAL						552,6	TOTAL				229,2
13. EQUIPOS AMARRE Y FONDEO											
Chigres amarre	6,0	136,7				819,9	3,0	0,5	0,5	0,3	205,0
Molinetes	1,0	528,0				528,0	1,0	1,0	0,3	0,3	132,0
TOTAL						1347,9	TOTAL				337,0
14. FONDA Y HOTEL											
Cocina eléctrica	1,0	15,0				15,0	1,0	1,0	0,2	0,2	3,5
Horno	1,0	5,0				5,0	1,0	1,0	0,2	0,2	1,2
Parrilla	1,0	2,0				2,0	1,0	1,0	0,2	0,2	0,3
Lavavajillas	1,0	4,0				4,0	1,0	1,0	0,2	0,2	0,9
Microondas	2,0	4,0				8,0	2,0	1,0	0,2	0,2	1,2
Cafetera	2,0	3,0				6,0	2,0	1,0	0,2	0,2	0,9
Frigorífico	2,0	1,0				2,0	1,0	0,5	0,9	0,5	0,9
Trituradora de basuras	1,0	1,0				1,0	1,0	1,0	0,2	0,2	0,2
Compresores gambuzas	2,0	15,0				30,0	1,0	0,5	0,7	0,3	10,2
Lavadoras	2,0	2,0				4,0	2,0	1,0	0,2	0,2	0,9

CUADERNO 11: BALANCE ELÉCTRICO Y SELECCIÓN DE LA PLANTA GENERADORA

Marina de la Peña Herrero

Secadoras	1,0	3,0				3,0	1,0	1,0	0,2	0,2	0,7
Ascensor y montacarga	1,0	10,0				10,0	1,0	1,0	0,2	0,2	2,3
Plancha	2,0	5,0				10,0	2,0	1,0	0,2	0,2	1,5
TOTAL						100,0	TOTAL				24,6
15. NAVEGACIÓN, COMUNICACIONES, ETC											
Radio	1,0	5,0				5,0	1,0	1,0	0,8	0,8	4,0
Navegación	1,0	12,0				12,0	1,0	1,0	0,8	0,8	9,6
Comunicación interior	1,0	5,0				5,0	1,0	1,0	0,8	0,8	4,0
Comunicación exterior	1,0	5,0				5,0	1,0	1,0	0,8	0,8	4,0
TOTAL						27,0	TOTAL				21,6
16. ILUMINACIÓN											
Iluminación principal	1,0	54,5			54,5	54,5	1,0	1,0	0,9	0,9	49,1
Iluminación emergencia	1,0	24,1			24,1	24,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
TOTAL						78,6	TOTAL				49,1
17. EQUIPOS PROPIOS											
Vaporizador	1,0	200,0				200,0	1,0	1,0	0,3	0,3	50,0
Vaporizador forzado	1,0	500,0				500,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Compresor HD	2,0	1020,0				2040,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Compresor LD	2,0	600,0				1200,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Calentador boil-off	2,0	400,0			400,0	800,0	1,0	0,5	0,3	0,1	100,0
Bomba nitrógeno	2,0	0,1	0,8	0,8	1,0	1,9	1,0	0,5	0,3	0,1	0,2
Bomba aspiración gas	2,0	100,0	110,0	1,0	115,8	231,6	1,0	0,5	0,3	0,1	28,9
Bomba spray	4,0	16,0	18,5	0,9	20,6	82,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Bomba vapor	2,0	0,4	0,8	0,8	1,0	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Bomba C/D	8,0	248,0	250,0	1,0	262,1	2096,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
TOTAL						7154,0	TOTAL				78,9
						65487,7					7058,9

CUADERNO 11: BALANCE ELÉCTRICO Y SELECCIÓN DE LA PLANTA GENERADORA

Marina de la Peña Herrero

3.6 Balance eléctrico 5: Condición de emergencia

La condición de emergencia del buque se dimensiona a partir del reglamento SOLAS, parte D, regla 43. En el caso del buque proyectado la fuente de emergencia ha de ser capaz de suministrar energía los mínimos para que se mantenga la integridad del buque y la seguridad a bordo, se muestran a continuación:

- Durante 18 horas:
 - o Iluminación de emergencia
 - o Luces de navegación
 - o Instalación radioeléctrica de ondas métricas
 - o Equipos de comunicaciones interiores
 - o Aparatos náuticos a bordo
 - o Sistemas de detección y alarma de incendios
 - o Claxon del buque, señales diurnas, avisadores de accionamiento manual...
 - o Bombas contra incendios
 - o Bombas de achique de sentinas
- Durante media hora:
 - o Puertas estancas
 - o Dispositivos de emergencia que impulsan los ascensores hasta la cubierta

En esta condición, K_u será siempre 1. K_s se calcula en función de las horas mostradas anteriormente.

A continuación, se muestra una tabla con los consumidores, potencias, coeficientes y el resultado final del balance eléctrico para esta condición.

SISTEMA	Características						Condición 5: Emergencia				
	Nº Instalados	Potencia [kW]	P.Unitaria[kW]			P.Total	Nº func.	Coeficientes			Pot. Necesaria
			Util	ne	Abs.	N x P.Abs		Kn	Ksr	Ku	Ku*Ptot
1. SERVICIO PROPULSION											
Motor eléctrico (ABB AMZ 1600)	1,0		50000,0	1,0	52083,3	52083,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
TOTAL						52083,3	TOTAL			0,0	
2. SISTEMA DE REFRIGERACIÓN											
Bomba agua salada	2,0	138,2	150,0	1,0	157,9	315,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Bomba agua dulce (Baja temp)	4,0	32,4	37,0	0,9	39,8	159,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

CUADERNO 11: BALANCE ELÉCTRICO Y SELECCIÓN DE LA PLANTA GENERADORA

Marina de la Peña Herrero

Bomba agua dulce (Alta temp)	4,0	32,4	37,0	0,9	39,8	159,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Calentador HT	1,0	108,5				108,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
TOTAL						742,6	TOTAL				0,0
3. SERVICIO DE LUBRICACIÓN											
Bomba lubricación	4,0	11,4	15,0	0,9	16,5	65,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Bomba prelubricación	1,0	34,3	37,0	0,9	39,8	39,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Separadora de aceite	1,0	2,1	2,1		2,1	2,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
TOTAL						107,8	TOTAL				0,0
4. SERVICIO DE AIRE											
Compresores	12,0	2,8	3,0	0,9	3,4	41,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
TOTAL						41,1	TOTAL				0,0
5. SERVICIO DE COMBUSTIBLE											
Bomba de trasiego HFO	3,0	9,5	11,0	0,9	12,1	36,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Bomba suministro	2,0	0,9	1,1	0,8	1,3	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Bomba alimentacion purificadora HFO	1,0	2,0	3,0	0,9	3,4	3,4					
Unidad booster: calentador booster	1,0	75,0	75,0		75,0	75,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Unidad booster: Bomba HFO	1,0	3,2	3,7	0,9	4,2	4,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Calentamiento HFO	2,0	300,0	300,0		300,0	600,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Bomba trasiego lodos	2,0	14,7	15,0	0,9	16,7	33,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
TOTAL						754,9	TOTAL				0,0
6. SERVICIO DE SENTINAS											
Bomba sentinas	2,0	80,0	90,0	0,9	95,2	190,5	1,0	0,5	0,4	0,2	38,1
Separador sentinas	1,0	2,0				2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
TOTAL						192,5	TOTAL				38,1
7. SERVICIO DE LASTRE											
Bomba lastre	3,0	286,1	315,0	0,9	350,0	1050,0	1,0	0,3	0,8	0,3	280,0
TOTAL						1050,0	TOTAL				280,0
8. SERVICIO CONTRAINCENDIOS											
Bomba CI	2,0	129,5	132,0	1,0	138,9	277,9	1,0	0,5	0,8	0,4	111,2

CUADERNO 11: BALANCE ELÉCTRICO Y SELECCIÓN DE LA PLANTA GENERADORA

Marina de la Peña Herrero

Bomba CI emergencia	1,0	103,6	110,0	1,0	115,8	115,8	1,0	1,0	0,8	0,8	92,6
TOTAL						393,7	TOTAL				203,8
9. SERVICIO AGUA SANITARIA											
Bombas suministro	2,0	38,0	45,0	0,9	48,1	96,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Bombas circulación	2,0	1,0	1,1	0,8	1,3	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Calentador	1,0	25,0				25,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Generador Agua dulce	1,0	2,0				2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Planta TAR	1,0	3,3				3,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
TOTAL						129,1	TOTAL				0,0
10. AIRE ACONDICIONADO											
Compresores	1,0	75,0			75,0	75,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
TOTAL						75,0	TOTAL				0,0
11. VENTILACIÓN											
Ventilacion habilitación	19,0	11,0				209,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ventilacion cámara máquinas	1,0	448,6				448,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
TOTAL						657,6	TOTAL				0,0
12. SERVO											
Servo principal	1,0	470,7				470,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Servo auxiliar	1,0	81,9				81,9	1,0	1,0	0,8	0,8	65,5
TOTAL						552,6	TOTAL				65,5
13. EQUIPOS AMARRE Y FONDEO											
Chigres amarre	6,0	136,7				819,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Molinetes	1,0	528,0				528,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
TOTAL						1347,9	TOTAL				0,0
14. FONDA Y HOTEL											
Cocina eléctrica	1,0	15,0				15,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Horno	1,0	5,0				5,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Parrilla	1,0	2,0				2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Lavavajillas	1,0	4,0				4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

CUADERNO 11: BALANCE ELÉCTRICO Y SELECCIÓN DE LA PLANTA GENERADORA

Marina de la Peña Herrero

Microondas	2,0	4,0				8,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cafetera	2,0	3,0				6,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Frigorífico	2,0	1,0				2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Trituradora de basuras	1,0	1,0				1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Compresores gambuzas	2,0	15,0				30,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Lavadoras	2,0	2,0				4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Secadoras	1,0	3,0				3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ascensor y montacarga	1,0	10,0				10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Plancha	2,0	5,0				10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
TOTAL						100,0	TOTAL				0,0
15. NAVEGACIÓN, COMUNICACIONES, ETC											
Radio	1,0	5,0				5,0	1,0	1,0	0,8	0,8	4,0
Navegación	1,0	12,0				12,0	1,0	1,0	0,8	0,8	9,6
Comunicación interior	1,0	5,0				5,0	1,0	1,0	0,8	0,8	4,0
Comunicación exterior	1,0	5,0				5,0	1,0	1,0	0,8	0,8	4,0
TOTAL						27,0	TOTAL				21,6
16. ILUMINACIÓN											
Iluminación principal	1,0	54,5			54,5	54,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Iluminación emergencia	1,0	24,1			24,1	24,1	1,0	1,0	0,9	0,9	21,6
TOTAL						78,6	TOTAL				21,6
17. EQUIPOS PROPIOS											
Vaporizador	1,0	200,0				200,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Vaporizador forzado	1,0	500,0				500,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Compresor HD	2,0	1020,0				2040,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Compresor LD	2,0	600,0				1200,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Calentador boil-off	2,0	400,0			400,0	800,0	1,0	0,5	0,5	0,3	200,0
Bomba nitrógeno	2,0	0,1	0,8	0,8	1,0	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Bomba aspiración gas	2,0	100,0	110,0	1,0	115,8	231,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Bomba spray	4,0	16,0	18,5	0,9	20,6	82,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

CUADERNO 11: BALANCE ELÉCTRICO Y SELECCIÓN DE LA PLANTA GENERADORA

Marina de la Peña Herrero

Bomba vapor	2,0	0,4	0,8	0,8	1,0	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Bomba C/D	8,0	248,0	250,0	1,0	262,1	2096,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
TOTAL						7154,0	TOTAL				0,0
						65487,7					630,6

CUADERNO 11: BALANCE ELÉCTRICO Y SELECCIÓN DE LA PLANTA GENERADORA

Marina de la Peña Herrero

3.7 Resultados balance eléctrico

A continuación, se muestra una tabla con el resumen de potencia necesaria resultante para cada situación de navegación:

SISTEMA	COND1_NLC	COND2_NL	COND3_CD	COND4_MAN	COND5_EM
Propulsión	26042	26042	0	5208,3	0
Refrigeración	481,1	481,1	231,4	349,9	0
Lubricación	63,6	63,6	22,44	22,44	0
Aire comprimido	17,5	17,5	6,17	6,17	0
Combustible	601,3	601,3	215,5	210,65	0
Sentinas	77,19	77,2	77,2	77,2	38,1
Lastre	0	441	490	0	280
CI	0	0	0	0	203,8
Agua sanitaria	108,15	108,15	108,15	108,15	0
Aire acondicionado	60	60	60	60	0
Ventilación	443,88	443,88	320,515	275,65	0
Servo	211,8	211,8	0	229,2	65,5
Amarre/Fondeo	0	0	336,975	336,975	0
Habilitación	24,6	24,6	24,6	24,6	0
Comunicaciones/nav	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6
Iluminación	49,05	49,05	49,05	49,05	21,65
Equipos propios LNG	538,7	0	2916,549	179,2	0
TOTALES	28740,47	28642,78	4880,149	7159,085	630,65

Se observa que la condición para la cual se requiere más potencia es para el caso de navegación en plena carga, siendo la potencia demandada muy parecida a la navegación en lastre. La planta eléctrica se dimensionará entonces para esta situación de navegación.

CUADERNO 11: BALANCE ELÉCTRICO Y SELECCIÓN DE LA PLANTA GENERADORA

Marina de la Peña Herrero

4 DEFINICIÓN PLANTA GENERADORA

Una vez conocida la potencia requerida para cada situación de carga, y por tanto, la mayor potencia que se requerirá, se procede con la selección de los motores generadores que formaran la planta generadora del buque.

La situación más desfavorable en cuanto a demanda de potencia será la navegación a plena carga.

Habrà que tener en cuenta para la selección de las maquinarias primarias que conforme envejecen los aparatos se aumenta el consumo y las pérdidas del conjunto. Para evitar cuanto se pueda este envejecimiento, se pretende que los motores no trabajen a su máxima potencia, deberá estar alrededor del 85% del máximo, teniendo en cuenta también que, a menor carga de la maquinaria, menor consumo de combustible tendremos.

4.1 Planta generadora principal

La planta generadora principal está formada por los grupos electrógenos que alimentan la red principal del buque, La red principal del buque es la red cuyos consumidores finales son los dedicados a equipos auxiliares, propulsión, sistemas de la propulsión, etc que operan en el servicio habitual del buque.

Cada grupo electrógeno está formado por un generador eléctrico y el motor que lo accione.

La mayor demanda del buque a la planta será, tal y como se mostró en apartados anteriores, la que corresponde con la navegación a plena carga.

$$P_{Requerida} = 28740.1 \text{ kW}$$

Los valores aceptables a los que tienen que trabajar los motores es entorno al 85%, siendo aceptables de 70 – 90%.

Se han de tener en cuenta distintas consideraciones antes de la selección para que la planta funcione lo mejor que sea posible:

- Espacio disponible en cámara de máquinas: Si observamos los planos del anexo, se puede observar que la cámara de máquinas tiene una eslora considerable.
- %MCR
- Colocación en paralelo de los generadores

Observando buques de la base de referencia y los planos del buque proyectado, se observa que lo más adecuado es colocar 4 motores generadores.

Si colocamos un número menor de motores, al ser propulsión diésel eléctrica, y teniendo en cuenta que la planta ha de ser capaz de suministrar la potencia necesaria a la peor situación de carga con n-1 generadores, siendo “n” el número de generadores instalados, resultaría una potencia de reserva demasiado alta y no muy útil. El SOLAS indica:

“la capacidad de los grupos electrógenos debe ser tal que, en caso de fallo de uno cualquiera de ellos, sea posible alimentar los servicios necesarios para lograr las condiciones operacionales normales de propulsión y seguridad”.

Además, se indica que, si es posible, siendo siempre más importante que los motores trabajen en regímenes adecuados, es mejor instalar todos los motores iguales, ya que así se reduce el espacio necesario para guardar recambios y se facilita también el mantenimiento de los motores y de los equipos auxiliares necesarios para su buen funcionamiento.

Se recurre al catálogo de Wärtsilä para la selección de motores generadores, a continuación, se muestra una tabla con los diferentes modelos disponibles y sus respectivas potencias:

CUADERNO 11: BALANCE ELÉCTRICO Y SELECCIÓN DE LA PLANTA GENERADORA

Marina de la Peña Herrero

Rated power	
Engine type	kW
6L46F	7 200
7L46F	8 400
8L46F	9 600
9L46F	10 800
12V46F	14 400
14V46F	16 800
16V46F	19 200

En primer lugar, se mostrará el MCR en el que trabajan escogiendo los motores 8L46F, 9L46F y 12V46F:

MCR DISTINTAS POSIBILIDADES				
POTENCIA REQUERIDA	COMBINACIÓN	POTENCIA TOTAL	POTENCIA N-1	MCR
28740,47	4*8L46F	38400	28800	1,0
	4*9L46F	43200	32400	0,9
	4*12V46F	57600	43200	0,7

Se marca en amarillo las opciones con un MCR dentro de un funcionamiento adecuado, estando en la recomendación, mientras que las otras dos opciones no están dentro del rango 70 – 90%.

Considerando ambas opciones, se decide instalar cuatro motores 12V46F, siendo así conservadores y asegurando tener suficiente reserva de energía para hacer frente a situaciones no contempladas.

No se estudiarán otras combinaciones en las cuales se mezclen modelos de motores en la planta generadora porque esta opción se ajusta muy bien y, como ya se explicó, es preferible que todos sean iguales.

Por tanto, se concluye que esta es la opción que mejor se ajusta al caso del buque proyectado

Se adjunta a continuación una tabla con los MCR a los que trabajan los motores generadores para las distintas condiciones de carga:

NAVEGACIÓN PLENA CARGA	Potencia requerida	Potencia disponible	Equipos ON mínimos	
	28740,5	57600	3*12V46F	
			Potencia	MCR
			43200	0,7
NAVEGACIÓN EN LASTRE	Potencia requerida	Potencia disponible	Equipos ON mínimos	
	28642,8	57600	3*12V46F	
			Potencia	MCR

CUADERNO 11: BALANCE ELÉCTRICO Y SELECCIÓN DE LA PLANTA GENERADORA

Marina de la Peña Herrero

			43200	0,7
CARGA/DESCARGA	Potencia requerida	Potencia disponible	Equipos ON mínimos	
	4880,2	57600	1*12V46F	
			Potencia	MCR
			14400	0,3
MANIOBRA (ATRAQUE/DESATRAQUE)	Potencia requerida	Potencia disponible	Equipos ON mínimos	
	7159,1	57600	1*12V46F	
			Potencia	MCR
			14400	0,5

Se puede observar que en el caso de maniobra de atraque/desatraque y en el caso de carga/descarga el generador no trabaja dentro de los rangos de MCR recomendables. Se plantean las siguientes soluciones para que los motores no sufran daños:

1. Instalar un generador que hagan frente a esas dos situaciones ya que ambas presentan una demanda de potencia semejante, este generador podría también ser usado para la condición de emergencia del buque para la cual tiene que existir un generador a mayores
2. Cuando se den una de las dos situaciones en las cuales no se trabaje a un MCR dentro del rango recomendable establecido, se realizarán cambios entre el generador operativo y en reposo con el objetivo de disminuir los posibles daños originados por ese funcionamiento lejano al 85% MCR.

En el caso del buque proyectado, como las dos situaciones, tanque maniobra como carga y descarga, solo ocurre ocasionalmente y no durante largos periodos, se decide optar por la segunda opción. Otra razón para optar por esta solución es que el generador de emergencia estaría sobredimensionado, ya que la situación de emergencia demanda mucha menos energía. Por tanto, en situación de emergencia también estaríamos hablando de MCR demasiado bajos, y por tanto el generador de emergencia se podría dañar.

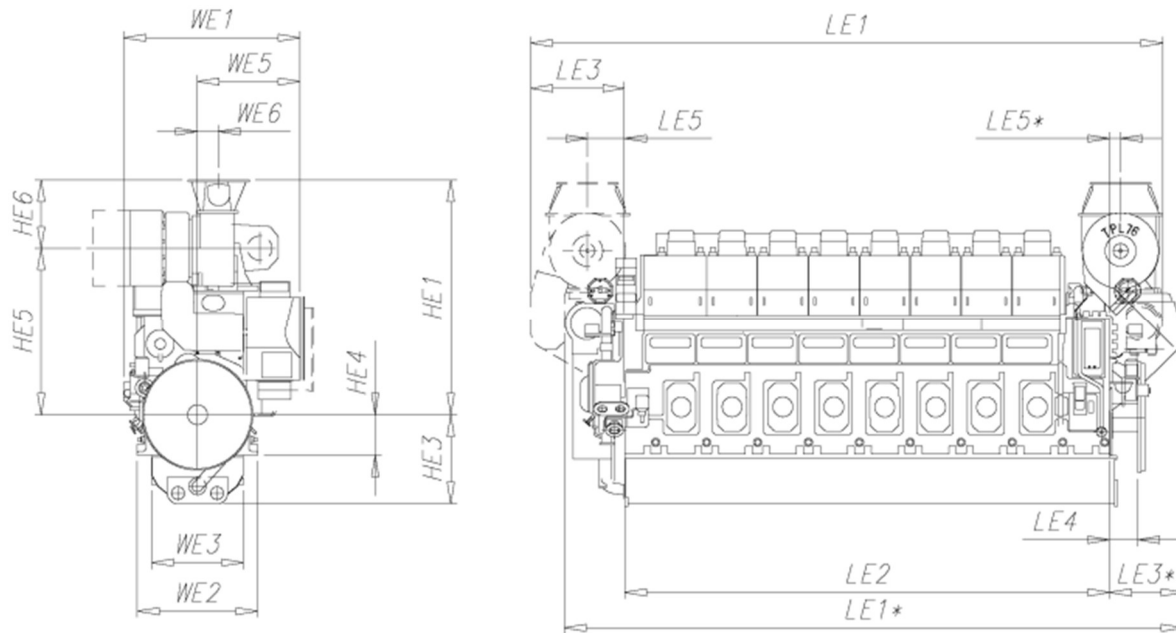
Se muestran a continuación los datos técnicos del motor generador escogido que proporciona Wärtsilä:

The Wärtsilä 46F is a 4-stroke, non-reversible, turbocharged and intercooled diesel engine with direct fuel injection (twin pump).

Cylinder bore	460 mm
Stroke	580 mm
Piston displacement	96.4 l/cyl
Number of valves	2 inlet valves and 2 exhaust valves
Cylinder configuration	6, 7, 8 and 9 in-line; 12, 14 and 16 in V-form
Direction of rotation	clockwise, counter-clockwise on request
Speed	600 rpm
Mean piston speed	11.6 m/s

CUADERNO 11: BALANCE ELÉCTRICO Y SELECCIÓN DE LA PLANTA GENERADORA

Marina de la Peña Herrero



Engine	LE1*	LE1	LE2	LE3*	LE3	LE4	LE5*	LE5	HE1	HE3
6L46F	8470	8620	6170	1320	1550	460	180	690	3500	1430
7L46F	9435	9440	6990	1465	1550	460	180	800	3800	1430
8L46F	10255	10260	7810	1465	1550	460	180	800	3800	1430
9L46F	11075	11080	8630	1465	1550	460	180	800	3800	1430

Engine	HE4	HE5	HE6	WE1	WE2	WE3	WE5	WE6	Weight [ton]
6L46F	650	2710	790	2905	1940	1480	1535	385	97
7L46F	650	2700	1100	3130	1940	1480	1760	340	113
8L46F	650	2700	1100	3130	1940	1480	1760	340	124
9L46F	650	2700	1100	3130	1940	1480	1760	340	140

4.2 Planta generadora de emergencia

Con el objetivo de cumplir con la normativa SOLAS, ha de existir una planta de emergencia que alimente los consumidores definidos en apartados anteriores que deben continuar operando durante esta condición de emergencia, estos consumidores se consideran los mínimos para que la integridad del buque y la seguridad a bordo este asegurado.

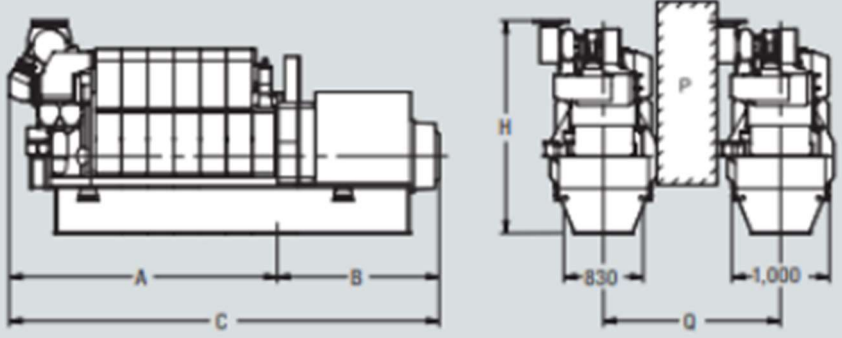
La potencia requerida para la situación de emergencia se calculó en apartados anteriores de este cuaderno, y se recuerda su resultado:

$$P_{Emergencia} = 630,6 \text{ kW}$$

Para cumplir con lo cual se recurre al catálogo de MAN:

CUADERNO 11: BALANCE ELÉCTRICO Y SELECCIÓN DE LA PLANTA GENERADORA

Marina de la Peña Herrero



Speed (r/min)	1,200		1,000	
Frequency (Hz)	60		50	
	Eng. kW	Gen. kW*	Eng. kW	Gen. kW*
5L16/24	500	475	450	430
6L16/24	660	625	570	542
7L16/24	770	730	665	632
8L16/24	880	835	760	722
9L16/24	990	940	855	812

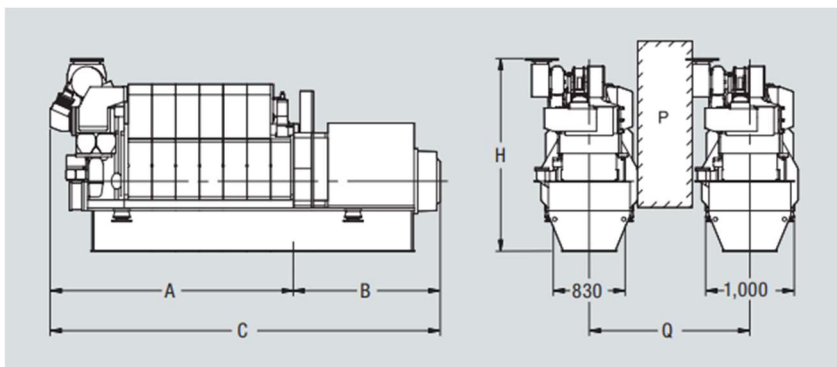
El generador que cumple con el mínimo exigido por el SOLAS para la condición de emergencia es el modelo 7L16/24:

$$P_{7L16} = 730 \text{ kW}$$

$$\% = \frac{630,6}{730} = 0,85$$

Se decide escoger la opción del motor 7L16 – 24, ya que nos ofrece un mayor margen, estando también dentro de un régimen de funcionamiento aceptable.

Se incluyen a continuación los datos técnicos del motor:



CUADERNO 11: BALANCE ELÉCTRICO Y SELECCIÓN DE LA PLANTA GENERADORA

Marina de la Peña Herrero

Speed (r/min)	1,200		1,000	
Frequency (Hz)	60		50	
	Eng. kW	Gen. kW*	Eng. kW	Gen. kW*
5L16/24	500	475	450	430
6L16/24	660	625	570	542
7L16/24	770	730	665	632
8L16/24	880	835	760	722
9L16/24	990	940	855	812

Cyl. No.	5	6	7	8	9
A (mm)	2,751	3,026	3,501	3,776	4,051
B (mm)	1,400	1,490	1,585	1,680	1,680
C (mm)	4,151	4,516	5,086	5,456	5,731
H (mm)	2,457	2,457	2,495/2,457	2,495	2,495
Dry Mass (t)	9.5	10.5	11.4	12.4	13.1

Bore	160 mm
Stroke	240 mm
Cycle	Four-stroke
Cyl. configuration	In-line
Power range	450-990 kW
Speed (60/50 Hz)	1,000/1,200 r/min
Mean piston speed	8.0/9.6 m/s
Mean effective pressure	20.7-23.6 bar
Power per cyl.	90-110 kW
Max combustion pressure	170 bar
Fuel acceptance	MDO, MGO and HFO up to 700 cSt/50°C

* Based on nominal generator efficiencies of 95%

P: Free passage between the engines, width 600 mm and height 2,000 mm

Q: Min. distance between centre of engines: 1,800 mm

En cuanto a la disposición de este elemento, se seguirán las siguientes pautas con el fin de mantenerlo en condiciones adecuadas aun cuando existan problemas a bordo:

- Lo más elevado posible para evitar posibles inundaciones
- Independencia con el resto de los servicios
- Arranque por aire comprimido o por baterías. En el primer caso, se dispondrá de tres botellas, y en el segundo caso se dispondrá de una batería.
- Puesta en marcha inferior a 45 segundos
- Alimentación de los consumidores establecidos durante el tiempo establecido, estos consumidores deberán de contar con doble alimentación

CUADERNO 11: BALANCE ELÉCTRICO Y SELECCIÓN DE LA PLANTA GENERADORA

Marina de la Peña Herrero

Se localizará en un local habilitado para ello, por encima de la cubierta principal, contigua a la chimenea y al guardacalor.

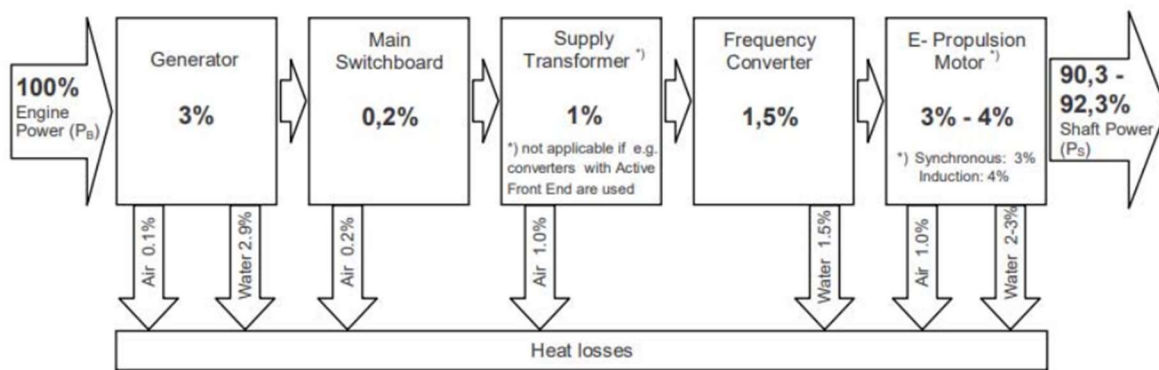
4.3 Reserva de energía y pick up

El sistema de gestión de energía es el que se encarga de iniciar y detener los grupos electrógenos según la carga de la red y la capacidad del alternador. El sistema pondrá en marcha un alternador cuando la potencia disponible no llegue a lo establecido.

La normativa establece que los alternadores deben arrancar como máximo de 15 segundos, con sincronización y con los grupos de carga.

El funcionamiento del sistema de gestión de energía depende de la configuración de la planta y las necesidades.

Las plantas diesel eléctrico tienen las siguientes pérdidas:



En primer lugar, se muestra el cálculo para conocer la potencia que suministra el alternador:

$$P_{\text{Alternador}} = P_{\text{Unitaria}} * 0.91 = 14400 * 0.91 = 13104 \text{ kW}$$

A continuación, se muestra el cálculo llevado a cabo para conocer el total de la energía que se dispone como reserva en las distintas situaciones de navegación del buque, esta energía se utiliza en caso de que haya que afrontar demandas superiores de energía.

Se calcula a partir de la potencia que suministra cada alternador y los valores de demanda de potencia calculados para las distintas situaciones.

CUADERNO 11: BALANCE ELÉCTRICO Y SELECCIÓN DE LA PLANTA GENERADORA

Marina de la Peña Herrero

OPERACIÓN	%CARGA MOTOR GENERADOR				POTENCIA PICK UP DISPONIBLE			
	N_PC	N_LASTRE	C/D	MANIOBRA	N_PC	N_LASTRE	C/D	MANIOBRA
CONSUMO	28740,5	28642,8	4880,1	7159,1	28740,5	28642,8	4880,1	7159,1
GEN 1	73,1	72,9	37,2	54,6	26,9	27,1	62,8	45,4
GEN 2	73,1	72,9	STAND BY	STAND BY	26,9	27,1	STAND BY	STAND BY
GEN 3	73,1	72,9	STAND BY	STAND BY	26,9	27,1	STAND BY	STAND BY
GEN 4	STAND BY	STAND BY	STAND BY	STAND BY	STAND BY	STAND BY	STAND BY	STAND BY
DESGLOSE DE RESERVA DE ENERGÍA PICK UP				RESERVA [%]	27,3	27,5	62,8	45,4
				POTENCIA	10732,2	10810,8	8223,9	5944,9

OPERACIÓN	POTENCIA STAND BY DISPONIBLE			
	N_PC	N_LASTRE	C/D	MANIOBRA
CONSUMO	28740,47	28642,78	4880,149	7159,085
GEN 1	*	*	*	*
GEN 2	*	*	100	100
GEN 3	*	*	100	100
GEN 4	100	100	100	100
DESGLOSE DE LA RESERVA POR GEN EN STAND BY				
RESERVA [%]	100	100	300	300
POTENCIA	13104	13104	39312	39312

CUADERNO 11: BALANCE ELÉCTRICO Y SELECCIÓN DE LA PLANTA GENERADORA

Marina de la Peña Herrero

RESERVA TOTAL DE ENERGÍA		
CONDICIÓN	% RESERVA	POTENCIA
N_PC	127,3	23836,2
N_LASTRE	127,5	23914,8
C/D	362,8	47535,9
MANIOBRA	345,4	45256,9

Observando los resultados de la reserva total de energía en cada caso, se concluye que se dispone de suficiente energía para afrontar cualquier demanda superior a las calculadas en apartados anteriores, y, por tanto, que el buque será capaz de continuar con su funcionamiento normal en cualquier situación.

CUADERNO 11: BALANCE ELÉCTRICO Y SELECCIÓN DE LA PLANTA GENERADORA

Marina de la Peña Herrero

5 DEFINICIÓN DEL SISTEMA DE CABLEADO

Este apartado tiene el objetivo de definir el cableado con el que contará el buque proyectado.

Los cables que serán instalados tienen las siguientes características:

- Conductor: Cobre reconocido clase 2, IEC 60228
- Aislamiento: Polietileno reticulado libre de halógenos (XLPE), IEC 60092 – 351
- Recubrimiento interno: Poliolefina termoplástica libre de halógenos
- Cubierta exterior: Poliolefina termoplástica libre de halógenos, (SHF1), IEC 60092 – 359

El XLPE, “Polietileno reticulado”, siendo material termoestable, esto significa que se deforma de forma reducida al variar la temperatura. Tiene optimas propiedades mecánicas y eléctricas, lo que hace que se reduzca notablemente los espesores del cableado respecto a los de etileno reticulado.

Se admiten temperaturas en torno a 90°C y su aislamiento puede soportar hasta 10°C más. Si los cables están a la intemperie o en locales húmedos deben llevar cubierta estanca o impermeable.

A lo largo del cálculo para el dimensionamiento de cables se utilizan las siguientes fórmulas:

Type of switchboard cubicle	Rated current [kA]	Legend
Alternator incoming	$P_r / (\sqrt{3} * U_r * \cos \varphi_{Grid})$	P_r : Rated power of alternator [kWe] U_r : Rated voltage [V] $\cos \varphi$: Power factor of the network (typically = 0.9)
Transformer outgoing	$S_r / (\sqrt{3} * U_r)$	S_r : Apparent power of transformer [kVA] U_r : Rated voltage [V]
Motor outgoing (Induction motor controlled by a PWM-converter)	$P_r / (\sqrt{3} * U_r * \cos \varphi_{Converter} * \eta_{Motor} * \eta_{Converter})$	P_r : Rated power of motor [kWe] U_r : Rated voltage [V] $\cos \varphi$: Power factor converter (typically = 0.95) η_{Motor} : typically = 0.96 $\eta_{Converter}$: typically = 0.97
Motor outgoing (Induction motor started: DoL, Y/Δ, Soft-Starter)	$P_r / (\sqrt{3} * U_r * \cos \varphi_{Motor} * \eta_{Motor})$	P_r : Rated power of motor [kWe] U_r : Rated voltage [V] $\cos \varphi$: Power factor motor (typically = 0.85...0.90) η_{Motor} : typically = 0.96

La tensión principal de la red es de 6600 V, según se definió al comienzo del documento, por tanto, según la tabla que se muestra a continuación:

CUADERNO 11: BALANCE ELÉCTRICO Y SELECCIÓN DE LA PLANTA GENERADORA

Marina de la Peña Herrero

Total installed alternator power	Voltage	Breaking capacity of CB
< 10 – 12 MWe (and: Single propulsion motor < 3,5 MW)	440 V	100 kA
< 13 – 15 MWe (and: Single propulsion motor < 4,5 MW)	690 V	100 kA
< 48 MWe	6600 V	30 kA
< 130 MWe	11000 V	50 kA

Poder Corte = 30 kA

En los buques se instalan cables con sección menor a 120 mm². Cada cable tiene tres conductores interiores, en caso de que más de 6 cables formen parte de un mismo circuito y bajo la misma carga, siempre que el aire no pueda circular en su entorno, se aplicará un factor de corrección de 0.85 a los valores de la corriente. No se puede agrupar más de un cable a no ser que la sección sea superior a 10 mm².

Para definir la sección de los cables se utiliza la siguiente tabla:

Table 5 Rating of cables with copper conductors and temperature class 90°C

Nominal cross-section [mm ²]	Current rating [A] (Based on ambient temperature 45°C)					
	Single-core		2-core		3 or 4-core	
1	18		15		13	
1.5	23		20		16	
2.5	30		26		21	
4	40		34		28	
6	52		44		36	
10	72		61		50	
16	96		82		67	
25	127		108		89	
35	157		133		110	
50	196		167		137	
70	242		206		169	
95	293		249		205	
120	339		288		237	
150	389		331		272	
185	444		377		311	
240	522		444		365	
300	601		511		421	
	DC	AC	DC	AC	DC	AC
400	690	670	587	570	483	469
500	780	720	663	612	546	504
600	890	780	757	663	623	546

A continuación, se muestra el proceso de cálculo que se seguirá:

1. Cálculo de la intensidad absorbida por la instalación, teniendo en cuenta el coseno de phi normalizado de 0.9
2. Selección de la sección nominal en función de la intensidad normalizada. Según las necesidades, se pueden instalar mayor número de cables.

CUADERNO 11: BALANCE ELÉCTRICO Y SELECCIÓN DE LA PLANTA GENERADORA

Marina de la Peña Herrero

La siguiente tabla muestra el cálculo realizado para cada equipo para definir el cableado que necesita:

	SISTEMA	Características						CABLEADO DEL SISTEMA ELÉCTRICO		
		Nº Instalados	Potencia [kW]	P.Unitaria[kW]			P.Total N x P.Abs	Cos Phi	I_Absorbida [A]	Cable XLPE nºCables/Tipo
				Util	ne	Abs.				
PROPULSIÓN	1. SERVICIO PROPULSION						Tension: 6600 V			
	Motor eléctrico (ABB AMZ 1600)	1,00		5000 0	0,9 6	52083,3 3	52083,3 3	0,9	5062,34	26/3x120 mm2
SISTEMAS AUXILIARES DEL MOTOR PRINCIPAL	2. SISTEMA DE REFRIGERACIÓN						Tensión: 480 V			
	Bomba agua salada	2,00	138,20	150,0 0	0,9 5	157,89	315,79	0,9	422,04	2/3x120 mm2
	Bomba agua dulce (Baja temp)	4,00	32,40	37,00	0,9 3	39,78	159,14		212,68	1/3x120 mm2
	Bomba agua dulce (Alta temp)	4,00	32,40	37,00	0,9 3	39,78	159,14		212,68	1/3x120 mm2
	Calentador HT	1,0	108,5				108,5		145,01	1/3x70 mm2
	3. SERVICIO DE LUBRICACIÓN						Tensión: 480 V			
	Bomba lubricación	4,00	11,40	15,00	0,9 1	16,48	65,93	0,9	88,12	1/3x25 mm2
	Bomba prelubricación	1,00	34,30	37,00	0,9 3	39,78	39,78		53,17	1/3x16 mm2
	Separadora de aceite	1,00	2,06	2,06		2,06	2,06		2,75	1/3x1 mm2
	4.SERVICIO DE AIRE						Tensión: 480 V			
	Compresores	12,00	2,80	3,00	0,8 8	3,43	41,14	0,9	54,99	1/3x16 mm2
	5. SERVICIO DE COMBUSTIBLE						Tensión: 480 V			
	Bomba de trasiego HFO	3,0	9,5	11,0	0,9	12,1	36,3	0,9	45,44	1/3x10 mm2
	Bomba suministro	2,0	0,9	1,1	0,8	1,3	2,6		3,28	1/3x1 mm2

CUADERNO 11: BALANCE ELÉCTRICO Y SELECCIÓN DE LA PLANTA GENERADORA

Marina de la Peña Herrero

	Bomba alimentacion purificadoraHFO	1,0	2,0	3,0	0,9	3,4	3,4		4,30	1/3x1 mm2	
	Unidad booster: calentador booster	1,0	75,0	75,0		75,0	75,0		93,97	1/3x35 mm2	
	Unidad booster: Bomba HFO	1,0	3.2	3,7	0,9	4,2	4,2		5,30	1/3x1 mm2	
	Calentamiento HFO	2,0	300,0	300,0		300,0	600,0		751,76	4/3x95 mm2	
	Bomba trasiego lodos	2,0	14,7	15,0	0.9	16,7	33,4		41,85	1/3x1mm2	
	6. SERVICIO DE SENTINAS							Tensión: 480 V			
	Bomba sentinas	2,00	80,00	90,00	0,9	95,24	190,48	0,9	254,56	2/3x50 mm2	
	Separador sentinas	1,00	2,00				2,00		2,67	1/3x1 mm2	
	7. SERVICIO DE LASTRE							Tensión: 6600 V			
	Bomba lastre	3,0	286,1	315,0	0,9	350,0	1050,0	0,9	102,06	1/3x50 mm2	
	8. SERVICIO CONTRAINCENDIOS							Tensión: 480 V			
	Bomba CI	2,00	129,50	132,0	0,9	138,95	277,89	0,9	371,39	2/3x95 mm2	
	Bomba CI emergencia	1,00	103,60	110,0	0,9	115,79	115,79		154,75	1/3x70 mm2	
	9. SERVICIO AGUA SANITARIA							Tensión: 480 V			
	Bombas suministro	2	38,00	45,00	0,9	48,08	96,15		128,51	1/3x50 mm2	
	Bombas circulación	2	1,00	1,10	0,8	1,31	2,62	0,9	3,50	1/3x1 mm2	
	Calentador	1	25				25		33,41	1/3x6 mm2	
	Generador Agua dulce	1	2				2		2,67	1/3x1 mm2	
	Planta TAR	1	3,3				3,3		4,41	1/3x1 mm2	
	10. AIRE ACONDICIONADO							Tensión: 480 V			
	Compresores	1	75			75	75	0,9	1,20	1/3x1 mm2	
	11. VENTILACIÓN							Tensión: 480 V			
	Ventilacion habilitación	19	11				209	0,9	279,32	2/3x70 mm2	

EQUIPOS AUXILIARES DEL BUQUE

CUADERNO 11: BALANCE ELÉCTRICO Y SELECCIÓN DE LA PLANTA GENERADORA

Marina de la Peña Herrero

Ventilacion cámara máquinas	1	448,6				448,6		599,54	3/3x95 mm2	
12. SERVO							Tensión: 480 V			
Servo principal	1	539,8				539,8	0,9	721,42	3/3x120 mm2	
Servo emergencia	1	117,4				117,4		156,90	1/3x70 mm2	
13. EQUIPOS AMARRE Y FONDEO							Tensión: 480 V			
Chigres amarre	6	136,65				819,9	0,9	1095,76	5/3x120 mm2	
Molinetes	1	528				528		705,65	3/3x120 mm2	
14. FONDA Y HOTEL							Tensión: 240 V			
Cocina eléctrica	1	15				15	0,9	40,09	1/3x10 mm2	
Horno	1	5				5		13,36	1/3x1,5 mm2	
Parrilla	1	2				2		5,35	1/3x1 mm2	
Lavavajillas	1	4				4		10,69	1/3x1 mm2	
Microondas	2	4				8		21,38	1/3x4 mm2	
Cafetera	2	3				6		16,04	1/3x2,5 mm2	
Frigorífico	2	1				2		5,35	1/3x1 mm2	
Trituradora de basuras	1	1				1		2,67	1/3x1 mm2	
Compresores gambuzas	2	15				30		80,19	1/3x25 mm2	
Lavadoras	2	2				4		10,69	1/3x1 mm2	
Secadoras	1	3				3		8,02	1/3x1 mm2	
Ascensor	1	10				10		26,73	1/3x4 mm2	
Plancha	2	5				10		26,73	1/3x4 mm2	
15. NAVEGACIÓN, COMUNICACIONES, ETC							Tensión: 240 V			
Radio	1	5				5	0,9	13,36	1/3x1,5 mm2	
Navegación	1	12				12		32,08	1/3x6 mm2	
Comunicación interior	1	5				5		13,36	1/3x1,5 mm2	
Comunicación exterior	1	5				5		13,36	1/3x1,5 mm2	
16. ILUMINACIÓN							Tensión: 240 V			
Iluminación principal	1	54,5				54,5	0,9	145,67	1/3x70 mm2	
Iluminación emergencia	1	24,05				24,05		24,05	64,28	1/3x16 mm2

CUADERNO 11: BALANCE ELÉCTRICO Y SELECCIÓN DE LA PLANTA GENERADORA

Marina de la Peña Herrero

17. EQUIPOS PROPIOS								Tensión: 480 V y 6600 V en bombas C/D y compresor		
Vaporizador	1,0	200,0					200,0	0,9	534,58	3/3x120 mm2
Vaporizador forzado	1,0	500,0					500,0		1336,46	6/3x120 mm2
Compresor HD	2,0	1020,0					2040,0		198,28	1/3x95 mm2
Compresor LD	2,0	600,0					1200,0		116,64	1/3x50 mm2
Calentador boil-off	2,0	400,0			400,0		800,0		2138,33	11/3x120 mm2
Bomba nitrógeno	2,0	0,1	0,8	0,8	1,0		1,9		5,08	1/3x1 mm2
Bomba aspiración gas	2,0	100,0	110,0	1,0	115,8		231,6		618,99	3/3x120 mm2
Bomba spray	4,0	16,0	18,5	0,9	20,6		82,2		219,77	1/3x120 mm2
Bomba vapor	2,0	0,4	0,8	0,8	1,0		1,9		5,08	1/3x1 mm2
Bomba C/D	8,0	248,0	250,0	1,0	262,1		2096,4		203,77	1/3x95 mm2

CUADERNO 11: BALANCE ELÉCTRICO Y SELECCIÓN DE LA PLANTA GENERADORA

Marina de la Peña Herrero

6 OTROS COMPONENTES

Con el objetivo de completar la planta eléctrica, se definirán en este apartado otros componentes necesarios para su funcionamiento.

6.1 Transformadores

Estos elementos son necesarios para los sistemas que funcionen a una tensión menor que las nominales de la instalación de fuerza que corresponda.

Se dispondrá de dos transformadores principales y dos de emergencia:

- Transformadores 6600 V / 480 V, a 60 Hz
- Transformadores 480 V / 240 V, a 60 Hz

No serán necesarios convertidores de frecuencia, ya que toda la red se ha diseñado para funcionar a 60 Hz.

En cambio, el buque si que deberá contar con rectificadores que conviertan la corriente alterna en corriente continua, y también convertidores de corriente continua a corriente alterna (Para los sistemas que se alimentan con corriente alterna, pero con energía almacenada en baterías)

Los transformadores a instalar serán de tipo marino, protegidos contra goteo y salpicaduras, y con ventilación natural.

6.2 Cuadros de distribución

El sistema eléctrico del buque se divide en cuadro principal y cuadro de emergencia. El cuadro principal es el que recibe directamente la energía de los generadores y puede acoplarlos haciendo que funcionen en paralelo. Se encarga de lo siguiente:

- Alojar dispositivos necesarios para el acoplamiento de los alternadores
- Alojar los elementos de protección de los alternadores
- Distribuir la corriente a los servicios del buque

El generador de emergencia irá situado en un local de la cubierta principal. El accionamiento de los circuitos se podrá realizar desde el cuadro principal, pero siempre pasando por el de emergencia. El cableado perteneciente a circuitos de emergencia debe situarse fuera del espacio dedicado a maquinaria.

Se instalarán tomas de corriente para que el sistema eléctrico sea alimentado desde tierra, con un panel de emergencia a cada banda del buque.

Todos los cuadros de distribución trabajan a 60 Hz. Sus tensiones son de:

- 6600 V
- 480 V
- 240 V

6.3 Protecciones de la planta eléctrica

Se trata de dispositivos de protección y relés que tienen el objetivo de proteger a los humanos de lesiones en caso de fallos del circuito y/o proteger a los equipos del buque de los daños que se puedan producir en caso de fallo.

CUADERNO 11: BALANCE ELÉCTRICO Y SELECCIÓN DE LA PLANTA GENERADORA

Marina de la Peña Herrero

El sistema de protección y sus parámetros dependerán de la configuración de la planta y los requisitos operativos de la misma, Se debe realizar un estudio de coordinación de los dispositivos de selectividad y protección, para así obtener los ajustes correctos de parámetros y decidir el fallo que alarma o dispara cortocircuitos.

En los motores generadores el poder de corte será 30 kV. Deberá tener protección contra cortocircuitos, sobrecargas, bajos voltajes, sobrecargas térmicas, etc.

El alternador tiene muchas protecciones, contra circuitos, sobrecargas de corriente, potencia inversa, fallo de desequilibrio, sobre y bajo voltaje, comprobación de sincronismo, pérdida de excitación, fallo de frecuencia, etc.

Para la protección en cuanto a grados IPE dentro del buque, dependerá de la zona y el tipo de sistema. A continuación, se muestra una tabla proporcionada por la sociedad de clasificación de Bureau Veritas, Parte C, capítulo 2, sección 3 (tabla 2):

CUADERNO 11: BALANCE ELÉCTRICO Y SELECCIÓN DE LA PLANTA GENERADORA

Marina de la Peña Herrero

Condition in location	Example of location	Switch-board, control gear, motorstarters	Generators	Motors	Transformers	Luminaires	Heating appliances	Cooking appliances	Socket outlets	Accessories (e.g. switches, connection boxes)
Danger of touching live parts only	Dry accommodation spaces, dry control rooms	IP 20	X (1)	IP 20	IP 20	IP 20	IP 20	IP 20	IP 20	IP 20
Danger of dripping liquid and/or moderate mechanical damage	Control rooms, wheel-house, radio room	IP 22	X	IP 22	IP 22	IP 22	IP 22	IP 22	IP 22	IP 22
	Engine and boiler rooms above floor	IP 22	IP 22	IP 22	IP 22	IP 22	IP 22	IP 22	IP 44	IP 44
	Steering gear rooms	IP 22	IP 22	IP 22	IP 22	IP 22	IP 22	X	IP 44	IP 44
	Emergency machinery rooms	IP 22	IP 22	IP 22	IP 22	IP 22	IP 22	X	IP 44	IP 44
	General storerooms	IP 22	X	IP 22	IP 22	IP 22	IP 22	X	IP 22	IP 44
	Pantries	IP 22	X	IP 22	IP 22	IP 22	IP 22	IP 22	IP 44	IP 44
	Provision rooms	IP 22	X	IP 22	IP 22	IP 22	IP 22	X	IP 44	IP 44
	Ventilation ducts	X	X	IP 22	X	X	X	X	X	X
Increased danger of liquid and/or mechanical damage	Bathrooms and/or showers	X	X	X	X	IP 34	IP 44	X	IP 55	IP 55
	Engine and boiler rooms below floor	X	X	IP 44	X	IP 34	IP 44	X	X	IP 55
	Closed fuel oil separator rooms	IP 44	X	IP 44	IP 44	IP 34	IP 44	X	X	IP 55
	Closed lubricating oil separator rooms	IP 44	X	IP 44	IP 44	IP 34	IP 44	X	X	IP 55
Increased danger of liquid and mechanical damage	Ballast pump rooms	IP 44	X	IP 44 (2)	IP 44 (2)	IP 34	IP 44	X	IP 55	IP 55
	Refrigerated rooms	X	X	IP 44	X	IP 34	IP 44	X	IP 55	IP 55
	Galleys and laundries	IP 44	X	IP 44	IP 44	IP 34	IP 44	IP 44	IP 44	IP 44
	Public bathrooms and shower	X	X	IP 44	IP 44	IP 34	IP 44	X	IP 44	IP 44
Danger of liquid spraying, presence of cargo dust, serious mechanical damage, aggressive fumes	Shaft or pipe tunnels in double bottom	IP 55	X	IP 55	IP 55	IP 55	IP 55	X	IP 56	IP 56
	Holds for general cargo	X	X	IP 55	X	IP 55	IP 55	X	IP 56	IP 56
	Ventilation trunks	X	X	IP 55	X	X	X	X	X	X
Danger of liquid in massive quantities	Open decks	IP 56	X	IP 56	X	IP 55	IP 56	X	IP 56	IP 56

(1) The symbol "X" denotes equipment which it is not advised to install.
(2) Electric motors and starting transformers for lateral thrust propellers located in spaces similar to ballast pump rooms may have degree of protection IP 22.

CUADERNO 11: BALANCE ELÉCTRICO Y SELECCIÓN DE LA PLANTA GENERADORA

Marina de la Peña Herrero

7 DIAGRAMA UNIFILAR

En el diagrama unifilar del buque proyectado se mostrarán los generadores de corriente y los distintos equipos que se instalan en el buque.

Los servicios se clasifican en:

- **Servicios esenciales:** Son los servicios sin los cuales el buque no puede mantenerse en propulsión, por esta razón, estos servicios tienen preferencia frente a segundo tipo. Esta preferencia se observa en que estos consumidores se conectan directamente desde los bornes de los generadores y sin ningún interruptor automático. Esto se hace para evitar que ante posibles anomalías de la red se deje de alimentar al sistema en concreto
- **Servicios no esenciales:** Son los sistemas cuyo funcionamiento no compromete al sistema de propulsión. La navegabilidad no se ve influida en caso de que estos fallen.
- **Servicios de emergencia:** Son los sistemas que tienen que estar en funcionamiento en caso de accidente, por ejemplo, las bombas contra incendios. Serán alimentadas por el generador de emergencia y por medio de los generadores principales con un conmutador instantáneo.

En el diagrama unifilar se encontrar las distintas tensiones a las que operan los sistemas del buque:

- Consumidores a 6600 V: Motores eléctricos y equipos relacionados con la carga.
- Consumidores a 480 V: Todos los equipos del buque
- Consumidores a 240 V: Equipos de navegación, alumbrado, equipos de la habilitación.

El buque contará con una distribución que garantice la continuidad del servicio, con etapas de potencia segregadas. Los generadores están repartidos en secciones, cada sección dispone de un embarrado y posibilidad de ser interconectadas ambas secciones si es necesario. Por lo tanto, el servicio es redundante.

El buque está obligado a operar con al menos un generador de cada sección de potencia, especialmente en situaciones de riesgo. En caso de que se produzca fallo en una de las secciones no se provoca la pérdida de funcionalidad total del sistema.

7.1 Descripción del diagrama unifilar

Los motores generadores generan la energía eléctrica a 6600 V y 60 Hz. A través del cuadro principal esta energía se reparte a los siguientes consumidores:

- Equipos de carga y mantenimiento de LNG: Bombas de carga y descarga y los compresores LD y HD
- Bombas de lastre
- Sistemas de propulsión. Este sistema contará además con resistencias e inversores de giro. El motor estará conectado a ambas secciones de potencia, para cumplir con lo establecido al inicio del apartado. Estos motores estarán conectados a una reductora y finalmente a la hélice propulsora.

La energía eléctrica generada pasará por el cuadro principal y llegará a unos transformadores, uno por cada sección, que transforman la tensión de 6600 V a 480 V. De esta forma se pasa a alimentar a los siguientes servicios:

- Sistemas auxiliares de la maquinaria primaria generadora de energía, estos son por ejemplo los sistemas de refrigeración, lubricación, etc
- Servicios auxiliares del buque, esto son el servicio de sentinas, CI, ventilación, etc

CUADERNO 11: BALANCE ELÉCTRICO Y SELECCIÓN DE LA PLANTA GENERADORA

Marina de la Peña Herrero

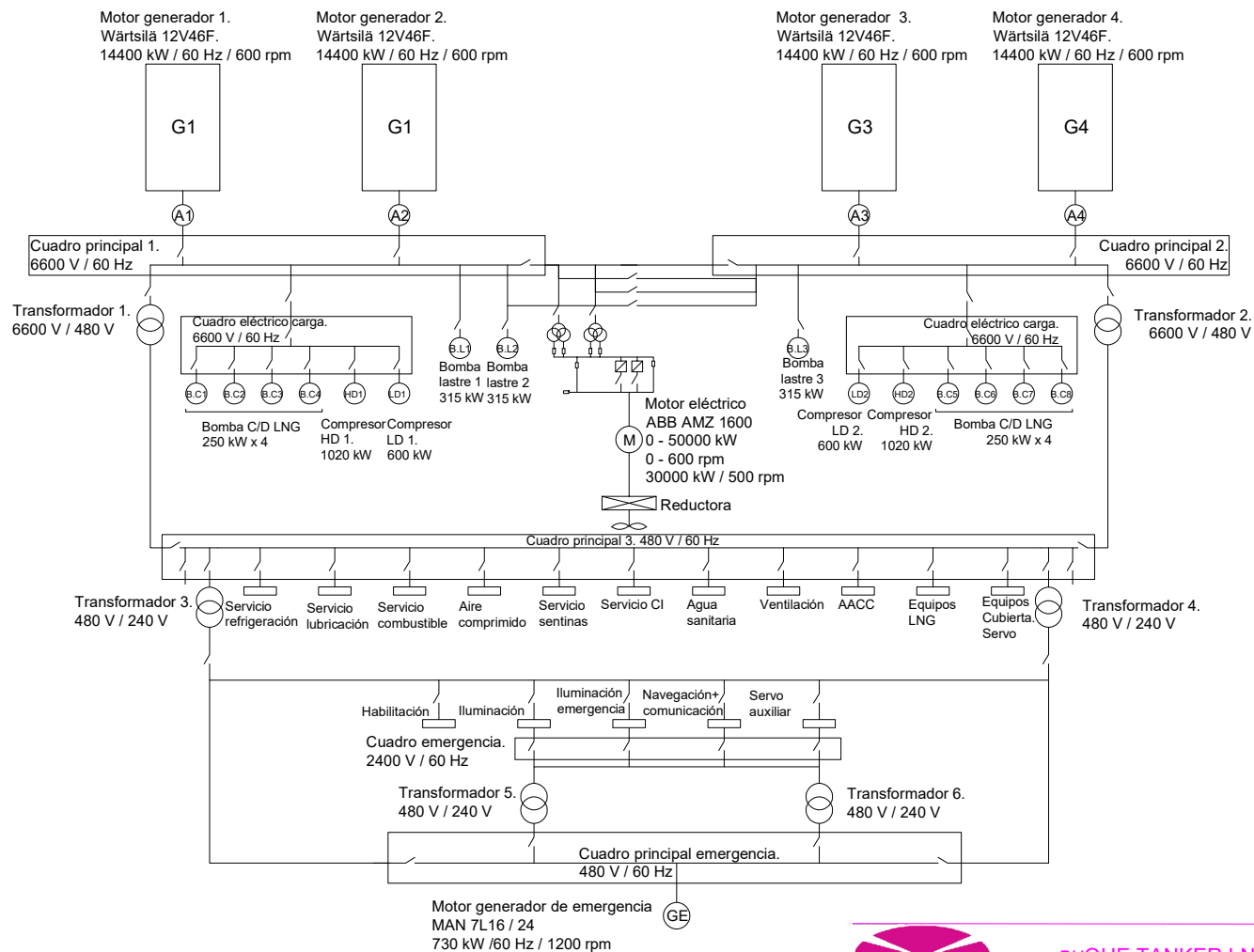
Después de este cuadro se dispone de dos transformadores más, que se encargan de pasar de 480 V a 240 V. De esta forma se puede alimentar el alumbrado, equipos de la habilitación, etc.

A continuación, se muestra el esquema unifilar previamente definido.

Fdo: Marina de la Peña Herrero



Ferrol, 15 de Septiembre de 2022



BUQUE TANKER LNG 140000 m3



PROFESOR:
PABLO FARIÑAS ALVARIÑO
ALBERTO ARCE CEINOS

FECHA: JUNIO 2022

ALUMNO/A:
MARINA DE LA PEÑA HERRERO

NOMBRE DEL DOCUMENTO:
DIAGRAMA UNIFILAR

CUADERNO 11: BALANCE ELÉCTRICO Y SELECCIÓN DE LA PLANTA GENERADORA

Marina de la Peña Herrero

ANEXO I: WÄRTSILÄ 12V46F

Wärtsilä 46F



The technologically advanced WÄRTSILÄ© 46F is a four-stroke diesel engine that can be run on either heavy fuel oil (HFO), marine diesel oil (MDO), or on light diesel when being operated within strict coastal or port emissions areas. This fuel switching can take place smoothly and without power interruption across all engine loads. This flexibility enables the operator to select the fuel according to price, availability, and the need to meet local emissions regulations. The Wärtsilä 46F offers best-in-class fuel economy, as well as outstanding power-to-weight and power-to-space ratios in its 7.2–19.2 MW power range at 600 rpm.

Typical Application Areas

The Wärtsilä 46F is designed to meet specific customer needs in a wide range of shipping and power plant applications. For example, its modular and compact design makes it suitable for installation as the prime mover on most general cargo and passenger ships. Plus the outstanding power to weight and space ratios, as well as its

wide power range, often mean that fewer engines are needed, thereby creating significant savings in capital investment.

The Wärtsilä 46F engine can be installed and optimized for constant diesel electric propulsion, as well as direct drive main engine applications. It can operate at either constant speed or along a combinatory curve.

Key Benefits

- Proven and reliable heavy fuel technology from an industry leader
- Thermal efficiency for complete combustion and minimal exhaust gas emissions
- Fuel economy throughout entire engine operational range, thanks to efficient twin-plunger fuel injection system, to give significant cost savings
- Advanced modular design means fewer components, lower inventory costs, less maintenance, and faster crew training
- Extended overhaul intervals provides greater engine availability and reduced operational costs
- Embedded automation system for optimal operating efficiencies



Operational Features

Its flexibility in fuel choice allows the Wärtsilä 46F to operate on a broad range of fuel viscosities, from 2.0 cSt up to 700 cSt HFO (at 50 °C / 122 °F).

The engine is able to operate efficiently and economically on low Sulphur fuel oils (<0,1% S), making it suitable for operation in emission-controlled areas. The engine can also be equipped with a SCR catalyst, which can reduce the NO_x emissions by up to 95%, thereby enabling the machinery to be IMO Tier III compliant.

The Wärtsilä 46F is equipped with a Variable Inlet Valve (VIC) system for improved overall engine performance at partial and low engine loads. It is also available with a twin pump (TP) fuel injection system as standard. With TP, the fuel injection process can be adjusted to match the prevailing engine operating condition and fuel characteristics. By optimizing the injection timing to the engine load in this way, the fuel efficiency is maximized while, because of this efficiency, emissions are minimized. TP works with one plunger controlling the dosage of fuel, while the other controls the injection timing.

Lifecycle Costs

The Wärtsilä 46F has been designed to operate reliably on a range of fuels, even with the poorest quality heavy fuel. Overhaul intervals of up to 24,000 hours and the maintenance-friendly design reduce downtime, ease scheduling, and save operating costs. Since its launch in 2004, the Wärtsilä 46F has consistently proven its best-in-class fuel economy performance, especially at low engine loads, thanks largely to the VIC system that is included as standard.

The Wärtsilä 46F engine is fully compliant with the IMO Tier II exhaust emissions regulations set out in Annex VI of MARPOL 73/7



Wärtsilä 46F

Cylinder bore	460 mm
Piston stroke	580 mm
Cylinder output	1200 kW/cyl
Speed	600 rpm
Mean effective pressure	24.9 bar
Piston speed	11.6 m/s

IMO Tier II

Fuel specification: Fuel oil
7200 sR1/100°F
ISO 8217, category ISO-F-RMK 700
SFOC 175 g/kWh at ISO conditions
Option: Lubricating oil module integrated on engine.

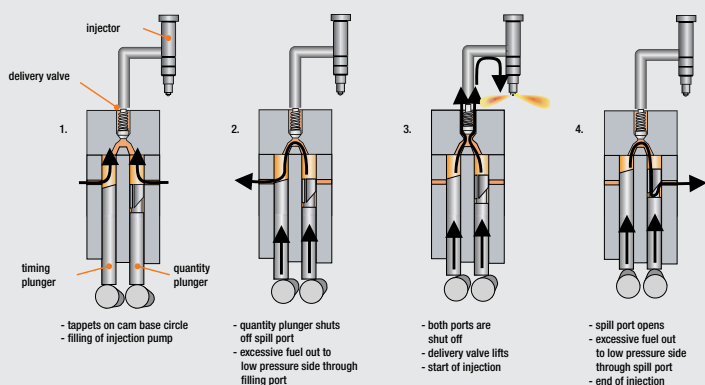
Rated power

Engine type	kW
6L46F	7 200
7L46F	8 400
8L46F	9 600
9L46F	10 800
12V46F	14 400
14V46F	16 800
16V46F	19 200

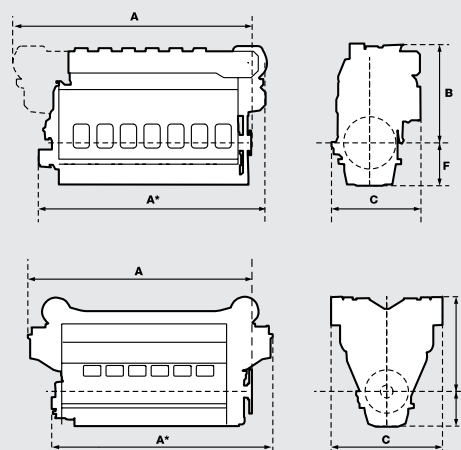
Dimensions (mm) and weights (tonnes)

Engine type	A*	A	B	C	F	Weight
6L46F	8 470	8 620	3 500	2 905	1 480	97
7L46F	9 435	9 440	3 800	3 130	1 480	113
8L46F	10 255	10 260	3 800	3 130	1 480	124
9L46F	11 075	11 080	3 800	3 130	1 480	140
12V46F	10 950	10 280	3 770	4 050	1 820	177
14V46F	11 650	11 729	4 243	4 678	1 820	216
16V46F	12 700	12 880	4 243	4 678	1 820	233

* Turbocharger at flywheel end.



Functional sketch of the twin pump fuel injection system.

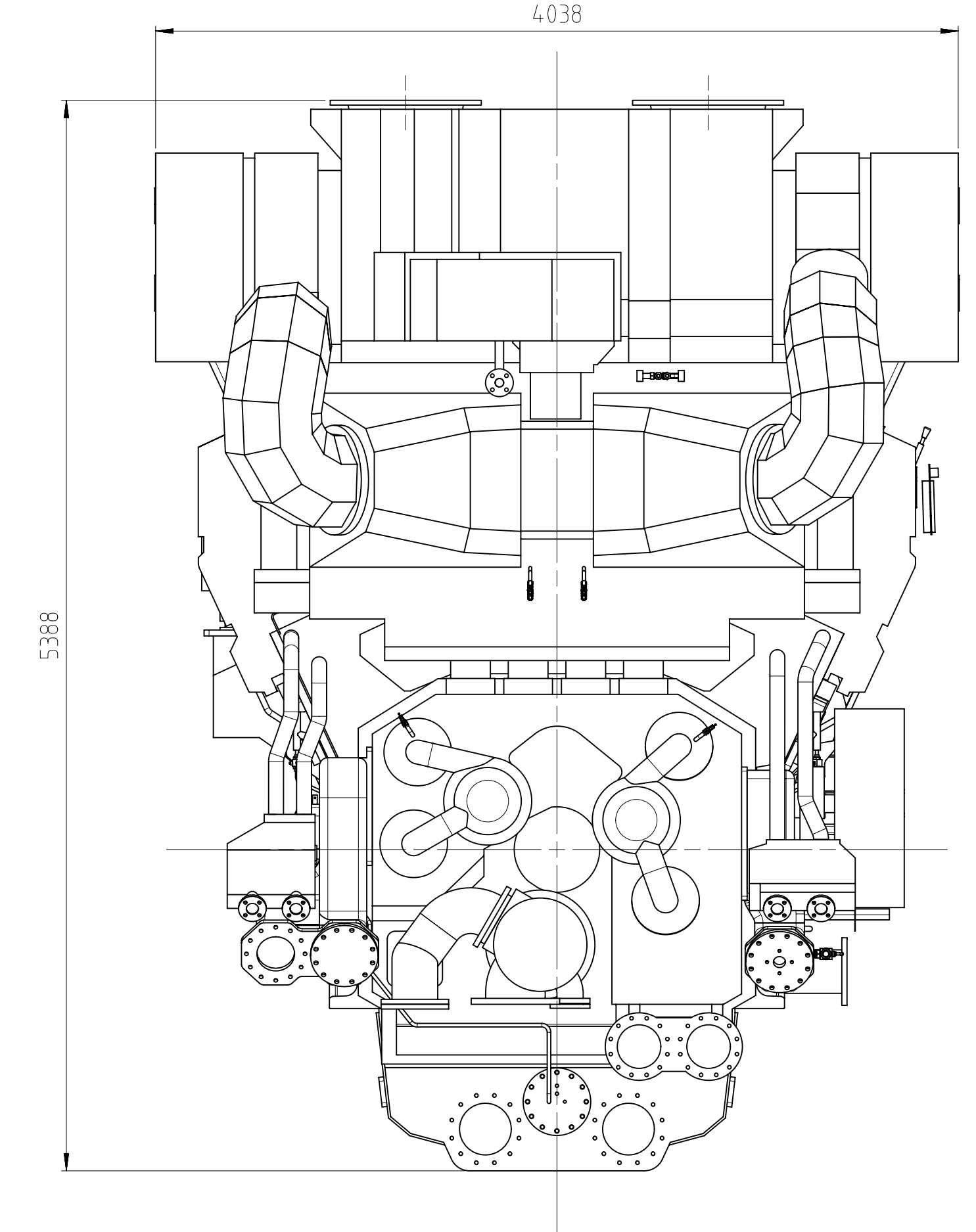
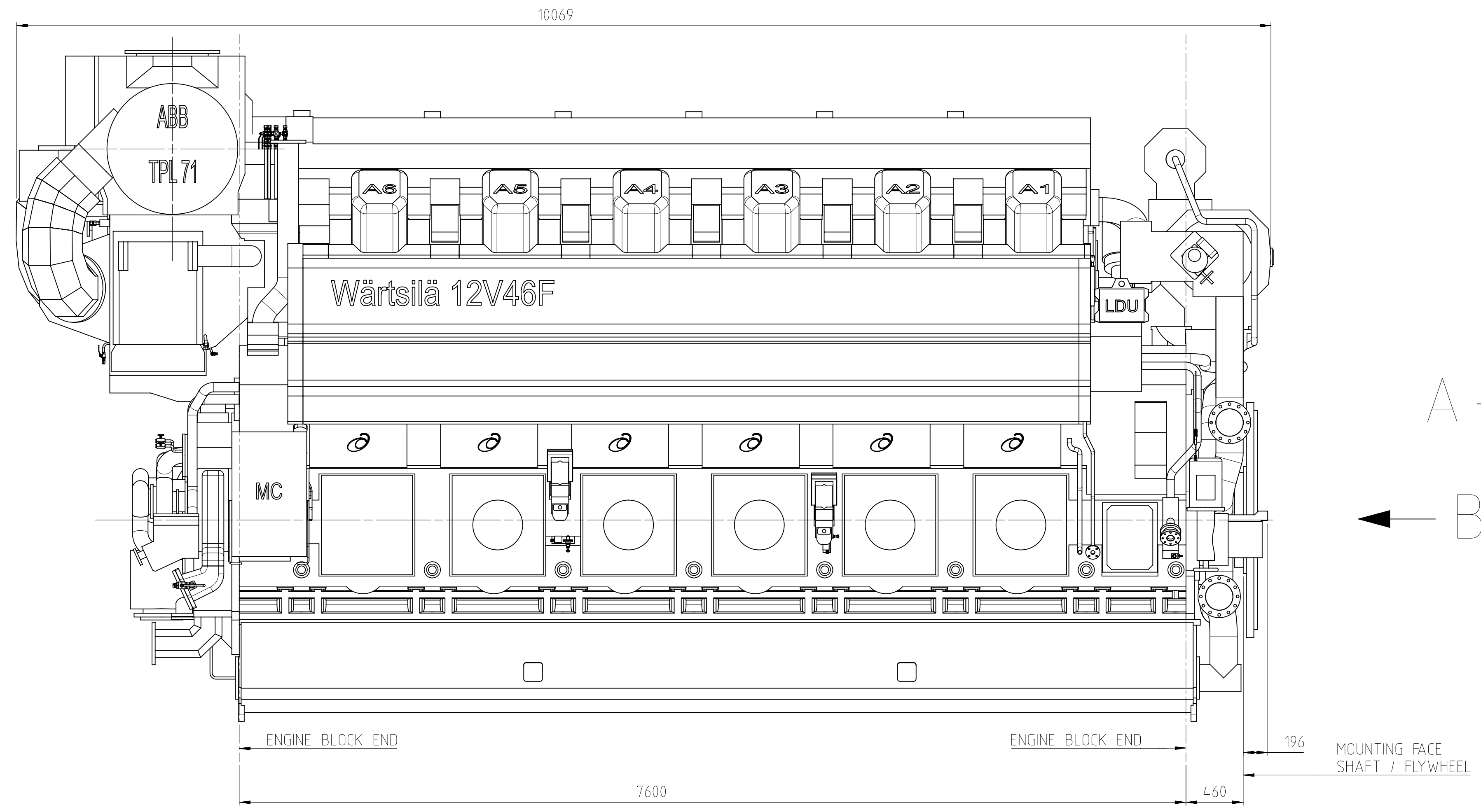


www.wartsila.com

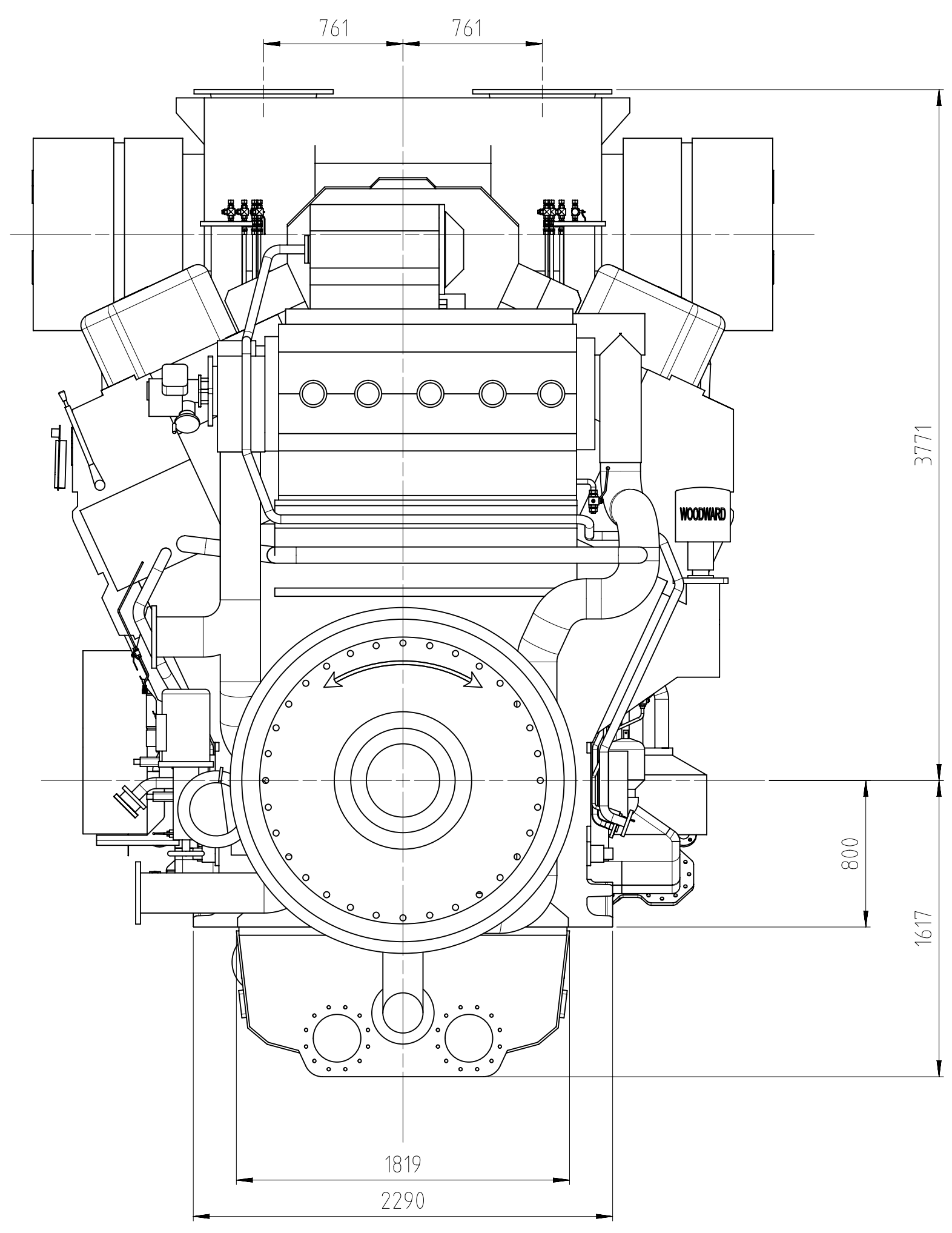
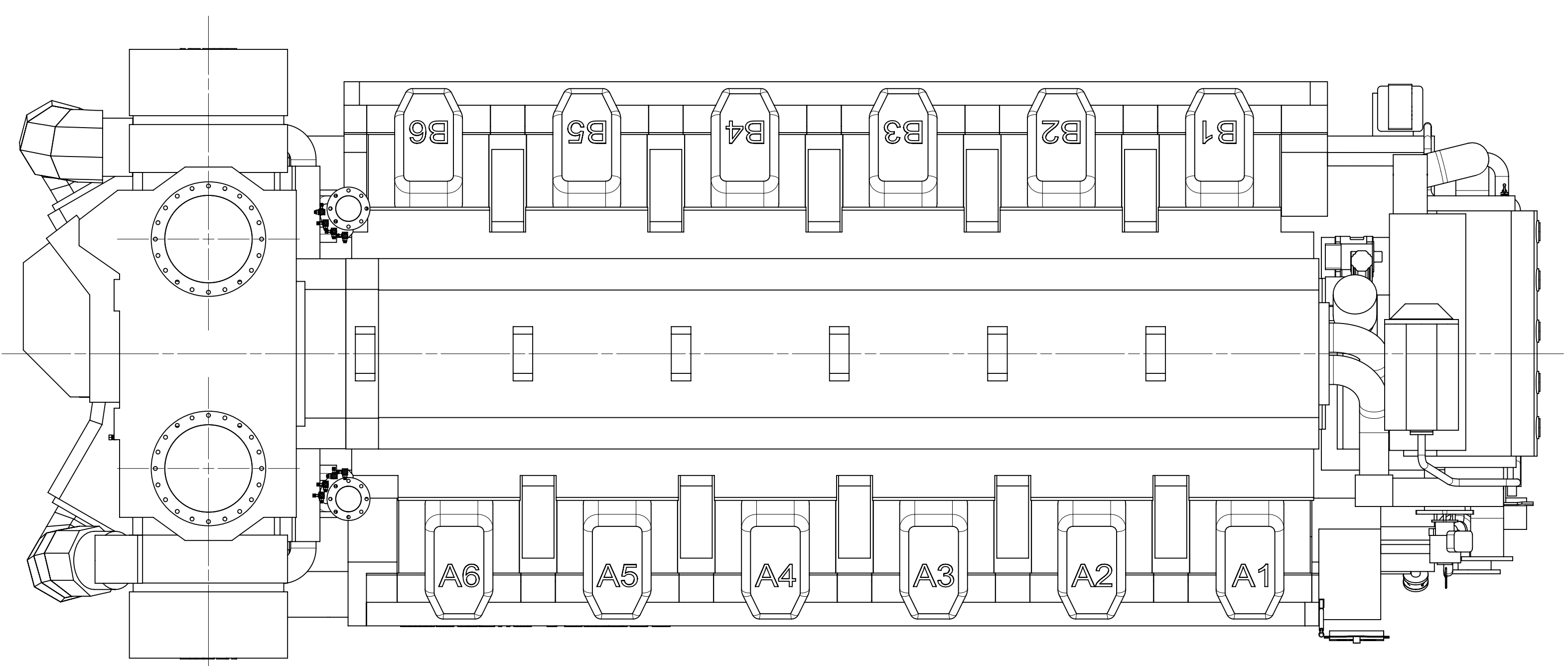
WÄRTSILÄ® is a registered trademark. Copyright © 2019 Wärtsilä Corporation. Specifications are subject to change without prior notice.



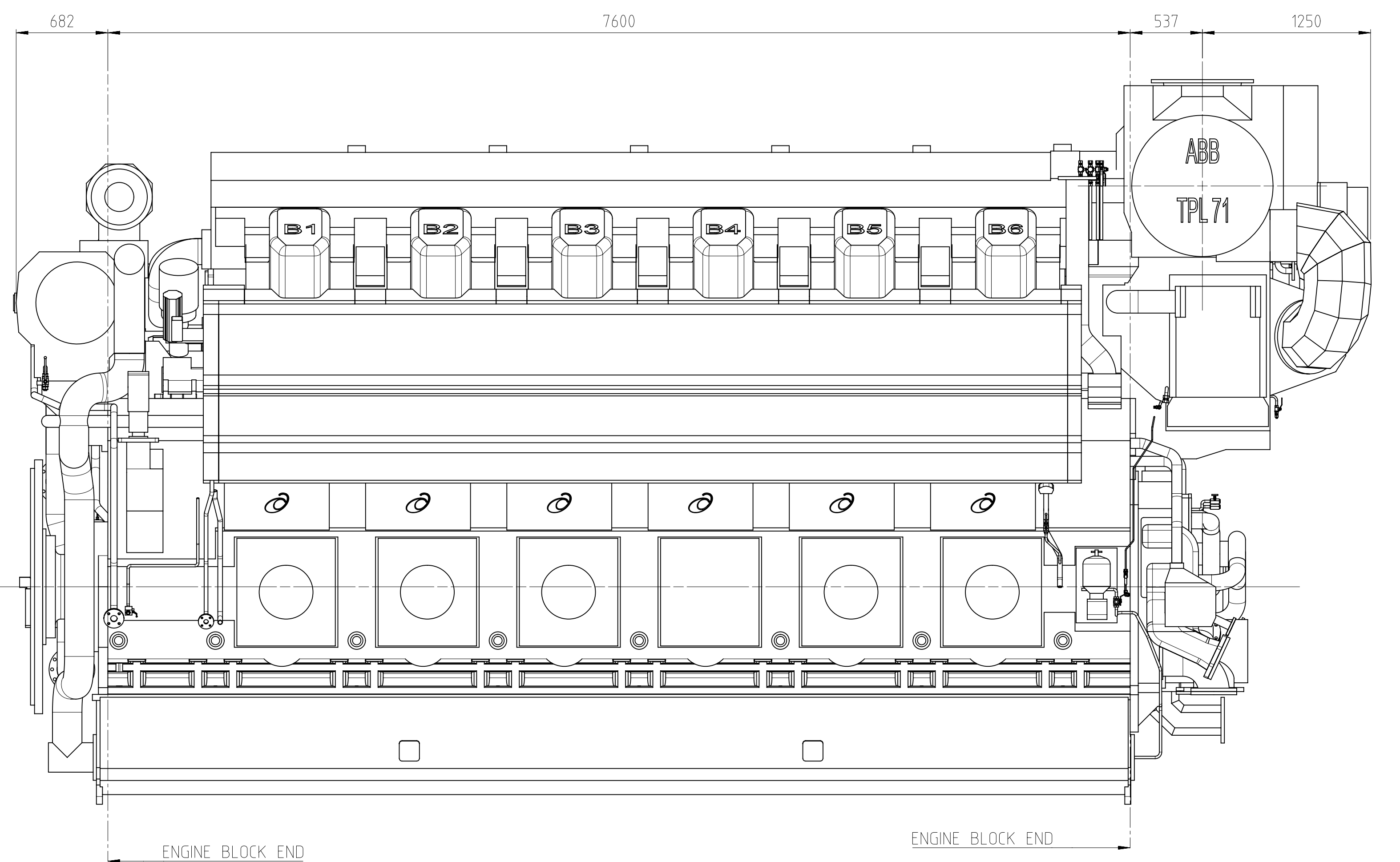
WÄRTSILÄ



A →
← B



VIEW FROM B



VIEW FROM A

THE DRAWING IS FOR GUIDANCE ONLY

Rev	Number	Creation	Approval	Rev	Number	Creation	Approval	Rev	Number	Creation	Approval
Product			W12V46F			ENGINE DRAWING			TC FE - DRY SUMP - FIXED		
Product			W12V46F			MOOTTORPIRUSTUS					
Units	mm	kg	NX	Block Material		Net Weight					
Mod	3.7.2018	mmo051	Mozzon	Scale	1:20	Size	A0	Material			
Chd	11.11.2019	fmo001	Mancusi	Design Group		Page	1/1	Drawing ID	DAAF431831	Drawing Rev	A
Appd	11.11.2019	fmo001	Mancusi	5880							