



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

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

---

*REMOLCADOR ROMPEHIELOS DE 90 TPF*

---

**Grado en Ingeniería Naval y Oceánica**

**ALUMNA/O**

Miguel Burgos Torres

**TUTORAS/ES**

Luis Manuel Carral Couce

**FECHA**

DICIEMBRE 2020



**GRADO EN INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA**

**TRABAJO FIN DE GRADO**

*CURSO 2019-2020*

**PROYECTO NÚMERO**

**TIPO DE BUQUE:** BUQUE REMOLCADOR ROMPEHIELOS 90 TPF, PARA OPERACIONES DE PUERTO Y OPERACIONES ROMPEHIELOS

**CLASIFICACIÓN, COTA Y REGLAMENTOS DE APLICACIÓN:** BUREAU VERITAS, MARPOL, SOLAS Y REGLAMENTOS STANDARD PARA ESTE TIPO DE BUQUE.

**CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA:** 90 TPF

**VELOCIDAD Y AUTONOMÍA:** 12 NUDOS EN CONDICIONES DE SERVICIO, 85% MCR + 15% MM

**SISTEMAS Y EQUIPOS DE CARGA / DESCARGA:** LO HABITUAL EN ESTE TIPO DE BUQUES

**PROPULSIÓN:** DIÉSEL ELÉCTRICA MDO CON DOS HÉLICES AZIPODS

**TRIPULACIÓN Y PASAJE:** 6 TRIPULANTES

**OTROS EQUIPOS E INSTALACIONES:** LOS HABITUALES EN ESTE TIPO DE BUQUES.

Ferrol, 10 Setiembre 2019

ALUMNO/A: **D. MIGUEL BURGOS TORRES**



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

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

---

*REMOLCADOR ROMPEHIELOS DE 90 TPF*

---

**Grado en Ingeniería Naval y Oceánica**

**Cuaderno 11**

**DEFINICIÓN DE LA PLANTA ELÉCTRICA**

## Índice

1.	INTRODUCCIÓN. ....	5
2.	NORMAS DE CUMPLIMIENTO. ....	6
3.	DEFINICIÓN DE LA PLANTA ELÉCTRICA. ....	8
3.1	Parámetros de frecuencia y tensión. ....	8
4.	DESGLOSE Y CARACTERÍSTICAS DE LOS CONSUMIDORES. ....	10
4.1	Sistemas de cámara de máquinas. ....	11
4.2	Equipos y servicios varios. ....	12
4.3	Iluminación. ....	14
4.3.1	Alumbrado de habilitación. ....	15
4.3.2	Alumbrado de cámara de máquinas. ....	16
4.3.3	Alumbrado exterior. ....	16
4.3.4	Alumbrado de emergencia. ....	17
5.	BALANCE ELÉCTRICO. ....	19
5.1	Generalidades. ....	19
5.2	Justificación de coeficientes. ....	20
5.3	Cálculo del balance para las diversas condiciones. ....	22
5.3.1	Condición de navegación. ....	22
5.3.2	Condición de remolque. ....	26
5.3.3	Condición de puerto atracando. ....	29
5.3.4	Condición de emergencia. ....	32
5.3.5	Resultados finales. ....	35
6.	PLANTA GENERADORA. ....	36
6.1	Planta generadora principal. ....	36
6.2	Planta generadora de emergencia. ....	39
6.3	Pick up y reserva de energía. ....	39
7.	COLD IRONING. ....	41
8.	CABLES. ....	43
	<i>ANEXO I: Diagrama unifilar</i> ....	47

## 1. INTRODUCCIÓN.

A lo largo de este cuaderno se realizará el balance eléctrico del buque a proyectar, cuyo objetivo principal será el diseño y definición de las características de la planta.

Se realizará un estudio de las condiciones de carga eléctricas que se dan en el buque proyecto, determinando así el número de generadores que deben estar en funcionamiento para alimentar todas las necesidades del buque. Se deberá garantizar la alimentación de todos los servicios necesarios para el funcionamiento y habitabilidad óptima, sin recurrir a la fuente de emergencia.

Se realiza el balance eléctrico de las siguientes condiciones operativas:

- Condición de navegación.
- Condición de remolque.
- Condición de puerto.
- Condición de emergencia.

Para la realización de este cuaderno se parte de las siguientes características del buque proyecto:

<b>Características principales</b>	
<b>Lpp</b>	38 m
<b>B</b>	12,5 m
<b>D</b>	6,65 m
<b>T</b>	5,27 m
<b>BHP</b>	6000 kW
<b>Desplazamiento</b>	1308,6
<b>Cb</b>	0,52
<b>Cm</b>	0,98
<b>Cp</b>	0,53
<b>Velocidad (m/s)</b>	6,17
<b>Velocidad (kn)</b>	12
<b>L</b>	40,36 m

A lo largo del cuaderno, se realizará un desglose de los consumidores del buque, definiendo las características de cada uno de ellos. Para ello, se recurrirá a los datos obtenidos de los Cuadernos 6, 10 y 12.

## 2. NORMAS DE CUMPLIMIENTO.

Para la realización del balance eléctrico del buque proyecto es necesario tener en cuenta los requisitos de la RPA.

El buque debe poder navegar a 12 nudos al 85% del MCR (Maximum continuous rating of engine). La propulsión seleccionada para el buque proyecto es diésel eléctrica.

El hecho de emplear propulsores eléctricos fundamentados en convertidores de potencia generará la necesidad de limitar los armónicos en la instalación eléctrica y de separar estos equipos de las cargas lineales. También se debe considerar que el cuadro eléctrico deberá estar dividido en secciones simétricas, aportando así confiabilidad y redundancia al buque.

Por otro lado, se deberá instalar un número uniforme de grupos electrógenos que aseguren una distribución de carga simétrica en las secciones de barras colectoras de los cuadros. Los consumidores eléctricos deberán estar dispuestos y repartidos simétricamente en los cuadros de distribución, el cual determina el nivel de corrientes de cortocircuito que debe poder resistir y la capacidad de corte de los interruptores automáticos.

El proceso que se seguirá es el siguiente:

- Definición de la planta eléctrica.
- Desglose y características de los consumidores.
- Cálculo de alumbrado.
- Balance eléctrico para las diversas condiciones.
- Análisis de resultados y cálculo de los generadores.
- Diseño del diagrama unifilar y configuración de la planta eléctrica.
- Cálculo de cables y otros componentes.

Para la realización de este cuaderno, se tendrán en cuenta las siguientes normativas:

- Norma UNE-CEI 21135-XXX
- Convenio SOLAS.
- Sociedad de Clasificación, Bureau Veritas, *“Part C: Machinery, Electricity, Automation and Fire Protection”*.

En cuanto a las condiciones ambientales, el buque proyecto debe cumplir una serie de condiciones.

En relación a la inclinación del buque, los equipos eléctricos deberán funcionar para buques estáticos en  $-25^{\circ}$  y para buques navegando en  $+25^{\circ}$  con un trimado de  $10^{\circ}$ .

En cuanto a las vibraciones, deberán tolerar rangos de frecuencia de vibraciones de 5 a 50 Hz y un rango de amplitud de 20 mm/s.

En cuanto a la temperatura, la temperatura ambiente debe ser como máximo de  $45^{\circ}\text{C}$ , variando la temperatura mínima dependiendo de la localización del buque.

En cuanto a los grados de protección, dependerán de la localización y se basarán en lo que indica la Sociedad de Clasificación.

## 3. DEFINICIÓN DE LA PLANTA ELÉCTRICA.

### 3.1 Parámetros de frecuencia y tensión.

Es necesario definir la tensión y la frecuencia que se empleará a bordo. Se detallarán los requisitos a cumplir según la norma IEC 60092-101:2002:

Parámetros de tensión:

- Tolerancia de la tensión permanente: +6% -10%.
- Tolerancia de la tensión desequilibrada: 7%
- Desequilibrio de la tensión entre fases (permanente): 3%
- Desviación de la variación cíclica de la tensión (permanente): 2%
- Transitorios de tensión: +20% - 20%
- Tiempo de recuperación de los transitorios de tensión: máximo 1,5 s.

Parámetros de la frecuencia:

- Tolerancia de la frecuencia (permanente): +5% - 5%
- Desviación de la variación cíclica de la frecuencia (permanente): 0,5%
- Tolerancia de los transitorios de frecuencia: +10% - 10%
- Tiempo de recuperación de los transitorios: máximo 5 s.

La distorsión armónica total (THD) sirve como medida del contenido total de armónicos en una señal. El contenido máximo de armónicos en una instalación no debe superar el 10%.

Debido a las ventajas que supone la utilización de corriente alterna frente a la continua, será la primera, la escogida para el buque proyecto. Al ser:

$$P = I \cdot \sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi$$

Trabajando a altas tensiones, las intensidades bajan notablemente y se puede utilizar cables de menor sección. Esta posibilidad de tensiones mayores la proporciona la corriente alterna.

La corriente alterna facilita la transformación a otras tensiones, debido a la necesidad de muchos consumidores.

También supone un menor coste en el mantenimiento y una mayor compatibilidad con la red del puerto.

Una vez decidida la utilización de corriente alterna, se realiza la elección tanto de frecuencia como de tensión.

En cuanto a la elección de la frecuencia, se decide escoger 50 Hz, ya que el buque se limitará a trabajar en puertos europeos.

En cuanto a la tensión a utilizar, las características de los consumidores, condicionarán la tensión a emplear.



En el caso del buque proyecto, los consumidores principales serán los motores eléctricos que se utilizarán para la propulsión del buque, que trabajarán a 3300V, por lo tanto, está será la tensión de salida del alternador, siendo está la proporcionada por los diésel-generadores. Para la mayoría de los consumidores se utilizará una tensión de 400 V, obteniéndola mediante transformadores.

Por medio de transformadores se obtendrá la tensión de 230V a la que se alimentarán otros consumidores como equipos electrodomésticos, alumbrado, etc.

Para algunos de los equipos que se alimentarán con corriente continua de 24 V, se instalarán unos rectificadores AD/CD.

La red principal de distribución, estará controlada a través de los cuadros principales, que a su vez son controlados desde la cámara de control situada en la cámara de máquinas.

Se establecerán subsecciones de potencia, es decir, por medio de interruptores se divide en secciones el cuadro principal para mantener el suministro en caso de fallo.

## 4. DESGLOSE Y CARACTERÍSTICAS DE LOS CONSUMIDORES.

En este apartado se realiza la obtención de las potencias de los consumidores, para ello se recurre a los cálculos realizados a lo largo de los cuadernos anteriores, concretamente al Cuaderno 10 y Cuaderno 12.

Se realizará un desglose de las características de cada consumidor a lo largo del buque proyecto. A continuación, se muestran los distintos consumidores con la potencia absorbida por cada uno de ellos.

**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

Como consideración previa, cabe destacar que, en el caso de las bombas accionadas por motores eléctricos, se han empleado las eficiencias y potencias normalizadas que se muestran en la tabla.

Para ello, se elegirán las potencias y eficiencias normalizadas de motores de 4 polos, trabajando a la misma frecuencia que el buque, 50 Hz. Esta tabla viene según lo expuesto en IE 6000034-30:2014.

Para potencia inferior a 20 kW, se emplearán motores de eficiencia estándar y para potencias superiores a 20 kW, se emplearán de alta eficiencia.

Para el resto de equipos y servicios calculados en cuadernos anteriores, se considerará la potencia calculada con la eficiencia incluida. En los casos que sea necesario, se consultarán los catálogos comerciales para obtener la potencia consumida real.

Para el desglose de los consumidores del buque a proyectar, se consideran tres bloques principales:

- Sistemas de cámara de máquinas.
- Equipos y servicios.
- Iluminación.

A continuación, se mostrarán las potencias y el desglose de los consumidores de cada uno de los bloques. Además, se calculará la potencia de iluminación para el buque a proyectar.

#### 4.1 Sistemas de cámara de máquinas.

En cuanto a los sistemas de cámara de máquinas se pueden diferenciar entre los sistemas de propulsión y los sistemas auxiliares de los generadores principales.

En los sistemas de propulsión podemos identificar los motores eléctricos encargados de proporcionar movimiento a la hélice. Como se ha comentado son dos motores incluidos en el AziPod, cuya potencia viene dada por el fabricante.

La potencia necesaria para la condición mas desfavorable, que es la de remolque, es de 3000 Kw por cada motor eléctrico.

Respecto a los sistemas auxiliares de los generadores principales, se han incluido todas las bombas, servicios y demás servicios necesarios para los motores, cuyas potencias han sido calculadas anteriormente en el Cuaderno 10. Los sistemas correspondientes son:

- Sistema de refrigeración.
- Sistema de lubricación.
- Sistema de combustible.
- Sistema de aire de arranque.

A continuación, se muestra la tabla de potencias totales de los sistemas indicados del buque proyecto.

SISTEMA	NOMBRE DEL EQUIPO	Nº de equipos	Potencia calculada (kW)	Potencia útil (kW)	ne	Potencia Absorbida (kW)	Potencia Total (kW)
<b>Sistema de propulsión</b>	Motor eléctrico	2	-	3000	0,94	3191,5	6383,0
<b>Sistema de refrigeración</b>	Bomba agua dulce HT	2	14,8	15	0,887	16,9	33,8
	Bomba de agua dulce LT	2	14,8	15	0,887	16,9	33,8
	Bomba precalentador	2	4,42	5,5	1,1	5,0	10,0
	Precalentador	1	78,25	90	0,93	96,8	96,8
<b>Sistema de lubricación</b>	Unidad separadora	1	3,3	-	-	3,3	3,3
	Bomba alimentación	2	0,1	0,12	0,5	0,2	0,5
<b>Sistema de combustible</b>	Bomba de circulación MDO	2	0,94	1,1	0,75	1,5	2,9
	Bomba del separador	1	0,85	4,48	0,75	6,0	6,0
	Enfriador	2	2,5	-	-	2,5	5,0
<b>Sistema aire comprimido</b>	Compresor aire de arranque	2	11	11	0,876	12,6	25,1

## 4.2 Equipos y servicios varios.

En este apartado se engloban diferentes equipos y sistemas instalados en el buque proyecto, como:

- Sistema de sentinas.
- Sistema Contraincendios.
- Sistema de agua sanitaria.
- Sistema de ventilación y aire acondicionado.
- Sistema de amarre y fondeo.
- Sistema de remolque.
- Fonda y hotel.
- Equipos de mantenimiento.
- Equipos de navegación, comunicaciones y electrónica.

A continuación, se muestra la tabla de potencias totales de los sistemas y equipos indicados del buque a proyectar:

SISTEMA	NOMBRE DEL EQUIPO	Nº de equipos	Potencia calculada (kW)	Potencia útil (kW)	ne	Potencia Absorbida (kW)	Potencia Total (kW)
<b>Sistema de sentinas</b>	Bomba de sentinas	2	0,39	0,4	0,668	0,6	1,2
<b>Sistema C.Incendios</b>	B. Contraincendios	2	7,46	7,5	0,86	8,7	17,4
	B de emergencia	1	4,48	5,5	0,847	6,5	6,5
	Bomba monitores	1	45	45	0,931	48,3	48,3
<b>Sistema agua sanitaria</b>	B. de suministro	2	1,48	1,5	0,772	1,9	3,9
	B. de circulación	2	0,1	0,12	0,5	0,24	0,5
	Calentador	1	15	-	-	15	15,0
<b>Sistema ventilación y aire acondicionado</b>	Ventilador CM	4	37	-	-	37	148,0
	Exhaustación CM	2	37	-	-	37	74,0
	Vent. Espacios públicos	4	0,075	0,12	0,5	0,2	1,0
	Ventilación aseos	7	0,176	0,12	0,5	0,2	1,7
	Ventilación pañoles	2	0,086	0,12	0,5	0,2	0,5
	Ventilación cocina	1	0,18	0,12	0,5	0,2	0,2
	Ventilación sala baterías	1	0,03	0,12	0,5	0,2	0,2
<b>Sistema amarre y fondeo</b>	A/C	1	12,23	15	0,887	16,9	16,9
	Chigres	1	36,88	37	0,912	40,6	40,6
<b>Sistema de remolque</b>	Molinete	2	12,7	15	0,887	16,9	33,8
	Chigres	1	490,5	500	0,94	531,9	531,9
<b>Fonda y Hotel</b>	Cocina eléctrica	1	8	-	-	8	8
	Horno	1	2,5	-	-	2,5	2,5
	Microondas	1	2	-	-	2	2
	Lavaplatos	1	2	-	-	2	2
	Cafetera	1	0,5	-	-	0,5	0,5
	Freidora	1	2	-	-	2	2
	Frigorífico	1	1	-	-	1	1
	Lavadora	1	2	-	-	2	2
	Secadora	1	2	-	-	2	2
	Compresor gambuza	2	10	-	-	10	20
	Televisiones	8	0,2	-	-	0,2	1,6
	Plancha	1	2,5	-	-	2,5	2,5
<b>Mantenimiento</b>	Taladro	1	1	-	-	1	1
	Grupo soldadura	1	6	-	-	6	6
<b>Equipos de navegación</b>	Equipos de radio	1	2,5	-	-	2,5	2,5
	Equipos de navegación	1	3	-	-	3	3
	Automatización	1	2,5	-	-	2,5	2,5
	Protección catódica	1	10	-	-	10	10

### 4.3 Iluminación.

En cuanto a la iluminación, dentro de estas instalaciones, se pueden distinguir tres tipos:

- Alumbrado general: Consiste en el alumbrado común de los distintos compartimentos del buque. Los puntos de iluminación han de estar adecuadamente repartidos para proporcionar la iluminación necesaria para cada local. Este sistema será alimentado por los motores generadores principales, desapareciendo en caso de que los generadores dejen de funcionar. Las luces de navegación y señales son aquellas que debe llevar el buque para navegar en la noche.
- Alumbrado exterior: Consiste en todas las luces necesarias para la iluminación de la cubierta principal, zonas de botes de rescate, etc.
- Alumbrado de emergencia: Consiste en permitir tener iluminación en caso de que falle la fuente de energía principal. En caso de alumbrado de socorro, deberá poder iluminar la cámara de máquinas y puestos de maniobra, puente, puntos de evacuación y proyectores de botes.

El alumbrado de emergencia deberá saltar automáticamente cuando por cualquier motivo haya una interrupción en la fuente de energía principal. En el caso del buque proyecto es alimentado por un grupo de baterías localizado en el pañol de popa, que permite mantener alumbradas las partes esenciales del buque.

La potencia de iluminación se calculará mediante el libro de *“Electricidad aplicada al buque”* de Mario Baquerizo.

La expresión para el cálculo es la siguiente:

$$L = \frac{S \cdot E \cdot F_d}{F_u}$$

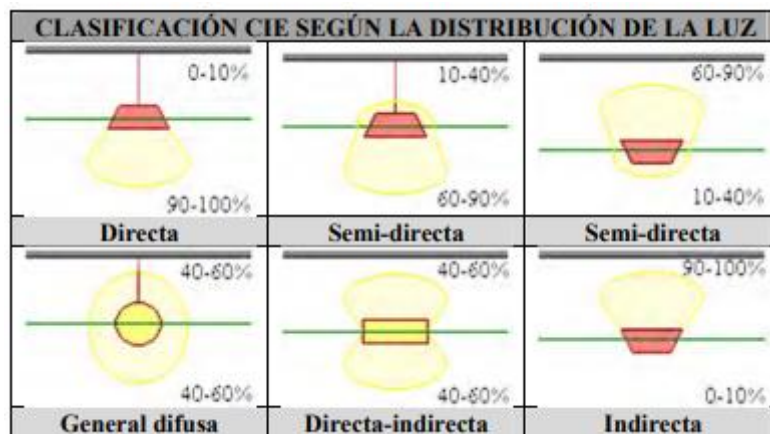
$$P = \frac{L}{n} \text{ kW}$$

Donde:

- $P$ : Potencia, en kW.
- $L$ : Flujo luminoso en lúmenes (lm).
- $n$ : Rendimiento de la lámpara, en lm/W.
- $E$ : Iluminación en luxes (lx). Viene dado según la zona del buque, tal y como se muestra en 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 <sup>3</sup>	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

- $S$ : Superficie a iluminar, en m<sup>2</sup>.
- $F_d$ : Factor de suciedad, estimado entre 1,25 y 2,5 según la zona. Se tomará como valor medio 2.
- $F_u$ : Factor de utilización. Se toma un valor de 0 a 1 para establecer el porcentaje de tiempo que se suele utilizar la iluminación. Se escogerá luz directa, y se tomará un valor medio de 0,5.



#### 4.3.1 Alumbrado de habitación.

Para las cubiertas de habitación se tendrán en cuenta los siguientes coeficientes E:

- Cubierta principal: En ella se encuentra las diversas gambuzas, cocina, comedor, etc. Por lo tanto, se estimará un coeficiente medio E de 300 lx.
- Cubierta baja: En ella se encuentran camarotes de la tripulación. Por lo tanto, se estimará un coeficiente medio E de 200 lx.
- Cubierta puente: En el puente se encuentra todo lo necesario para la navegabilidad del buque. Se estimará un coeficiente E de 250 lx.

A continuación, se muestra la estimación de potencia para la habitación.

ALUMBRADO DE LA HABILITACIÓN					
ZONA	ILUMINACION	SUPERFICIE	FLUJO LAMINOSO	n LED	POTENCIA (Kw)
Cubierta principal	300	144,6	173520	150	1,16
Cubierta baja	200	84,25	67400	150	0,45
Cubierta puente	250	33,9	33900	150	0,23
<b>TOTAL</b>					<b>1,83</b>

#### 4.3.2 Alumbrado de cámara de máquinas.

A continuación, se calculará la potencia necesaria para el alumbrado en la cámara de máquinas del buque proyecto. Su iluminación, debe ser entre 300 y 400 lx, por lo tanto, se estima un coeficiente E de 400 lx.

ALUMBRADO CÁMARA DE MÁQUINAS					
ZONA	ILUMINACION	SUPERFICIE	FLUJO LAMINOSO	n LED	POTENCIA (Kw)
Cubierta a 1 m	400	143,08	228928	150	1,53
Cubierta a 4,05 m	400	32,52	52032	150	0,35
Local PODS	400	34,8	55680	150	0,37
<b>TOTAL</b>					<b>2,24</b>

#### 4.3.3 Alumbrado exterior.

En cuanto al alumbrado exterior, se tendrá en cuenta la iluminación necesaria para llevar a cabo los trabajos en el exterior del buque.

En el caso del buque proyecto, se tendrán en cuenta dos situaciones, la de navegación normal y la de remolque.

##### **Navegación normal:**

El voltaje máximo permitido en el alumbrado de navegación son 24 V, para poder ser alimentados por un grupo de baterías, en el caso de que los generadores fallen.

El alumbrado debe tener las siguientes características:

- Duplicidad en las luces.
- Dispositivo de alarma de indicación de fallo.
- Entrará automáticamente la fuente de energía de emergencia en caso de fallo de suministro.

ALUMBRADO EXTERIOR EN NAVIGACIÓN			
NAVEGACIÓN	Ángulo de visión	Alcance (millas)	Potencia (kW)
Luz de tope a proa	225º	5	0,06
Luz de tope a popa	225º	5	0,06
Luces de costado	112,5º	2	0,12
Luz de alcance	135º	2	0,12
<b>TOTAL</b>			<b>0,36</b>



### **Remolque:**

Según el “Reglamento internacional para prevenir abordajes” de 1972, Parte C. “Luces y marcas”, las luces obligatorias en esta situación para buques con esloras comprendidas entre 12 y 50 m, son las siguientes.

<b>ALUMBRADO EXTERIOR EN REMOLQUE</b>			
<b>NAVEGACIÓN</b>	<b>Ángulo de visión</b>	<b>Alcance (millas)</b>	<b>Potencia (kW)</b>
Luces de tope	225º	5	0,12
Luces de costado	112,5º	2	0,12
Luz de alcance	135º	2	0,06
Luz de remolque	135º	2	0,06
Luz todo horizonte	360º	2	0,06
<b>TOTAL</b>			<b>0,42</b>

Se consideran 200 W para las luces situadas en el exterior, a proa y popa y costados de superestructura.

Además, se instalarán 6 proyectores de 1000 w para las maniobras, dos en la parte trasera del puente, dos en la delantera y uno a cada costado.

Se instalará otro proyector de largo alcance, de 1500 W, operable manualmente desde el puente de gobierno.

#### 4.3.4 Alumbrado de emergencia.

Para el alumbrado de emergencia, se alimentará por un grupo de baterías, las cuales saltarán automáticamente cuando detecte la caída de potencia. Los espacios a iluminar son la cámara de máquinas del buque, el puente de gobierno y los pasillos de acceso.

<b>ALUMBRADO DE EMERGENCIA</b>					
<b>ZONA</b>	<b>ILUMINACION</b>	<b>SUPERFICIE</b>	<b>FLUJO LAMINOSO</b>	<b>n LED</b>	<b>POTENCIA (Kw)</b>
Cubierta principal	150	18	10800	150	0,07
Cubierta baja	150	6,46	3876	150	0,03
Cubierta puente	250	33,9	33900	150	0,23
Cubierta C.Máquinas	400	175,6	280960	150	1,87
Local PODS	400	34,8	55680	150	0,37
<b>TOTAL</b>					<b>2,57</b>

Para el buque a proyectar se han escogido lámparas LED, dónde a diferencia de las lámparas incandescentes y fluorescentes, casi toda la energía empleada por estos diodos es convertida en luz en lugar de calor, lo cual las hace muy eficientes. Tiene enormes ventajas sobre las lámparas comunes, como su bajo consumo de energía y su mantenimiento casi nulo. Además, presenta una vida útil aproximadamente de entre 50000 h y 100000 h.



El rendimiento de las lámparas LED se estima en un valor mínimo aproximado de 150 W/lm, frente al resto, cuyo valor ronda los 80 W/lm. Es por esta razón por la cual la potencia requerida por el alumbrado es bastante inferior en caso de emplear LED.

## 5. BALANCE ELÉCTRICO.

El balance eléctrico del buque es un procedimiento para estimar la fracción de potencia instalada que ha de ser consumida en las diferentes situaciones del buque.

### 5.1 Generalidades.

El grado de precisión del balance eléctrico del buque dependerá del nivel de desarrollo del proyecto, ya que cuanto más avanzado se encuentre, más datos y mayor precisión tendrá.

El balance eléctrico se puede realizar siguiendo diferentes métodos:

- Estimación directa mediante fórmulas: ofrece una estimación simple del consumo en la situación de navegación, sirviendo para hacer una estimación del peso volumen y consumos de los grupos generadores.
- Estimación basada en el buque de referencia: Si se dispone de un proyecto, se puede establecer una proporción para estimar la potencia de los grupos en función del cálculo realizado anteriormente.
- Estimación clásica detallada: Se realizan totales y subtotales de las potencias activas de cada grupo para cada situación de navegación.
- Cálculo avanzado: Se realiza el cálculo de la potencia reactiva y aparente, teniendo en cuenta el factor de potencia de cada consumidor.

El objetivo será determinar la potencia de los generadores a instalar, que satisfaga la potencia absorbida del buque en su situación más desfavorable. Consistirá en un estudio de las necesidades energéticas en las diferentes situaciones de carga.

Para realizar el balance eléctrico del buque proyecto se estudiarán 4 situaciones, las cuales se pueden dar en el buque:

- **NAVEGACIÓN NORMAL:**  
Se estudiará el balance para el buque navegando a plena carga, con los sistemas necesarios operáticos, a la velocidad de servicio de 12 nudos, durante 24 horas.
- **CONDICIÓN EN PUERTO:**  
Se estudiará la potencia que requiere el buque en dicha condición, con los sistemas necesarios, estimando un tiempo aproximado de 4 horas.
- **CONDICIÓN DE REMOLQUE:**  
Se estudiará esta condición en la que el buque proporciona la potencia máxima a los propulsores, mientras se utiliza el chigre de remolque, estimando un tiempo aproximado de 3 horas.
- **CONDICION DE EMERGENCIA:**  
Se estudiará la potencia requerida por los consumidores que deban funcionar en dicha condición. La condición de emergencia se dimensiona en base a la normativa SOLAS, Parte D, Regla 43.  
Los equipos activos en esta condición se estiman que deben estar en funcionamiento durante 18 horas.  
Según esta regla los equipos principales de funcionamiento son:

- Bomba de contraincendios de emergencia
- Bomba de achique y sentinas.
- Iluminación de emergencia.
- Sistemas de comunicaciones.
- Sistema de fondeo.

El funcionamiento del buque en cada una de las condiciones de carga se detallará en los apartados posteriores. Para la realización del balance eléctrico, se dividirán los consumidores tal y como se ha detallado en el apartado anterior.

Para el balance, la potencia absorbida de cada consumidor vendrá dado por:

$$P_{absorbida} = \frac{P_{util}}{n_e}$$

Donde:

- $P_{util}$ : Vendrá dado por la potencia calculada, o bien en caso de bombas, por la potencia normalizada.
- $n_e$ : Redimiento efectivo de cada consumidor

$$P_{TOTAL} = P_{absorbida} \cdot N^{\circ}_{equipos}$$

Para la estimación de la potencia consumida por cada equipo o conjunto se empleará la siguiente fórmula:

$$P_{necesaria} = K_u \cdot P_{TOTAL}$$

Donde:

- $K_u$ : Coeficiente o factor de utilización
- $P$ : Potencia total instalada para el grupo de aparatos.

A continuación, se detallará la obtención del coeficiente de utilización, empleado para la obtención final de la potencia.

## 5.2 Justificación de coeficientes.

Para obtener la potencia demandada en cada situación de carga del buque, es necesario multiplicar la potencia total por el coeficiente de utilización. Este coeficiente se obtiene a partir de diversos factores tal y como se detalla a continuación.

$$K_u = K_n \cdot K_{sr}$$

Donde:

- $K_n$ : Coeficiente denominado “Factor de simultaneidad en marcha”. Refleja que un cierto número de receptores idénticos puedan permanecer inactivos por tratarse de respectos. Será, por lo tanto, la relación entre el número de equipos funcionando simultáneamente en relación al número total.

$$K_n = \frac{N^{\circ} \text{ de equipos en servicio}}{N^{\circ} \text{ total de equipos instalados}}$$

De este modo, por ejemplo, si el buque tiene dos bombas instaladas, pero tan sólo una funciona, este factor será de 0,5.

- $K_{sr}$ : Coeficiente de servicio y régimen. Este factor se obtiene a partir de:

$$K_{sr} = K_s \cdot K_r$$

Donde:

- $K_s$ : Coeficiente de servicio, el cual depende del número de horas que se encuentre en funcionamiento.

$$K_s = \frac{N^{\circ} \text{ horas en servicio}}{24 \text{ h}}$$

- $K_r$ : Coeficiente de régimen, dependiendo del régimen al que trabaje la máquina.

$$K_r = \frac{\text{Potencia absorbida del motor en servicio}}{\text{Potencia absorbida en régimen nominal}}$$

$$K_r = \frac{\text{Potencia absorbida}}{\text{Potencia útil}} \cdot n$$

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, se reserva un margen con el objetivo de poder hacer frente a un exceso de potencia requerida, en casos de navegación a velocidad máxima o con condiciones meteorológicas adversas. Este margen no se puede obtener de forma matemática debido al desconocimiento de sus variables, por lo que su valor se obtendrá en base a los buques de referencia.

### 5.3 Cálculo del balance para las diversas condiciones.

En este apartado se muestran las tablas de balance y sus resultados de las diversas condiciones. Se tendrá en cuenta el número de horas de funcionamiento en la condición de emergencia, según lo estipulado por la normativa SOLAS.

#### 5.3.1 Condición de navegación.

Para la navegación normal a plena carga, los motores propulsores trabajarán con el objetivo de ofrecer a la hélice la potencia necesaria en la condición de navegación, calculada en cuadernos anteriores. Los sistemas auxiliares del motor estarán operativos.

A continuación, se muestra una tabla del balance para esta condición.

EQUIPOS		CARACTERÍSTICAS						NAVEGACIÓN					Coeficiente KSR		
SISTEMA	NOMBRE DEL EQUIPO	Nº de equipos	Potencia calculada (kW)	Potencia útil (kW)	ne	Potencia Absorbida (kW)	Potencia Total (kW)	Nº ON	Kn	Ksr	Ku	P necesaria	Nº horas	ks	kr
Sistema de propulsión	Motor eléctrico	2	-	3000	0,94	3191,5	6383,0	2	1	0,25	0,25	1595,74	24	1	0,25
Sistema de refrigeración	Bomba agua dulce HT	2	14,8	15	0,887	16,9	33,8	1	0,5	0,675	0,3375	11,41	18	0,75	0,9
	Bomba de agua dulce LT	2	14,8	15	0,887	16,9	33,8	1	0,5	0,675	0,3375	11,41	18	0,75	0,9
	Bomba precalentador	2	4,42	5,5	0,847	6,5	13,0	1	0,5	0,675	0,3375	4,38	18	0,75	0,9
	Precalentador	1	78,25	90	0,93	96,8	96,8	1	1	0,675	0,675	65,32	18	0,75	0,9
Sistema de lubricación	Unidad separadora	1	3,3	-	-	3,3	3,3	1	1	0,675	0,675	2,23	18	0,75	0,9
	Bomba alimentacion	2	0,1	0,12	0,5	0,2	0,5	1	0,5	0,675	0,3375	0,16	18	0,75	0,9
Sistema de combustible	Bomba de circulacion MDO	2	0,94	1,1	0,75	1,5	2,9	2	1	0,675	0,675	1,98	18	0,75	0,9
	Bomba separador	1	0,85	1,1	0,75	1,5	1,5	1	1	0,675	0,675	0,99	18	0,75	0,9
	Enfriador	2	2,5	-	-	2,5	5,0	1	0,5	0,375	0,1875	0,94	10	0,417	0,9
Sistema aire comprimido	Compresor aire de arranque	2	11	11	0,876	12,6	25,1	2	1	0,3375	0,3375	8,48	9	0,375	0,9
SISTEMA	NOMBRE DEL EQUIPO	Nº de equipos	Potencia calculada (kW)	Potencia útil (kW)	ne	Potencia Absorbida (kW)	Potencia Total (kW)	Nº ON	Kn	Ksr	Ku	P necesaria	Nº horas	ks	kr
Sistema de sentinas	Bomba de sentinas	2	0,39	0,4	0,668	0,6	1,2	1	0,5	0,3	0,15	0,18	8	0,33	0,9

<b>Sistema C.Incendios</b>	B. Contraincendios	2	7,46	7,5	0,86	8,7	17,4	0	0	0	0	0,00	0	0,00	0,9
	B de emergencia	1	4,48	5,5	0,847	6,5	6,5	0	0	0	0	0,00	0	0,00	0,9
	Bomba monitores	1	45	45	0,931	48,3	48,3	0	0	0	0	0,00	0	0,00	0,9
<b>Sistema agua sanitaria</b>	B. de suministro	2	1,48	1,5	0,772	1,9	3,9	1	0,5	0,9	0,45	1,75	24	1,00	0,9
	B. de circulación	2	0,1	0,12	0,5	0,24	0,5	1	0,5	0,9	0,45	0,22	24	1,00	0,9
	Calentador	1	15	-	-	15	15,0	1	1	0,675	0,675	10,13	18	0,75	0,9
<b>Sistema ventilación y aire acondicionado</b>	Ventilador CM	4	37	-	-	37	148,0	3	0,75	0,675	0,5062	74,93	18	0,75	0,9
	Exhaustación CM	2	37	-	-	37	74,0	1	0,5	0,675	0,3375	24,98	18	0,75	0,9
	Vent. Espacios públicos	4	0,075	0,12	0,5	0,2	1,0	4	1	0,75	0,75	0,72	20	0,83	0,9
	Ventilación aseos	7	0,176	0,12	0,5	0,2	1,7	7	1	0,75	0,75	1,26	20	0,83	0,9
	Ventilación paños	2	0,086	0,12	0,5	0,2	0,5	2	1	0,75	0,75	0,36	20	0,83	0,9
	Ventilación cocina	1	0,18	0,12	0,5	0,2	0,2	1	1	0,75	0,75	0,18	20	0,83	0,9
	Ventilación sala baterías	1	0,03	0,12	0,5	0,2	0,2	1	1	0,675	0,675	0,16	18	0,75	0,9
	A/C	1	21,14	22	0,899	24,5	24,5	1	1	0,6	0,6	14,68	16	0,67	0,9
<b>Sistema amarre y fondeo</b>	Chigres	1	36,88	37	0,912	40,6	40,6	0	0	0	0	0,00	0	0,00	0,9
	Molinete	2	12,7	15	0,887	16,9	33,8	0	0	0	0	0,00	0	0,00	0,9
<b>Sistema de remolque</b>	Chigres	1	490,5	500	0,94	531,9	531,9	0	0	0	0	0,00	0	0,00	0,9
<b>Fonda y Hotel</b>	Cocina eléctrica	1	8	-	-	8	8	1	1	0,225	0,225	1,80	6	0,25	0,9
	Horno	1	2,5	-	-	2,5	2,5	1	1	0,225	0,225	0,56	6	0,25	0,9
	Microondas	1	2	-	-	2	2	1	1	0,15	0,15	0,30	4	0,17	0,9
	Lavaplatos	1	2	-	-	2	2	1	1	0,15	0,15	0,30	4	0,17	0,9
	Cafetera	1	0,5	-	-	0,5	0,5	1	1	0,075	0,075	0,04	2	0,08	0,9
	Freidora	1	2	-	-	2	2	1	1	0,075	0,075	0,15	2	0,08	0,9
	Frigorífico	1	1	-	-	1	1	1	1	0,9	0,9	0,90	24	1,00	0,9
	Lavadora	1	2	-	-	2	2	1	1	0,225	0,225	0,45	6	0,25	0,9



	Secadora	1	2	-	-	2	2	1	1	0,225	0,225	0,45	6	0,25	0,9
	Compresor gambuza	2	10	-	-	10	20	2	1	0,675	0,675	13,50	18	0,75	0,9
	Televisiones	8	0,2	-	-	0,2	1,6	8	1	0,3	0,3	0,48	8	0,33	0,9
	Plancha	1	2,5	-	-	2,5	2,5	1	1	0,15	0,15	0,38	4	0,17	0,9
<b>Mantenimiento</b>	Taladro	1	1	-	-	1	1	1	1	0,075	0,075	0,08	2	0,08	0,9
	Grupo soldadura	1	6	-	-	6	6	1	1	0,075	0,075	0,45	2	0,08	0,9
<b>Equipos de navegación</b>	Equipos de radio	1	2,5	-	-	2,5	2,5	1	1	0,787	0,7875	1,97	21	0,88	0,9
	Equipos de navegación	1	3	-	-	3	3	1	1	0,787	0,7875	2,36	21	0,88	0,9
	Automatización	1	2,5	-	-	2,5	2,5	1	1	0,45	0,45	1,13	12	0,50	0,9
	Protección catódica	1	10	-	-	10	10	1	1	0,9	0,9	9,00	24	1,00	0,9
<b>Iluminación</b>	A. Habilitación	1	1,83	-	-	1,83	1,83	1	1	0,9	0,9	1,65	24	1,00	0,9
	A. Cámara de máquinas	1	2,24	-	-	2,24	2,24	1	1	0,9	0,9	2,02	24	1,00	0,9
	A. exterior navegación	1	0,36	-	-	0,36	0,36	1	1	0,9	0,9	0,32	24	1,00	0,9
	A.exterior remolque	1	0,42	-	-	0,42	0,42	0	0	0	0	0,00	0	0,00	0,9
	A. emergencia	1	2,57	-	-	2,57	2,57	0	0	0	0	0,00	0	0,00	0,9
<b>TOTAL</b>							<b>7626,4</b>	<b>TOTAL B.E NAVEGACIÓN</b>				<b>1870,86</b>	<b>kW</b>		

5.3.2 Condición de remolque.

EQUIPOS		CARACTERÍSTICAS						NAVEGACIÓN					Coeficiente KSR		
SISTEMA	NOMBRE DEL EQUIPO	Nº de equipos	Potencia calculada (kW)	Potencia a útil (kW)	ne	Potencia Absorbida (kW)	Potencia Total (kW)	Nº ON	Kn	Ksr	Ku	P necesaria	Nº horas	ks	kr
Sistema de propulsión	Motor eléctrico	2	-	3000	0,94	3191,5	6383,0	2	1	1	1	6382,98	24	1	1
Sistema de refrigeración	Bomba agua dulce HT	2	14,8	15	0,887	16,9	33,8	1	0,5	0,675	0,3375	11,41	18	0,75	0,9
	Bomba de agua dulce LT	2	14,8	15	0,887	16,9	33,8	1	0,5	0,675	0,3375	11,41	18	0,75	0,9
	Bomba precalentador	2	4,42	5,5	0,847	6,5	13,0	1	0,5	0,675	0,3375	4,38	18	0,75	0,9
	Precalentador	1	78,25	90	0,93	96,8	96,8	1	1	0,675	0,675	65,32	18	0,75	0,9
Sistema de lubricación	Unidad separadora	1	3,3	-	-	3,3	3,3	1	1	0,675	0,675	2,23	18	0,75	0,9
	Bomba alimentación	2	0,1	0,12	0,5	0,2	0,5	1	0,5	0,675	0,3375	0,16	18	0,75	0,9
Sistema de combustible	Bomba de circulación MDO	2	0,94	1,1	0,75	1,5	2,9	2	1	0,675	0,675	1,98	18	0,75	0,9
	Bomba separador	1	0,85	1,1	0,75	1,5	1,5	1	1	0,675	0,675	0,99	18	0,75	0,9
	Enfriador	2	2,5	-	-	2,5	5,0	1	0,5	0,375	0,1875	0,94	10	0,417	0,9
Sistema aire comprimido	Compresor aire de arranque	2	11	11	0,876	12,6	25,1	2	1	0,337	0,3375	8,48	9	0,375	0,9
SISTEMA	NOMBRE DEL EQUIPO	Nº de equipos	Potencia calculada (kW)	Potencia a útil (kW)	ne	Potencia Absorbida (kW)	Potencia Total (kW)	Nº ON	Kn	Ksr	Ku	P necesaria	Nº horas	ks	kr
Sistema de sentinas	Bomba de sentinas	2	0,39	0,4	0,668	0,6	1,2	1	0,5	0,3	0,15	0,18	8	0,33	0,9
Sistema C.Incendios	B. Contraincendios	2	7,46	7,5	0,86	8,7	17,4	0	0	0	0	0,00	0	0,00	0,9
	B de emergencia	1	4,48	5,5	0,847	6,5	6,5	0	0	0	0	0,00	0	0,00	0,9
	Bomba monitores	1	45	45	0,931	48,3	48,3	0	0	0	0	0,00	0	0,00	0,9
	B. de suministro	2	1,48	1,5	0,772	1,9	3,9	1	0,5	0,9	0,45	1,75	24	1,00	0,9

<b>Sistema agua sanitaria</b>	B. de circulación	2	0,1	0,12	0,5	0,24	0,5	1	0,5	0,9	0,45	0,22	24	1,00	0,9
	Calentador	1	15	-	-	15	15,0	1	1	0,675	0,675	10,13	18	0,75	0,9
<b>Sistema ventilación y aire acondicionado</b>	Ventilador CM	4	37	-	-	37	148,0	3	0,75	0,675	0,5062	74,93	18	0,75	0,9
	Exhaustación CM	2	37	-	-	37	74,0	1	0,5	0,675	0,3375	24,98	18	0,75	0,9
	Vent. Espacios públicos	4	0,075	0,12	0,5	0,2	1,0	4	1	0,75	0,75	0,72	20	0,83	0,9
	Ventilación aseos	7	0,176	0,12	0,5	0,2	1,7	7	1	0,75	0,75	1,26	20	0,83	0,9
	Ventilación pañoles	2	0,086	0,12	0,5	0,2	0,5	2	1	0,75	0,75	0,36	20	0,83	0,9
	Ventilación cocina	1	0,18	0,12	0,5	0,2	0,2	1	1	0,75	0,75	0,18	20	0,83	0,9
	Ventilación sala baterías	1	0,03	0,12	0,5	0,2	0,2	1	1	0,675	0,675	0,16	18	0,75	0,9
	A/C	1	21,14	22	0,899	24,5	24,5	1	1	0,6	0,6	14,68	16	0,67	0,9
<b>Sistema amarre y fondeo</b>	Chigres	1	36,88	37	0,912	40,6	40,6	0	0	0	0	0,00	0	0,00	0,9
	Molinete	2	12,7	15	0,887	16,9	33,8	0	0	0	0	0,00	0	0,00	0,9
<b>Sistema de remolque</b>	Chigres	1	490,5	500	0,94	531,9	531,9	1	1	0,9	0,9	478,72	24	1,00	0,9
<b>Fonda y Hotel</b>	Cocina eléctrica	1	8	-	-	8	8	1	1	0,225	0,225	1,80	6	0,25	0,9
	Horno	1	2,5	-	-	2,5	2,5	1	1	0,225	0,225	0,56	6	0,25	0,9
	Microondas	1	2	-	-	2	2	1	1	0,15	0,15	0,30	4	0,17	0,9
	Lavaplatos	1	2	-	-	2	2	1	1	0,15	0,15	0,30	4	0,17	0,9
	Cafetera	1	0,5	-	-	0,5	0,5	1	1	0,075	0,075	0,04	2	0,08	0,9
	Freidora	1	2	-	-	2	2	1	1	0,075	0,075	0,15	2	0,08	0,9
	Frigorífico	1	1	-	-	1	1	1	1	0,9	0,9	0,90	24	1,00	0,9
	Lavadora	1	2	-	-	2	2	1	1	0,225	0,225	0,45	6	0,25	0,9
	Secadora	1	2	-	-	2	2	1	1	0,225	0,225	0,45	6	0,25	0,9
	Compresor gambuza	2	10	-	-	10	20	2	1	0,675	0,675	13,50	18	0,75	0,9
	Televisiones	8	0,2	-	-	0,2	1,6	8	1	0,3	0,3	0,48	8	0,33	0,9
	Plancha	1	2,5	-	-	2,5	2,5	1	1	0,15	0,15	0,38	4	0,17	0,9

<b>Mantenimiento</b>	Taladro	1	1	-	-	1	1	1	1	0,075	0,075	0,08	2	0,08	0,9
	Grupo soldadura	1	6	-	-	6	6	1	1	0,075	0,075	0,45	2	0,08	0,9
<b>Equipos de navegación</b>	Equipos de radio	1	2,5	-	-	2,5	2,5	1	1	0,787	0,7875	1,97	21	0,88	0,9
	Equipos de navegación	1	3	-	-	3	3	1	1	0,787	0,7875	2,36	21	0,88	0,9
	Automatización	1	2,5	-	-	2,5	2,5	1	1	0,45	0,45	1,13	12	0,50	0,9
	Protección catódica	1	10	-	-	10	10	1	1	0,9	0,9	9,00	24	1,00	0,9
<b>Iluminación</b>	A. Habilitación	1	1,83	-	-	1,83	1,83	1	1	0,9	0,9	1,65	24	1,00	0,9
	A. Cámara de máquinas	1	2,24	-	-	2,24	2,24	1	1	0,9	0,9	2,02	24	1,00	0,9
	A. exterior navegación	1	0,36	-	-	0,36	0,36	0	0	0	0	0,00	0	0,00	0,9
	A. exterior remolque	1	0,42	-	-	0,42	0,42	1	1	0,9	0,9	0,38	24	1,00	0,9
	A. emergencia	1	2,57	-	-	2,57	2,57	0	0	0	0	0,00	0	0,00	0,9
<b>TOTAL</b>							<b>7626,4</b>	<b>TOTAL B.E NAVEGACIÓN</b>				<b>7136,87</b>	<b>kw</b>		

5.3.3 Condición de puerto atracando.

EQUIPOS		CARACTERÍSTICAS						NAVEGACIÓN					Coeficiente KSR		
SISTEMA	NOMBRE DEL EQUIPO	Nº de equipos	Potencia calculada (kW)	Potencia útil (kW)	ne	Potencia Absorbida (kW)	Potencia Total (kW)	Nº ON	Kn	Ksr	Ku	P necesaria	Nº horas	ks	kr
Sistema de propulsión	Motor eléctrico	2	-	3000	0,94	3191,5	6383,0	1	0,5	0,3	0,15	957,45	24	1	0,3
Sistema de refrigeración	Bomba agua dulce HT	2	14,8	15	0,887	16,9	33,8	1	0,5	0,15	0,075	2,54	4	0,166	0,9
	Bomba de agua dulce LT	2	14,8	15	0,887	16,9	33,8	1	0,5	0,15	0,075	2,54	4	0,166	0,9
	Bomba precalentador	2	4,42	5,5	0,847	6,5	13,0	1	0,5	0,15	0,075	0,97	4	0,166	0,9
	Precalentador	1	78,25	90	0,93	96,8	96,8	1	1	0,15	0,15	14,52	4	0,166	0,9
Sistema de lubricación	Unidad separadora	1	3,3	-	-	3,3	3,3	1	1	0,15	0,15	0,50	4	0,166	0,9
	Bomba alimentación	2	0,1	0,12	0,5	0,2	0,5	1	0,5	0,15	0,075	0,04	4	0,166	0,9
Sistema de combustible	Bomba de circulación MDO	2	0,94	1,1	0,75	1,5	2,9	2	1	0,15	0,15	0,44	4	0,166	0,9
	Bomba separador	1	0,85	1,1	0,75	1,5	1,5	1	1	0,15	0,15	0,22	4	0,166	0,9
	Enfriador	2	2,5	-	-	2,5	5,0	1	0,5	0,15	0,075	0,38	4	0,167	0,9
Sistema aire comprimido	Compresor aire de arranque	2	11	11	0,876	12,6	25,1	2	1	0,15	0,15	3,77	4	0,166	0,9
SISTEMA	NOMBRE DEL EQUIPO	Nº de equipos	Potencia calculada (kW)	Potencia útil (kW)	ne	Potencia Absorbida (kW)	Potencia Total (kW)	Nº ON	Kn	Ksr	Ku	P necesaria	Nº horas	ks	kr
Sistema de sentinas	Bomba de sentinas	2	0,39	0,4	0,668	0,6	1,2	1	0,5	0,15	0,075	0,09	4	0,17	0,9
Sistema C.Incendios	B. Contraincendios	2	7,46	7,5	0,86	8,7	17,4	0	0	0	0	0,00	0	0,00	0,9
	B de emergencia	1	4,48	5,5	0,847	6,5	6,5	0	0	0	0	0,00	0	0,00	0,9

	Bomba monitores	1	45	45	0,931	48,3	48,3	0	0	0	0	0,00	0	0,00	0,9
<b>Sistema agua sanitaria</b>	B. de suministro	2	1,48	1,5	0,772	1,9	3,9	1	0,5	0,15	0,075	0,29	4	0,17	0,9
	B. de circulación	2	0,1	0,12	0,5	0,24	0,5	1	0,5	0,15	0,075	0,04	4	0,17	0,9
	Calentador	1	15	-	-	15	15,0	1	1	0,15	0,15	2,25	4	0,17	0,9
	Ventilador CM	4	37	-	-	37	148,0	3	0,75	0,15	0,112	16,65	4	0,17	0,9
<b>Sistema ventilación y aire acondicionado</b>	Exhaustación CM	2	37	-	-	37	74,0	1	0,5	0,15	0,075	5,55	4	0,17	0,9
	Vent. Espacios públicos	4	0,075	0,12	0,5	0,2	1,0	4	1	0,15	0,15	0,14	4	0,17	0,9
	Ventilación aseos	7	0,176	0,12	0,5	0,2	1,7	7	1	0,15	0,15	0,25	4	0,17	0,9
	Ventilación pañoles	2	0,086	0,12	0,5	0,2	0,5	2	1	0,15	0,15	0,07	4	0,17	0,9
	Ventilación cocina	1	0,18	0,12	0,5	0,2	0,2	1	1	0,15	0,15	0,04	4	0,17	0,9
	Ventilación sala baterías	1	0,03	0,12	0,5	0,2	0,2	1	1	0,15	0,15	0,04	4	0,17	0,9
	A/C	1	21,14	22	0,899	24,5	24,5	1	1	0,15	0,15	3,67	4	0,17	0,9
	<b>Sistema amarre y fondeo</b>	Chigres	1	36,88	37	0,912	40,6	40,6	1	1	0,15	0,15	6,09	4	0,17
Molinete		2	12,7	15	0,887	16,9	33,8	1	0,5	0,15	0,075	2,54	4	0,17	0,9
<b>Sistema de remolque</b>	Chigres	1	490,5	500	0,94	531,9	531,9	0	0	0	0	0,00	0	0,00	0,9
<b>Fonda y Hotel</b>	Cocina eléctrica	1	8	-	-	8	8	1	1	0,15	0,15	1,20	4	0,17	0,9
	Horno	1	2,5	-	-	2,5	2,5	1	1	0,15	0,15	0,38	4	0,17	0,9
	Microondas	1	2	-	-	2	2	1	1	0,15	0,15	0,30	4	0,17	0,9
	Lavaplatos	1	2	-	-	2	2	1	1	0,15	0,15	0,30	4	0,17	0,9
	Cafetera	1	0,5	-	-	0,5	0,5	1	1	0,075	0,075	0,04	2	0,08	0,9
	Freidora	1	2	-	-	2	2	1	1	0,075	0,075	0,15	2	0,08	0,9
	Frigorífico	1	1	-	-	1	1	1	1	0,15	0,15	0,15	4	0,17	0,9
	Lavadora	1	2	-	-	2	2	1	1	0,15	0,15	0,30	4	0,17	0,9
	Secadora	1	2	-	-	2	2	1	1	0,15	0,15	0,30	4	0,17	0,9

	Compresor gambuza	2	10	-	-	10	20	2	1	0,15	0,15	3,00	4	0,17	0,9	
	Televisiones	8	0,2	-	-	0,2	1,6	8	1	0,15	0,15	0,24	4	0,17	0,9	
	Plancha	1	2,5	-	-	2,5	2,5	1	1	0,15	0,15	0,38	4	0,17	0,9	
<b>Mantenimiento</b>	Taladro	1	1	-	-	1	1	1	1	0,075	0,075	0,08	2	0,08	0,9	
	Grupo soldadura	1	6	-	-	6	6	1	1	0,075	0,075	0,45	2	0,08	0,9	
<b>Equipos de navegación</b>	Equipos de radio	1	2,5	-	-	2,5	2,5	1	1	0,15	0,15	0,38	4	0,17	0,9	
	Equipos de navegación	1	3	-	-	3	3	1	1	0,15	0,15	0,45	4	0,17	0,9	
	Automatización	1	2,5	-	-	2,5	2,5	1	1	0,15	0,15	0,38	4	0,17	0,9	
	Protección catódica	1	10	-	-	10	10	1	1	0,15	0,15	1,50	4	0,17	0,9	
<b>Iluminación</b>	A. Habilitación	1	1,83	-	-	1,83	1,83	1	1	0,9	0,9	1,65	24	1,00	0,9	
	A. Cámara de máquinas	1	2,24	-	-	2,24	2,24	1	1	0,15	0,15	0,34	4	0,17	0,9	
	A. exterior navegación	1	0,36	-	-	0,36	0,36	1	1	0,15	0,15	0,05	4	0,17	0,9	
	A.exterior remolque	1	0,42	-	-	0,42	0,42	0	0	0	0	0,00	0	0,00	0,9	
	A. emergencia	1	2,57	-	-	2,57	2,57	0	0	0	0	0,00	0	0,00	0,9	
<b>TOTAL</b>							<b>7626,4</b>	<b>TOTAL B.E NAVEGACIÓN</b>				<b>1033,03</b>	<b>kW</b>			

5.3.4 Condición de emergencia.

EQUIPOS		CARACTERÍSTICAS						NAVEGACIÓN					Coeficiente KSR		
SISTEMA	NOMBRE DEL EQUIPO	Nº de equipos	Potencia calculada (kW)	Potencia útil (kW)	ne	Potencia Absorbida (kW)	Potencia Total (kW)	Nº ON	Kn	Ksr	Ku	P necesaria	Nº horas	ks	kr
Sistema de propulsión	Motor eléctrico	2	-	3000	0,94	3191,5	6383,0	0	0	0	0	0,00	0	0	0,3
Sistema de refrigeración	Bomba agua dulce HT	2	14,8	15	0,887	16,9	33,8	0	0	0	0	0,00	0	0	0,9
	Bomba agua dulce LT	2	14,8	15	0,887	16,9	33,8	0	0	0	0	0,00	0	0	0,9
	Bomba precalentador	2	4,42	5,5	0,847	6,5	13,0	0	0	0	0	0,00	0	0	0,9
	Precalentador	1	78,25	90	0,93	96,8	96,8	0	0	0	0	0,00	0	0	0,9
Sistema de lubricación	Unidad separadora	1	3,3	-	-	3,3	3,3	0	0	0	0	0,00	0	0	0,9
	Bomba alimentación	2	0,1	0,12	0,5	0,2	0,5	0	0	0	0	0,00	0	0	0,9
Sistema de combustible	Bomba de circulación MDO	2	0,94	1,1	0,75	1,5	2,9	0	0	0	0	0,00	0	0	0,9
	Bomba separador	1	0,85	1,1	0,75	1,5	1,5	0	0	0	0	0,00	0	0	0,9
	Enfriador	2	2,5	-	-	2,5	5,0	0	0	0	0	0,00	0	0,000	0,9
Sistema aire comprimido	Compresor aire de arranque	2	11	11	0,876	12,6	25,1	0	0	0	0	0,00	0	0	0,9
SISTEMA	NOMBRE DEL EQUIPO	Nº de equipos	Potencia calculada (kW)	Potencia útil (kW)	ne	Potencia Absorbida (kW)	Potencia Total (kW)	Nº ON	Kn	Ksr	Ku	P necesaria	Nº horas	ks	kr
Sistema de sentinas	Bomba de sentinas	2	0,39	0,4	0,668	0,6	1,2	2	1	0,675	0,675	0,81	18	0,75	0,9
	B. Contraincendios	2	7,46	7,5	0,86	8,7	17,4	2	1	0,675	0,675	11,77	18	0,75	0,9



<b>Sistema C.Incendios</b>	B de emergencia	1	4,48	5,5	0,847	6,5	6,5	1	1	0,675	0,675	4,38	18	0,75	0,9
	Bomba monitores	1	45	45	0,931	48,3	48,3	1	1	0,675	0,675	32,63	18	0,75	0,9
<b>Sistema agua sanitaria</b>	B. de suministro	2	1,48	1,5	0,772	1,9	3,9	0	0	0	0	0,00	0	0,00	0,9
	B. de circulación	2	0,1	0,12	0,5	0,24	0,5	0	0	0	0	0,00	0	0,00	0,9
	Calentador	1	15	-	-	15	15,0	0	0	0	0	0,00	0	0,00	0,9
<b>Sistema ventilación y aire acondicionado</b>	Ventilador CM	4	37	-	-	37	148,0	0	0	0	0	0,00	0	0,00	0,9
	Exhaustación CM	2	37	-	-	37	74,0	0	0	0	0	0,00	0	0,00	0,9
	Vent. Espacios públicos	4	0,075	0,12	0,5	0,2	1,0	0	0	0	0	0,00	0	0,00	0,9
	Ventilación aseos	7	0,176	0,12	0,5	0,2	1,7	0	0	0	0	0,00	0	0,00	0,9
	Ventilación pañoles	2	0,086	0,12	0,5	0,2	0,5	0	0	0	0	0,00	0	0,00	0,9
	Ventilación cocina	1	0,18	0,12	0,5	0,2	0,2	0	0	0	0	0,00	0	0,00	0,9
	Ventilación sala baterías	1	0,03	0,12	0,5	0,2	0,2	0	0	0	0	0,00	0	0,00	0,9
A/C	1	21,14	22	0,899	24,5	24,5	0	0	0	0	0,00	0	0,00	0,9	
<b>Sistema amarre y fondeo</b>	Chigres	1	36,88	37	0,912	40,6	40,6	1	1	0,675	0,675	27,38	18	0,75	0,9
	Molinete	2	12,7	15	0,887	16,9	33,8	2	1	0,675	0,675	22,83	18	0,75	0,9
<b>Sistema de remolque</b>	Chigres	1	490,5	500	0,94	531,9	531,9	0	0	0	0	0,00	0	0,00	0,9
<b>Fonda y Hotel</b>	Cocina eléctrica	1	8	-	-	8	8	0	0	0	0	0,00	0	0,00	0,9
	Horno	1	2,5	-	-	2,5	2,5	0	0	0	0	0,00	0	0,00	0,9
	Microondas	1	2	-	-	2	2	0	0	0	0	0,00	0	0,00	0,9
	Lavaplatos	1	2	-	-	2	2	0	0	0	0	0,00	0	0,00	0,9
	Cafetera	1	0,5	-	-	0,5	0,5	0	0	0	0	0,00	0	0,00	0,9
	Freidora	1	2	-	-	2	2	0	0	0	0	0,00	0	0,00	0,9
	Frigorífico	1	1	-	-	1	1	0	0	0	0	0,00	0	0,00	0,9
	Lavadora	1	2	-	-	2	2	0	0	0	0	0,00	0	0,00	0,9
Secadora	1	2	-	-	2	2	0	0	0	0	0,00	0	0,00	0,9	

	Compresor gambuza	2	10	-	-	10	20	0	0	0	0	0,00	0	0,00	0,9	
	Televisiones	8	0,2	-	-	0,2	1,6	0	0	0	0	0,00	0	0,00	0,9	
	Plancha	1	2,5	-	-	2,5	2,5	0	0	0	0	0,00	0	0,00	0,9	
<b>Mantenimiento</b>	Taladro	1	1	-	-	1	1	0	0	0	0	0,00	0	0,00	0,9	
	Grupo soldadura	1	6	-	-	6	6	0	0	0	0	0,00	0	0,00	0,9	
<b>Equipos de navegación</b>	Equipos de radio	1	2,5	-	-	2,5	2,5	1	1	0,675	0,675	1,69	18	0,75	0,9	
	Equipos de navegación	1	3	-	-	3	3	1	1	0,675	0,675	2,03	18	0,75	0,9	
	Automatización	1	2,5	-	-	2,5	2,5	1	1	0,675	0,675	1,69	18	0,75	0,9	
	Protección catódica	1	10	-	-	10	10	1	1	0,675	0,675	6,75	18	0,75	0,9	
<b>Iluminación</b>	A. Habilitación	1	1,83	-	-	1,83	1,83	0	0	0	0	0,00	0	0,00	0,9	
	A. Cámara de máquinas	1	2,24	-	-	2,24	2,24	0	0	0	0	0,00	0	0,00	0,9	
	A. exterior navegación	1	0,36	-	-	0,36	0,36	0	0	0	0	0,00	0	0,00	0,9	
	A. exterior remolque	1	0,42	-	-	0,42	0,42	0	0	0	0	0,00	0	0,00	0,9	
	A. emergencia	1	2,57	-	-	2,57	2,57	1	1	0,675	0,675	1,73	18	0,75	0,9	
<b>TOTAL</b>							<b>7626,4</b>	<b>TOTAL B.E NAVEGACIÓN</b>				<b>113,69</b>	<b>kW</b>			

### 5.3.5 Resultados finales.

A continuación, se muestra una tabla resumen de la potencia resultante en las diversas condiciones de navegación del buque proyecto.

SISTEMAS	C. NAVIGACIÓN	C. REMOLQUE	C. PUERTO ATRACANDO	C. EMERGENCIA
Sistema de propulsión	1595,74	6382,98	957,45	0,00
Sistemas auxiliares propulsión	107,31	107,31	25,90	0,00
Sistema de sentinas	0,18	0,18	0,09	0,81
Sistema C.Incendios	0,00	0,00	0,00	48,78
Sistema agua sanitaria	12,09	12,09	2,58	0,00
Sistema ventilación y aire acond.	117,26	117,26	26,41	0,00
Sistema de amarre y fondeo	0,00	0,00	8,62	50,21
Sistema de remolque	0,00	478,72	0,00	0,00
Fonda y hotel	19,31	19,31	6,73	0,00
Mantenimiento	0,53	0,53	0,53	0,00
Equipos navegación	14,46	14,46	2,70	12,15
Iluminación	3,99	4,04	2,04	1,73
<b>TOTAL</b>	<b>1870,86</b>	<b>7136,87</b>	<b>1033,03</b>	<b>113,69</b>

Como se observa en la tabla la condición de mayor potencia requerida es la condición de remolque, con una potencia consumida de 7136,87 kW.



Por lo tanto, la planta generadora se dimensionará de forma que pueda hacer frente a la demanda de potencia eléctrica cuando el buque navega en la condición de remolque.

## 6. PLANTA GENERADORA.

Una vez conocidas las potencias para cada condición de navegación, se procede a dimensionar los motores generadores. Al tratarse de una propulsión eléctrica, los generadores, deberán alimentar tanto a la propulsión del buque como al resto de consumidores.

Los generadores deberán hacer frente a la demanda de potencia de la situación más desfavorable, tratándose de la condición de remolque.

En propulsión convencional, se suele añadir un margen a la potencia final calculada, con la finalidad de en caso de que se instalen nuevos sistemas, no se tenga que aumentar la planta generadora. En el tipo de propulsión determinada por la RPA, eléctrica, no ocurrirá esto, debido a que ya dispondrán de suficiente reserva de energía.

Hay que tener en cuenta que el envejecimiento de los aparatos, aumenta el consumo y las pérdidas. Se tratará de evitar que los generadores trabajen a su máxima potencia, ya que alarga su vida útil.

El punto de carga óptimo de los motores Wärtsila se encuentra alrededor del 85% del MCR, teniendo en cuenta que presenta menor consumo de fuel a menor % de carga.

A continuación, se dimensionará la potencia de los motores generadores escogidos en función de la demanda de potencia.

### 6.1 Planta generadora principal.

Se describe a la planta generadora como el conjunto de máquinas que se instalan a bordo del buque para producir la energía eléctrica necesaria para el servicio del buque.

Con la potencia a instalar mediante el balance eléctrico, se puede dimensionar la planta generadora principal. La potencia requerida es en la condición de remolque y es de:

$$P_R = 7136,87 \text{ kW}$$

Se trata de que el MCR del motor generador no sea excesivamente alto ni bajo, rondando el 85% de régimen, aunque sus valores aceptables van desde el 75%-90%.

Debido al tipo de buque, hay que tener en cuenta diferentes consideraciones sobre el número a instalar:

- Espacio disponible en la cámara de máquinas: El espacio de cámara de máquinas en el buque proyecto es muy reducido por lo que el tamaño del propio generador puede estar condicionado al igual que el número a instalar.
- % MCR adecuado.

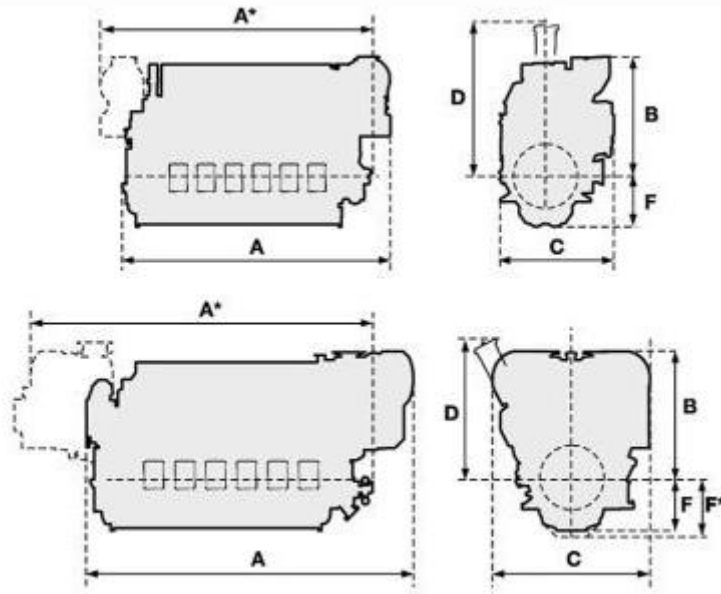
Teniendo en cuenta las consideraciones, se determina que lo adecuado es la instalación de 2 motores generadores, ya que para el buque proyecto la decisión de instalar a bordo 2 generadores viene debido a la pequeña dimensión de la cámara de máquinas. El SOLAS, Regla 53, Apartado 2.1, especifica que la Administración podrá dispensar, que el buque no tenga la necesidad de cumplir con un generador de reserva en caso de que

uno se averíe, en los buques con menos de 1600 GT. En caso de que un motor generador se averíe, el otro es capaz de suministrar la potencia suficiente para la condición de navegación en aguas libres por lo tanto podrá volver a puerto sin ningún problema.

Los motores generadores escogidos para el buque proyecto son de la marca Wärtsilä, el modelo 12V26, adecuados para el tipo de propulsión indicada.

<b>Genset 26, Rated power</b>				
Engine type	60 Hz		50 Hz	
	325 kW/cyl, 900 rpm		340 kW/cyl, 1000 rpm	
	Eng. kW	Gen. kW	Eng. kW	Gen. kW
6L26	1 950	1 870	2 040	1 960
8L26	2 600	2 495	2 720	2 610
9L26	2 925	2 810	3 060	2 940
<b>12V26</b>	<b>3 900</b>	<b>3 745</b>	<b>4 080</b>	<b>3 915</b>
16V26	5 200	4 990	5 440	5 220

<b>Dimensions (mm) and weights (tonnes)</b>							
Engine type	A*	A	B*	B	C*	C	D
6L26	4387	4130	1882	1833	1960	2020	2430
8L26	5302	5059	2023	1868	2010	2107	2430
9L26	5691	5449	2023	1868	2016	2107	2430
<b>12V26</b>	<b>5442</b>	<b>5314</b>	<b>2034</b>	<b>2034</b>	<b>2552</b>	<b>2602</b>	<b>2060</b>
16V26	6223	6025	2151	2190	2489	2763	2060



A la frecuencia escogida para el buque a proyectar, 50 Hz, la velocidad a la que deberán trabajar es a 1000 rpm.

$$P_{6L32} = 3915 \text{ kW}$$

Tal y como se ha comentado anteriormente, el MCR deberá estar entre unos márgenes aceptables de entre 75% y 90%.

Se muestra el MCR al que trabajarían los motores en la condición más desfavorable.

MCR PARA LA CONDICION DE REMOLQUE					
Generadores	Potencia generador	Potencia total	Potencia C.Remolque	MCR	Viabilidad
2x 12V26	3915	7830	7136,87	0,9	ADECUADO

A continuación, se muestra una tabla con los MCR en las diferentes situaciones de navegación.

	Potencia instalada	Potencia requerida	2X 12V26	
			Potencia	MCR
C. Navegación	6680	1870,86	7830	0,24
C. Remolque	6680	7136,87	7830	0,9
C. Puerto atracando	6680	1033,03	7830	0,13

## 6.2 Planta generadora de emergencia.

La potencia requerida por la condición de emergencia se obtuvo en el balance de potencia en 113,69 kW.

El buque proyecto debido a su poco espacio en las disposiciones, se opta por la instalación de un grupo de baterías para abastecer al buque de potencia en el caso de una emergencia.

Este grupo de baterías debe ser capaz de aportar la potencia de 113,69 kW, por lo tanto, se precisa instalar un grupo de 150 kW.

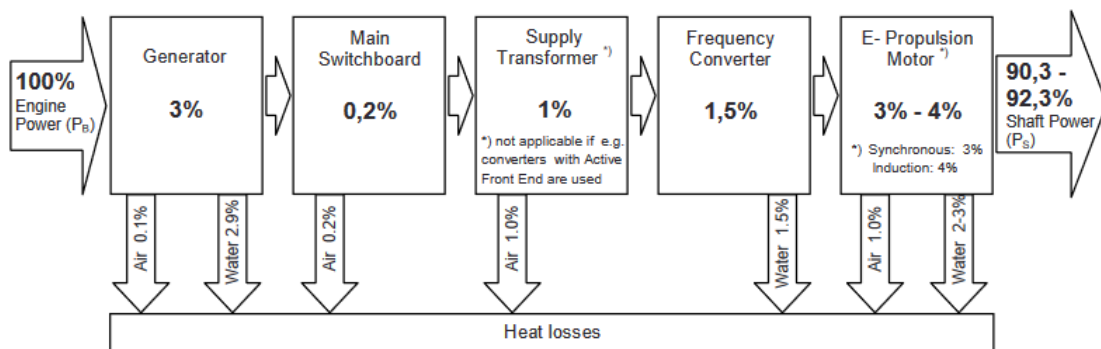
Estas baterías es necesario colocarla lo más elevado posible, ante una posible inundación. Están dispuestas en la habilitación de la cubierta principal en una sala específica para su uso. Este grupo de baterías se deberán accionar automáticamente en el caso de que ocurra algún fallo en los generadores.

## 6.3 Pick up y reserva de energía.

La función principal del sistema de gestión de energía es detener e iniciar los grupos generadores de acuerdo con la carga de la red y la capacidad del alternador.

El sistema pondrá en marcha un alternador en caso de que la potencia disponible se haga menor que un límite disponible. La normativa requiere que los alternadores arranquen en un máximo de 15 s, con la sincronización y los grupos de carga.

La planta diésel eléctrica, cuenta con las siguientes pérdidas:



Por lo tanto, la potencia en bornas del alternador es de:

$$P_{\text{Balternador}} = P_{\text{unitaria}} \cdot 0,91 = 3915 \cdot 0,92 = 3601,8 \text{ kW}$$

OPERACIÓN	% Carga motor generador			Potencia pick up disponible		
	Navegación	Remolque	Puerto atracando	Navegación	Remolque	Puerto atracando
<b>Consumo total</b>	1870,86	7136,87	1033,03	1870,86	7136,87	1033,03
<b>Generador 1</b>	26,0	99,1	14,3	74,0	0,9	85,7
<b>Generador 2</b>	26,0	99,1	14,3	74,0	0,9	85,7
<b>RESERVA DE ENERGÍA</b>			<b>MCR</b>	148,1	1,9	171,3
			<b>Potencia</b>	10665,5	133,5	12341,1

TOTAL RESERVA DE ENERGÍA		
Condición	% Reserva de potencia	Potencia en reserva (kW)
<b>Navegación</b>	148,1	5332,7
<b>Remolque</b>	1,9	66,7
<b>Puerto atracando</b>	171,3	6170,6



## 7. COLD IRONING.

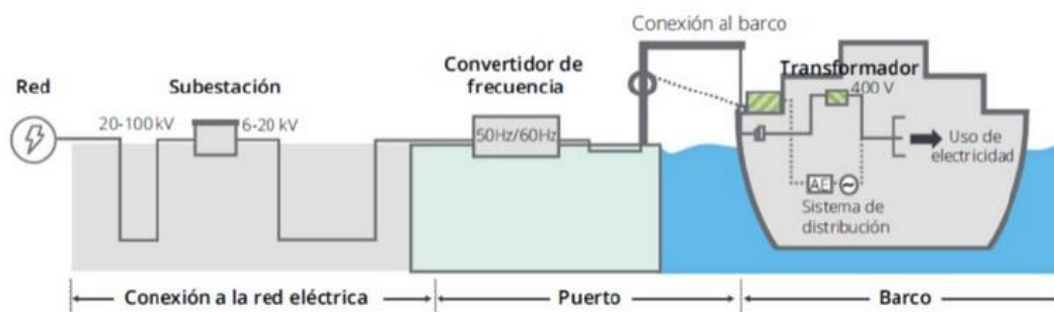
Una vez establecido la potencia necesaria para las diversas condiciones, se evalúa que el consumo del buque proyecto cuando esta atracado en puerto será muy pequeño. Debido a esto, no es conveniente tener en marcha un generador para dar suministro a los pocos consumidores que necesita el buque, por lo que se estudia la posibilidad de instalar un sistema de generación eléctrica proporcionada desde tierra.

Este sistema se denomina Cold Ironing, que suministra corriente eléctrica a los buques atracados en puerto, a través de tomas propias del puerto. El objetivo de este fenómeno es el de tratar de reducir las emisiones contaminantes de los buques durante su estancia en el puerto.

El funcionamiento de este sistema consiste en que la electricidad debe ser suministrada al buque atracado, desde el puerto. Este sistema exige que exista una conexión entre el buque atracado y el puerto, y además esta conexión debe cumplir unas características de tensión, potencia y frecuencia, adecuadas para el tipo de buque.

Mediante estas conexiones el buque proyecto podrá abastecer sus necesidades energéticas durante el atraque, sin utilizar sus propios motores generadores. Para que el buque pueda utilizar esta fuente de energía deben existir tres tipos de infraestructuras eléctricas:

- Conexión del puerto con una red de distribución eléctrica cercana que permita el suministro eléctrico al buque.
- Infraestructuras que permitan el suministro eléctrico al buque de acuerdo con los estándares internacionales de suministro eléctrico de alta tensión a buques atracados. En este sentido, será necesario un convertidor de frecuencia si el buque trabaja a diferente frecuencia que la instalación eléctrica del puerto. En el caso del buque proyecto esto no sería necesario ya que el puerto donde va a operar y el buque trabajan a 50 Hz.
- Un sistema que permita la conexión física.



Los beneficios que aporta el sistema Cold Ironing son los siguientes:

- Se reduce la totalidad de emisiones de gases de efecto invernadero hasta un 60%, si la electricidad está generada con un mix eléctrico. Si se tratase de un mix renovable podría llegar a una eliminación total.

- Se evita la totalidad de las emisiones de otros elementos contaminantes tipo NOx, SOx y CO, evitando el impacto directo sobre las poblaciones cercanas al puerto.
- Se reduce al máximo el ruido y las vibraciones generadas por los motores.
- Se aumenta el consumo de energías renovables en el sector del transporte para cumplir con el objetivo establecido por la Comisión Europea de que al menos el 10% de energía proceda de energías renovables.

## 8. CABLES.

En este apartado se realizará el sistema de cableado que el buque proyecto se llevará a bordo.

Los cables que se instalarán a bordo, están formados por los siguientes elementos.

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

El cable XLPE se define como polietileno reticulado, siendo un material termoestable, el cual presenta deformación reducida con la temperatura. Tiene propiedades mecánicas y eléctricas muy óptimas, admitiendo que los espesores sean inferiores al etileno reticulado.

Este tipo de cable admite temperaturas de hasta 90°C, y su aislamiento podrá soportar hasta 10°C adicionales. Si los cables están a la intemperie o en locales húmedos, deberán llevar cubierta estanca o impermeable.

Para el cálculo de cables, se emplearán las fórmulas que se muestran a continuación:

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) $\eta_{Motor}$ : 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) $\eta_{Motor}$ : typically = 0.96

La tensión del cuadro principal será de 3300 V, según lo recomendado para el buque proyecto. Su poder de corte será de 100 kA.

Para los equipos de fonda y hotel, mantenimiento, equipos de navegación y iluminación la tensión que se utiliza es de 230V.

Para el cálculo de la sección nominal normalizada de los cables, se utilizará la tabla que se muestra a continuación. En los buques, se tratará de instalar cables de sección nominal de 120 mm. Cada cable tendrá tres conductores INTERNOS. Cuando más de 6 cables forman parte de un mismo circuito, funcionando bajo la misma carga y están agrupados o colocados juntos, de forma que el aire no circule a su alrededor, se aplica un coeficiente de corrección de 0,85 a los valores de la corriente.

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

Nominal cross-section [mm <sup>2</sup> ]	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

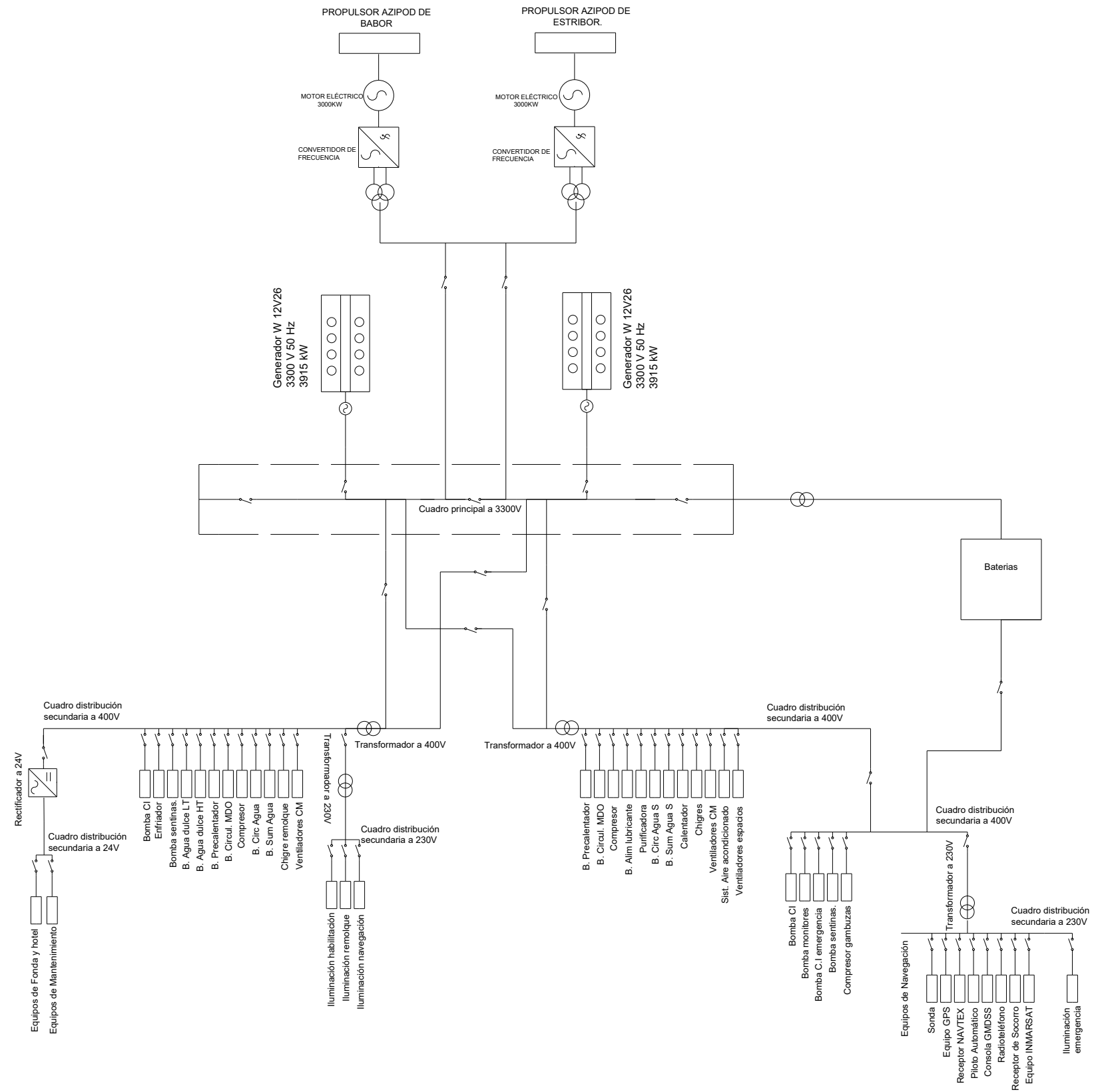
En primer lugar, se calculará la intensidad absorbida de la instalación para cada equipo, teniendo en cuenta un coseno de phi normalizado en 0,9. A continuación se elige la sección nominal, en función de la intensidad normalizada de la tabla anterior. En función de las necesidades de cada equipo, se instalarán diversos números de cables.

A continuación, se muestran los cálculos realizados del cableado del sistema eléctrico.

SISTEMA	NOMBRE DEL EQUIPO	Potencia útil (kW)	ne	Potencia Absorbida (kW)	cos fi	I absorbida (A)	Cables Nº/Tipo
Sistema de propulsión	Motor eléctrico	3000	0,94	3191,5	0,9	620,41	3/3x120 mm <sup>2</sup>
Sistema de refrigeración	Bomba agua dulce HT	15	0,887	16,9	0,9	27,12	1/3x4 mm <sup>2</sup>
	Bomba de agua dulce LT	15	0,887	16,9	0,9	27,12	1/3x4 mm <sup>2</sup>
	Bomba precalentador	5,5	0,847	6,5	0,9	10,41	1/3x1 mm <sup>2</sup>
	Precalentador	90	0,93	96,8	0,9	155,20	2/3x25 mm <sup>2</sup>
Sistema de lubricación	Unidad separadora	-	-	3,3	0,9	5,29	1/3x1 mm <sup>2</sup>
	Bomba alimentación	0,12	0,5	0,2	0,9	0,38	1/3x1 mm <sup>2</sup>
Sistema de combustible	Bomba de circulación MDO	1,1	0,75	1,5	0,9	2,35	1/3x1 mm <sup>2</sup>
	Bomba separador	1,1	0,75	1,5	0,9	2,35	1/3x1 mm <sup>2</sup>
	Enfriador	-	-	2,5	0,9	4,01	1/3x1 mm <sup>2</sup>
Sistema aire comprimido	Compresor aire de arranque	11	0,876	12,6	0,9	20,14	1/3x2,5 mm <sup>2</sup>
SISTEMA	NOMBRE DEL EQUIPO	Potencia útil (kW)	ne	Potencia Absorbida (kW)	cos fi	I absorbida (A)	Cables Nº/Tipo
Sistema de sentinas	Bomba de sentinas	0,4	0,668	0,6	0,9	0,96	1/3x1 mm <sup>2</sup>
Sistema C.Incendios	B. Contra incendios	7,5	0,86	8,7	0,9	13,99	1/3x1,5 mm <sup>2</sup>
	B de emergencia	5,5	0,847	6,5	0,9	10,41	1/3x1 mm <sup>2</sup>
	Bomba monitores	45	0,931	48,3	0,9	77,52	1/3x25 mm <sup>2</sup>
Sistema agua sanitaria	B. de suministro	1,5	0,772	1,9	0,9	3,12	1/3x1 mm <sup>2</sup>
	B. de circulación	0,12	0,5	0,24	0,9	0,38	1/3x1 mm <sup>2</sup>
	Calentador	-	-	15	0,9	24,06	1/3x4 mm <sup>2</sup>
Sistema ventilación y aire acondicionado	Ventilador CM	-	-	37	0,9	59,34	1/3x16 mm <sup>2</sup>
	Exhaustación CM	-	-	37	0,9	59,34	1/3x16 mm <sup>2</sup>
	Vent. Espacios públicos	0,12	0,5	38	0,9	60,94	1/3x16 mm <sup>2</sup>
	Ventilación aseos	0,12	0,5	39	0,9	62,55	1/3x16 mm <sup>2</sup>
	Ventilación pañoles	0,12	0,5	40	0,9	64,15	2/3x6 mm <sup>2</sup>
	Ventilación cocina	0,12	0,5	41	0,9	65,75	2/3x6 mm <sup>2</sup>
	Ventilación sala baterías	0,12	0,5	0,2	0,9	0,38	1/3x1 mm <sup>2</sup>
A/C	22	0,899	24,5	0,9	39,25	2/3x2,5 mm <sup>2</sup>	
Sistema amarre y fondeo	Chigres	37	0,912	40,6	0,9	65,06	2/3x6 mm <sup>2</sup>
	Molinete	15	0,887	16,9	0,9	27,12	1/3x4 mm <sup>2</sup>
Sistema de remolque	Chigres	500	0,94	531,9	0,9	853,06	4/3x120 mm <sup>2</sup>
Fonda y Hotel	Cocina eléctrica	-	-	8	0,9	22,31	1/3x4 mm <sup>2</sup>
	Horno	-	-	2,5	0,9	6,97	1/3x1 mm <sup>2</sup>
	Microondas	-	-	2	0,9	5,58	1/3x1 mm <sup>2</sup>
	Lavaplatos	-	-	2	0,9	5,58	1/3x1 mm <sup>2</sup>

	Cafetera	-	-	0,5	0,9	1,39	1/3x1 mm <sup>2</sup>
	Freidora	-	-	2	0,9	5,58	1/3x1 mm <sup>2</sup>
	Frigorífico	-	-	1	0,9	2,79	1/3x1 mm <sup>2</sup>
	Lavadora	-	-	2	0,9	5,58	1/3x1 mm <sup>2</sup>
	Secadora	-	-	2	0,9	5,58	1/3x1 mm <sup>2</sup>
	Compresor gambuza	-	-	10	0,9	27,89	1/3x4 mm <sup>2</sup>
	Televisiones	-	-	0,2	0,9	0,56	1/3x1 mm <sup>2</sup>
	Plancha	-	-	2,5	0,9	6,97	1/3x1 mm <sup>2</sup>
<b>Mantenimiento</b>	Taladro	-	-	1	0,9	2,79	1/3x1 mm <sup>2</sup>
	Grupo soldadura	-	-	6	0,9	16,73	1/3x2,5 mm <sup>2</sup>
<b>Equipos de navegación</b>	Equipos de radio	-	-	2,5	0,9	6,97	1/3x1 mm <sup>2</sup>
	Equipos de navegación	-	-	3	0,9	8,37	1/3x1 mm <sup>2</sup>
	Automatización	-	-	2,5	0,9	6,97	1/3x1 mm <sup>2</sup>
	Protección catódica	-	-	10	0,9	27,89	1/3x4 mm <sup>2</sup>
<b>Iluminación</b>	A. Habilitación	-	-	1,83	0,9	5,10	1/3x1 mm <sup>2</sup>
	A. Cámara de máquinas	-	-	2,24	0,9	6,25	1/3x1 mm <sup>2</sup>
	A. exterior navegación	-	-	0,36	0,9	1,00	1/3x1 mm <sup>2</sup>
	A. exterior remolque	-	-	0,42	0,9	1,17	1/3x1 mm <sup>2</sup>
	A. emergencia	-	-	2,57	0,9	7,17	1/3x1 mm <sup>2</sup>

# ***ANEXO I: Diagrama unifilar***



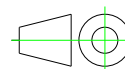
UNIVERSIDADE DE A CORUÑA.

FORMATO  
A3

PROYECTO:  
BUQUE REMOLCADOR ROMPEHIELOS DE 90 TPF

ESCALA  
1:1

TÍTULO:  
DIAGRAMA UNIFILAR



DIBUJADO  
M. Burgos

APROBADO

FECHA  
2020

HOJA DE

PLANO N°  
C11

RE