



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

**Trabajo Fin de Grado**  
**CURSO 2020/2021**

---

*PETROLERO (TANQUE CRUDOS) 250000 TPM*

*GENO-2020-02*

---

**Grado en Ingeniería Naval y Oceánica**

**ALUMNA/O**

Minerva Rivas Cabanas

**TUTORAS/ES**

Raúl Villa Caro

**FECHA**

JUNIO 2021

## 1 TÍTULO Y RESUMEN

### 1.1 Castellano

El buque que se proyectará en este trabajo es uno para el transporte de un gran volumen de crudo, un petrolero de crudo VLCC, cuya característica principal es su capacidad de carga máxima de 275000 toneladas de peso muerto, según la RPA. En estos cuadernos se recoge el proceso completo de diseño, construcción y evaluación económica desarrollado para la obtención de dicho buque.

### 1.2 Galego

O buque que se proxecta neste traballo é un para o transporte dun gran volume de crudo, un petroleiro de crudo VLCC, cuxa característica principal é a súa capacidade de carga máxima, dada pola RPA, 275000 toneladas de peso morto. Nestes cadernos recóllese o proceso completo de deseño, construción e avaliación económica desenrolado para a obtención de dito buque.

### 1.3 English

The ship that will be projected in this work is one for the transport of a large volume of crude, a very large crude oil tanker (VLCC), whose main characteristic is its maximum load capacity of 275,000 deadweight tons, according to the PAR. These notebooks collect the complete process of design, construction and economic evaluation developed to obtain the mentioned ship.



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

**TRABAJO FIN DE GRADO  
CURSO 2020/2021**

---

*PETROLERO (TANQUE CRUDOS) 275000 TPM*

---

**Grado en Ingeniería Naval y Oceánica**

**Cuaderno 11:**

**BALANCE ELÉCTRICO Y SELECCIÓN DE LA PLANTA GENERADORA**



**SIMULTANEIDAD DE GRADO EN INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA E  
INGENIERÍA MECÁNICA**

**TRABAJO FIN DE GRADO**

*CURSO 2020-2021*

**PROYECTO NÚMERO**

**TIPO DE BUQUE:** Petrolero (tanque de crudos)

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

**CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA:** 275000 toneladas de peso muerto

**VELOCIDAD Y AUTONOMÍA:** 15.5 nudos en condiciones de servicio. 20000 millas a velocidad de servicio.

**SISTEMAS Y EQUIPOS DE CARGA / DESCARGA:** Bombas para carga y descarga de tanques.

**PROPULSIÓN:** Motor diésel acoplado a una hélice de paso fijo.

**TRIPULACIÓN Y PASAJE:** 36 personas distribuidas en camarotes individuales y dobles.

**OTROS EQUIPOS E INSTALACIONES:** Los habituales en este tipo de buques.

Ferrol, 04 de Octubre de 2020

ALUMNO/A: **D<sup>a</sup> Minerva Rivas Cabanas**

## CONTENIDO

- 1 Título y Resumen..... 1
  - 1.1 Castellano..... 1
  - 1.2 Galego..... 1
  - 1.3 English..... 1
- Contenido ..... 1
- 1 Introducción ..... 3
  - 1.1 Antecedentes del buque a proyectar..... 3
  - 1.2 Normalización y reglamentos..... 4
- 2 Definición de la planta eléctrica..... 6
  - 2.1 Frecuencia y tensión..... 6
  - 2.2 Características..... 7
  - 2.3 Cuadro principal..... 8
    - 2.3.1 Instalación de mando..... 8
  - 2.4 Cuadro de emergencia ..... 8
  - 2.5 Transformadores ..... 9
  - 2.6 Sistema de cableado ..... 9
    - 2.6.1 Cables de distribución..... 9
    - 2.6.2 Cables para servicio de alojamiento ..... 9
- 3 Desglose y características de los consumidores .....11
  - 3.1 Sistema Cámara de Máquinas.....12
  - 3.2 Equipos y servicios varios.....13
  - 3.3 Iluminación .....14
- 4 Balance eléctrico del buque .....19
  - 4.1 Justificación de coeficientes.....20
    - 4.1.1 Sistema de cámara de máquinas.....21
    - 4.1.2 Equipos y servicios varios.....22
    - 4.1.3 Iluminación .....23
  - 4.2 Cálculo del balance para las distintas condiciones .....23
    - 4.2.1 Situación de navegación en modo HFO.....23
    - 4.2.2 Situación de carga/descarga.....29
    - 4.2.3 Situación de maniobra .....34
    - 4.2.4 Situación de emergencia .....39
  - 4.3 Resultados balance eléctrico .....43
- 5 PLANTA GENERADORA.....45

5.1 Planta generadora principal .....45  
5.2 Planta generadora de emergencia .....48  
6 Definición y caracterización del sistema de cableado.....50  
6.1 Intensidad de corte de los interruptores automáticos .....58  
7 DIAGRAMA UNIFILAR ELÉCTRICO .....59  
7.1 Descripción del diagrama unifilar .....59  
8 Bibliografía .....61

## 1 INTRODUCCIÓN

El objetivo de este cuaderno comprende la realización y desarrollo del balance eléctrico del buque proyectado, así como la definición y diseño de las características de la planta, con el fin de conocer la potencia eléctrica que se debe instalar a bordo.

Se analizarán las condiciones de carga que actuarán en el buque para establecer así el número de generadores necesarios en funcionamiento para satisfacer las necesidades del buque. Así, sin requerir el uso de la fuente de emergencia, se asegura la alimentación de los servicios necesarios.

Las condiciones estudiadas son las siguientes:

- Condición de navegación normal.
- Condición de maniobras.
- Condición de carga y descarga en puerto.
- Condición de emergencia.

El correcto desarrollo de este cuaderno se realiza mediante el estudio de los distintos consumidores del buque, definidos en otros cuadernos como el VI, X y XII. Además, se han de determinar la frecuencia y tensión del buque proyecto, supeditadas éstas, en mayor medida, por el país o aguas de operación del barco aquí tratado.

### 1.1 Antecedentes del buque a proyectar

Las parámetros y dimensiones característicos, obtenidos mediante el desarrollo de cuadernos previos son los siguientes:

<b>L total (m)</b>	309.05
<b>Lpp (m)</b>	302.9
<b>Manga (m)</b>	56.5
<b>Puntal (m)</b>	29.4
<b>Calado (m)</b>	21.9
<b>Cb</b>	0.865
<b>Cm</b>	0.989
<b>Cp</b>	0.875
<b>Cwp</b>	0.934
<b><math>\Delta</math> (t)</b>	339242
<b>TPM</b>	275000
<b>BHP (kW)</b>	37680
<b>Superficie mojada (m<sup>2</sup>)</b>	27623.15
<b>Superficie flotación (m<sup>2</sup>)</b>	16302.609
<b>Velocidad (nudos)</b>	15.5
<b>Peso en Rosca (t)</b>	46496

Es necesario seguir las especificaciones de la RPA para cumplimentar el balance eléctrico del buque proyecto.

Durante el desenvolvimiento de este cuaderno, se procede del siguiente modo:

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

## 1.2 Normalización y reglamentos

La complementación de este cuaderno se realiza bajo el seguimiento de las siguientes normas:

- Especificación del Armador del buque.
- Normas de diseño de la Instalación Eléctrica: UNE-CEI.
- Convenios Internacionales: SOLAS y MARPOL 73/78.
- Reglamento de la Sociedad de Clasificación: DNV “Det Norske Veritas”.
- Reglamento de las Inspecciones Marinas, Subdirección General de Seguridad, Contaminación e Inspección Marina del Ministerio de Fomento.
  - Ordenación y ejecución de las inspecciones y controles técnicos, radioeléctricos, de seguridad y de prevención de la contaminación de los buques civiles.
  - Aprobación y homologación de aparatos y elementos de los buques o de los materiales y equipos de los mismos.

Sociedades de Clasificación	Vibraciones	Variaciones parámetros de alimentación	Calor húmedo
Lloyd's Register	Rango de frecuencias: 5-13,2 Hz Desplazamiento: 1 mm Rango de frecuencias: 13,2-100 Hz Aceleración: 0,7 g	Variaciones de tensión.(estacionario) % +10/-10 Transitorios de tensión.(duración.1,5.s) +20/-20 Variaciones de frecuencia.(estacionario) % +5/-5 Transitorios de frecuencia.(duración.5.s) +10/-10	Aumentar T desde 20 °C hasta 55 °C. Mantener T=55 °C durante 12 h (HR.90-100%). Disminuir T hasta 20 °C. Mantener T=20 °C durante al menos 6 h (HR.80-100%) 2 ciclos
RINA	Rango de frecuencias: 5-13,2 Hz Desplazamiento: 1 mm Rango de frecuencias: 13,2-100 Hz Aceleración: 0,7 g	Variaciones de tensión.(estacionario) % +6/-10 Transitorios de tensión.(duración.1,5.s) +20/-20 Variaciones de frecuencia.(estacionario) % +5/-5 Transitorios de frecuencia.(duración.5.s) +10/-10	IEC 60068-2-30 Prueba Db Aumentar T, T=55 °C. Mantener T=55 °C durante 12 h (HR.95%). Ciclos: 2 (2x.12+12.h)
DNV	Rango de frecuencias: 5-13,2 Hz Desplazamiento: 1 mm Rango de frecuencias: 13,2-100 Hz Aceleración: 0,7 g Velocidad de barrido: máx. 1 oct/min	Variaciones de tensión.(estacionario) % +10/-10 Transitorios de tensión.(duración.1,5.s) +20/-20 Variaciones de frecuencia.(estacionario) % +5/-5 Transitorios de frecuencia.(duración.5.s) +10/-10	IEC.60068-2-30.Prueba Db Aumentar T. T=55.°C. Mantener T=55.°C durante. 12.h.(HR.90-96%.a.55°C). Ciclos: 2.(2x.12+12.h)



	Prueba de resistencia al calor seco	Inmunidad a radiación debida a campos de radiofrecuencia	Inmunidad a campos de alta frecuencia producidos en conductores
Lloyd's Register	IEC 60068-2-2 Pruebas Bb-Bd Aumentar T, T=70 °C (HR=50% a 35°C, equivalente a un 9% a 70 °C) Duración 16h a 70 °C	Rango de frecuencias 80 MHz-2 GHz. Modulación 80% a 1000 Hz. Intensidad del campo 10V/m. Frecuencia de barrido menor de 1,5x10 <sup>-3</sup> dec/s, o 1% /segundo	IEC 61000-4-6 Intervalo de frecuencias 150 kHz-80 MHz Amplitud 3 Vrms. Modulación 80% a 1000 Hz. Frecuencia de barrido menor de 1,5x10 <sup>-3</sup> dec/s, o 1% /segundo
RINA	IEC.60068-2-2. Aumentar T, T=55 °C o T=70°C Duración 2 a 70 °C o 16 h a 55 °C	IEC 61000-4-3 Rango de frecuencias 80 MHz-2 GHz. Modulación 80% a 1000 Hz. Intensidad del campo 10 V/m. Frecuencia de barrido menor de 1,5x10 <sup>-3</sup> dec/s, o 1% /segundo	IEC 61000-4-6 Intervalo de frecuencias 150 kHz-80 MHz Amplitud 3 Vrms. Modulación 80% a 1000 Hz. Frecuencia de barrido menor de 1,5x10 <sup>-3</sup> dec/s, o 1% /segundo
DNV	IEC.60068-2-2 Pruebas Bb-Bd Aumentar T -Duración 16 h a 55 °C + 2h a 70 °C (HR máx 55%) Clase B	IEC 61000-4-3 Rango de frecuencias 80 MHz-2 GHz. Modulación 80% a 1000 Hz. Intensidad del campo 10 V/m. Frecuencia de barrido menor de 1,5x10 <sup>-3</sup> dec/s, o 1% /segundo	IEC 61000-4-6 Intervalo de frecuencias 150 kHz-80 MHz Amplitud 3 Vrms (10 V rms para el puente y la zona de cubierta) Modulación 80% a 1000 Hz. Frecuencia de barrido menor de 1,5x10 <sup>-3</sup> dec/s, o 1% /3s (conforme a nivel 2 de severidad de la norma)

Condiciones a cumplir:

- Condiciones ambientales:
  - Los equipos eléctricos deben funcionar para buques estáticos en  $\pm 15^\circ$  y en condición dinámica en  $\pm 22^\circ 30'$ . Por otro lado, los equipos de emergencia deben funcionar a  $\pm 22^\circ 30'$  con un trimado de  $10^\circ$ .
  - Con respecto a las vibraciones, se deben tolerar rangos de frecuencia de vibraciones de 5 a 50 Hz con una amplitud de 20 mm/s.
  - La temperatura ambiente tomada es de 45 °C como máximo, cambiando según la localización considerada dentro del buque.
- Grado de protección IP, contra el ingreso de objetos sólidos y agua, va a depender de la ubicación del equipo dentro del buque.

## 2 DEFINICIÓN DE LA PLANTA ELÉCTRICA

En este punto del trabajo se pretende realizar una descripción de la planta eléctrica, así como todas las características que pueden influenciar su diseño. Se considera que:

- El cuadro principal ha de estar dividido en secciones simétricas para aportar así una mayor confiabilidad y establecer redundancia.
- El número de grupos electrógenos/alternadores ha de ser tal que asegure una distribución de carga simétrica en las secciones de barras colectoras de los cuadros.
- Igualmente, los distribuidores eléctricos estarán dispuestos y repartidos simétricamente en los cuadros de distribución empleados.
- El diseño del cuadro de distribución principal se determina por el nivel de las corrientes de cortocircuito que deben resistir y por la capacidad de corte de los interruptores automáticos.

### 2.1 Frecuencia y tensión

La energía eléctrica a bordo se genera con el uso de alternadores que están accionados por motores auxiliares.

El número de generadores es desconocido, aunque se sabe que como mínimo ha de ser dos, por exigencia del SOLAS.

Para definir la tensión empleada a bordo, se consideran las dos posibles combinaciones de distribución de energía eléctrica:

- 400 V a 50 Hz en Europa.
- 480 V a 60 Hz en América, Asia...

El uso de corriente trifásica a bordo presenta una serie ventajas como,

- La posibilidad de conectarse a la red en puerto.
- Un menor coste de mantenimiento debido a la mayor sencillez.
- Los generadores empleados son de menor peso.
- Se permite el empleo de una mayor tensión, derivando esto en la reducción de la sección del cableado y, por tanto, su peso, empacho y coste.
- Menor control en la velocidad de régimen, ya que, al tener una mayor frecuencia, la velocidad de giro de los motores generadores será mayor a igualdad de polos, de modo que estos podrán ser de menor tamaño y precio, como ya había sido mencionado.

Por lo tanto, se decide emplear corriente alterna trifásica, con una tensión de la red de fuerza de 400 V- 50 Hz, la elección de la tensión y fuerza está condicionada principalmente a la corriente empleada en los puertos en los cuales el buque va a atracar o aguas en las que opere en su recorrido más frecuente.

La decisión sobre el tipo de corriente empleada, distribución y frecuencia pertenece al proyectista, aunque en el caso aquí tratado no presenta ninguna restricción en la RPA.

Para el suministro de energía eléctrica de alumbrado, luces de navegación y aparatos domésticos, se instalan transformadores que reduzcan la tensión a 230 V, es decir, con una relación de transformación de 400 V en el primario a 230 V en el secundario. La instalación secundaria será entonces, de 230 V a 50 Hz, para poder suministrar energía a ciertos consumidores.

El sistema de distribución será de tipo radial, también conocido como sistema en derivaciones sucesivas, que proporciona una mayor flexibilidad y un mejor empleo y ahorro en el cobre de los conductores.

Los transformadores instalados serán dos, aunque uno de ellos sea de respeto, para incrementar la fiabilidad de la instalación.

Para la definición de las tensiones de red se ha empleado la tabla de la Norma UNE 21-135-93/201, en la que figuran las tensiones y frecuencias en función del tipo de consumidor,

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 <sup>1)</sup>	50	60	1 000
	240 <sup>1)</sup>	50	-	1 000
	380 <sup>2)</sup>	50	-	1 000
	415 <sup>2)</sup>	50	-	1 000
	440	-	60	1 000
	660 <sup>3)*</sup>	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 <sup>1)</sup>	50	60	500
240 <sup>1)</sup>	50	-	500	
2 Alumbrado fijo incluyendo tomas de corriente para fines no mencionados en los puntos 1 y 3, pero destinados a aparatos con aislamiento reforzado o doble aislamiento, o conectados con un cable flexible que incluya un conductor de masa de dimensiones conforme a la tabla 1, norma CEI 92-401.	Monofásica	Monofásica	Monofásica	Monofásica
	120	50	60	250
	220 <sup>1)</sup>	50	60	250
	240 <sup>1)</sup>	50	-	250
3 Tomas de corriente para usos que precisen de precauciones especiales contra el choque eléctrico: a) Alimentación con o sin transformador de aislamiento. b) En caso de empleo de un transformador de aislamiento alimentando a un solo consumidor.  Ambos conductores de tales sistemas deberán estar aislados de masa.	Monofásico	Monofásico	Monofásico	Monofásico
	24	50	60	55
	120	50	60	250
	220 <sup>1)</sup>	50	60	250
	240 <sup>1)</sup>	50	-	250

1) En el futuro, solamente 230 V

2) En el futuro, solamente 400 V

3) En el futuro, solamente 690 V

\*Solamente para fuerza motriz

NOTAS

1 Para las limitadas distribuciones superiores a 1 000 V, véase la norma PNE 21-135 /503: Características especiales. Redes de alimentación en corriente alterna para tensiones superiores a 1 kV e inferiores o iguales a 11 kV.

2 Véase también el apartado 3.1 de la norma CEI 92-502.

3 Para tensiones de control en redes de distribución superiores a 500 V, véase el apartado 5.4.

## 2.2 Características

El tipo de propulsión especificado en la RPA es propulsión mecánica diésel compuesta de un motor diésel acoplado a una hélice de paso fijo que hace referencia a un sistema simplista. El sistema será impulsado por un régimen de motor constante o ligeramente variable.

El motor ha de estar preparado para aportar una velocidad de 15.5 nudos, según la RPA, en condiciones de servicio (85% MRC), proporcionando la autonomía definida en las necesidades de proyecto. El buque contará con una única línea de ejes.

Los requisitos a cumplir según la norma IEC 60092-101:2002, para la tensión, frecuencia y distorsión armónica son los siguientes,

- Parámetros de la tensión,
  - Tolerancia de la tensión permanente: +6 % -10 %.
  - Tolerancia de la tensión desequilibrada: 7 % (incluyendo desequilibrio de fase).
  - 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 %.
- La distorsión armónica total (THD) sirve como medida del contenido total de armónicos en una señal. El contenido máximo de armónicos en la instalación no debe de superar el 10 %.

## 2.3 Cuadro principal

El sistema de distribución de la energía eléctrica se lleva a cabo a través del cuadro eléctrico principal situado en la cubierta principal, dentro del local eléctrico, que consta de,

- Generadores.
- Servicios a 400 V.
- Servicios a 230 V.
- Control de transformadores.
- Alarmas del cuadro principal.

El cuadro principal recibe la potencia directamente de los generadores, y puede hacer que estos funcionen en paralelo. De aquí, se distribuye la corriente a los cuadros secundarios o de distribución.

### 2.3.1 Instalación de mando

A partir del cuadro de transformadores se dispone de convertidores de corriente, que transformarán la corriente alterna en continua, que será suministrada a la red de la instalación de mando.

Esto es necesario para alimentar los circuitos de mando de los paneles de control, con los que se realiza todo el conexionado mediante el que posteriormente se manejarán los consumidores, por ejemplo, el arranque del motor eléctrico en estrella-triángulo.

La corriente continua es también necesaria para alimentar a las alarmas.

Conectadas a esta red también se colocan las baterías encargadas de aportar, en caso de caída de la red principal y, además que no se active el generador de emergencia, durante un tiempo mínimo de 3 horas, la energía eléctrica necesaria para suministrar unos servicios mínimos como puede ser el alumbrado transitorio o de salvaguardia.

## 2.4 Cuadro de emergencia

El generador de emergencia está situado en el local del grupo de emergencia situado en la cubierta principal.

El accionamiento de los circuitos se podrá realizar desde el cuadro principal, pero siempre pasando por el de emergencia, de forma que todos los circuitos de emergencia pasan por ese cuadro.

Con el fin de cortar el contacto de los cuadros principales y conectarlos sólo con el de emergencias, se dispone de una serie de dispositivos de interrupción automática y conmutadores.

Los cables que se dirijan a circuitos que alimenten equipos de emergencia fuera de la cámara de máquinas, no deben pasar por ésta.

Se disponen de tomas de corriente en el buque, a cada banda, para poder hacer conexiones a tierra.

El cuadro de emergencia alimenta directamente a los siguientes equipos,

- Alumbrado de emergencia.
- Servomotor.
- Chigres de botes salvavidas.
- Bomba contraincendios de emergencia.
- Instrumentos náuticos y de comunicaciones.

## 2.5 Transformadores

En el buque proyectado existen sistemas cuyo funcionamiento se realiza a tensiones inferiores a las nominales, correspondientes a los equipos de fuerza de la instalación. Se instalarán transformadores de tensión que alimentarán a los consumidores a 230 V, solucionando así el problema dado.

Estos transformadores debido al tipo de actividad a la que estarán expuestos serán de tipo marino, protegidos contra salpicaduras y goteos, disponiendo de ventilación natural.

- Tensión primaria: 400 V.
- Tensión secundaria: 230 V.

El grupo de emergencia alimenta también servicios que requieren de una tensión de 230 V, por lo que, en el local de dicho grupo de emergencia se han de instalar transformadores con las características anteriormente citadas.

## 2.6 Sistema de cableado

### 2.6.1 Cables de distribución

Los circuitos que componen los servicios del buque como son los de fuerza, alumbrado, comunicaciones, control y electrónica, han de disponer de un aislamiento adecuado para la temperatura alcanzada por dichos conductores, no menor a 75 °C.

La temperatura de funcionamiento nominal del material será, al menos, un 10% superior a la máxima temperatura ambiente que pueda existir. En caso de que el cable ocupe un lugar susceptible a daños físicos, este debe ser dotado con armadura.

### 2.6.2 Cables para servicio de alojamiento

Los cables eléctricos que conforman los espacios de habitación en el alumbrado, enchufes y pequeños motores, se calculan con espesor de aislamiento reducido, serán retardadores de llama y,

- Los conductores serán de cobre, trenzados y con secciones transversales de 1.5  $mm^2$  y mayores.
- Dotados de un aislamiento resistente a la humedad, al calor, retardador de la llama, termoplástico y adecuado para una temperatura del conductor de 75 °C.

Para el desarrollo del cálculo de secciones de los cables instalados se ha de tener en cuenta los criterios de cálculo en función de la caída de tensión admisible.

### 3 DESGLOSE Y CARACTERÍSTICAS DE LOS CONSUMIDORES

Con los datos obtenidos de cuadernos realizados con anterioridad, Cuaderno X “Definición de la planta propulsora” y Cuaderno XII “Equipos y Servicios”, se obtienen las potencias de los consumidores.

En este apartado se pretende desglosar las características de cada consumidor. En el caso de las bombas accionadas por motores eléctricos, se emplean las eficiencias y potencias normalizadas de motores de 4 polos del catálogo de ABB, trabajando a la misma frecuencia que el buque, 50 Hz, siguiendo lo expuesto en el catálogo de la misma casa,

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

Para las bombas de potencia inferior a 20 kW, se emplean motores de eficiencia estándar; mientras que, para potencias superiores a 20 kW, se emplearán de alta eficiencia.

- $P < 20 \text{ kW}$ : IE 1 – Standard efficiency
- $P > 20 \text{ kW}$ : IE 2 – High efficiency

Para el resto de los equipos y servicios calculados durante el desarrollo de cuadernos anteriores, se considera la potencia calculada con la eficiencia incluida. Cuando sea necesario, se recurrirá a catálogos de los propios equipos para obtener su potencia consumida real.

La segregación de los consumidores caracteriza por tres bloques principales,

- Sistemas de cámara de máquinas,
  - Sistema de propulsión.
  - Sistemas necesarios para el motor generador principal.
- Equipos y servicios,
  - Servicio de sentinas.
  - Servicio de lastre.
  - Servicio contra incendios.
  - Sistema de agua sanitaria.
  - Ventilación y aire acondicionado.
  - Sistema de carga y descarga de petroleros.
  - Generador de Gas Inerte.
  - Equipos y sistemas de habilitación.
  - Mantenimiento y provisiones.
  - Navegación.
- Iluminación,
  - Iluminación principal.
  - Iluminación de emergencia.

### 3.1 Sistema Cámara de Máquinas

EQUIPO	CARACTERÍSTICAS		CARACTERÍSTICAS				
	Nº Instal.	P. Ca. (kW)	P. Unitaria (kW)			Ptotal	
			ÚTIL (placa)	ηe	Abs.	N*Pabs	
PROPULSIÓN	1. SERVICIO DE PROPULSIÓN						
	Motor Diésel MAN B&W G80ME-C10,5	1	-	37680	0,96	-	-
	<b>TOTAL</b>						<b>0</b>
SISTEMAS NECESARIOS PARA EL MOTOR GENERADOR PRINCIPAL	2. SERVICIO DE REFRIGERACIÓN						
	BOMBA DE REFRIG. Agua Salada	2	89,09	90	0,942	95,5414013	191,082803
	BOMBA DE REFRIG. Agua Dulce Baja Tª	2	87,53	90	0,942	95,5414013	191,082803
	BOMBA DE REFRIG. Agua Dulce Alta Tª	2	32,6	37	0,927	39,9137001	79,8274002
	<b>TOTAL</b>						<b>461,993005</b>
	3. SERVICIO DE LUBRICACIÓN						
	BOMBA DE LUBRICACIÓN	2	128,06	132	0,947	139,38754	278,775079
	SEPARADORA DE ACEITE	1	1,78	2	-	2	2
	<b>TOTAL</b>						<b>280,775079</b>
	4. SERVICIO DE COMBUSTIBLE						
	BOMBA DE SUMINISTRO	2	1,5	2,2	0,843	2,60972716	5,21945433
	SEPARADORA	2	-	35	-	35	70
	CALENTADOR HFO	2	-	146	-	146	292
	BOMBA DE CIRCULACIÓN	2	4,24	5,5	0,877	6,2713797	12,5427594
	BOMBA DE TRASIEGO	2	5,51	5,5	0,877	6,2713797	12,5427594
<b>TOTAL</b>						<b>392,304973</b>	
5. SERVICIO DE AIRE							
COMPRESOR DE AIRE	2	-	7,5	0,887	8,45546787	16,9109357	
<b>TOTAL</b>						<b>16,9109357</b>	



### 3.2 Equipos y servicios varios

EQUIPO	CARACTERÍSTICAS		CARACTERÍSTICAS				
	Nº Instal.	P. Ca. (kW)	P. Unitaria (kW)			Ptotal	
			ÚTIL (placa)	$\eta_e$	Abs.	N*Pabs	
SENTINAS	6. SERVICIO DE SENTINAS						
	BOMBA DE SENTINAS	3	154	160	0,94 9	168,59852 5	505,79557 4
	<b>TOTAL</b>						<b>505,79557 4</b>
LASTRE	7. SERVICIO DE LASTRE						
	BOMBA DE LASTRE	5	182	200	0,95	210,52631 6	1052,6315 8
	<b>TOTAL</b>						<b>1052,6315 8</b>
CONTRAINCENDIOS	8. SERVICIO CONTRA INCENDIOS						
	BOMBA CI	3	55	55	0,93 5	58,823529 4	176,47058 8
	BOMBA CI EMERGENCIA	1	33	55	0,93 5	58,823529 4	58,823529 4
	<b>TOTAL</b>						<b>235,29411 8</b>
AGUA SANITARIA	9. SERVICIO DE AGUA SANITARIA						
	BOMBA AGUA SANITARIA FRÍA	2	36,5	45	0,93 1	48,335123 5	96,670247
	BOMBA AGUA SANITARIA CALIENTE	1	76	90	0,94 2	95,541401 3	95,541401 3
	CALENTADOR AGUA SANITARIA	1	36,05	-	-	57,6	57,6
	PLANTA TAR	1	8	-	-	8	8
	GENERADOR AGUA DULCE	1	3	-	-	3	3
<b>TOTAL</b>						<b>260,81164 8</b>	
VENTILACIÓN	10. VENTILACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO						
	A/C	2	37	-	-	37	74
	VENTILACIÓN ESPACIOS	8	11	-	-	11	88
	VENTILACIÓN CÁMARA DE MÁQUINAS	-	30	-	-	30	30
<b>TOTAL</b>						<b>192</b>	
PETROLERO DE	11. EQUIPOS GENERALES PETROLEROS						
	BOMBAS DE CARGA Y DESCARGA (Conexión a puerto)	13	-	315	0,95 1	331,23028 4	4305,9936 9
	GENERADOR DE GAS INERTE	2	250	-	-	250	500
<b>TOTAL</b>						<b>4805,9936 9</b>	
EQUIPOS Y SISTEMAS DE	12. FONDA Y HOTEL						
	COCINA ELÉCTRICA	1	2	-	-	1,5	1,5
	HORNO	1	1,8	-	-	1,8	1,8
	CAMPANA EXTRACTORA DE GASES	1	1,7	-	-	1,7	1,7
	BATIDORA	1	1	-	-	1	1
	FREÍDORA	1	1	-	-	1	1
TOSTADORA DE PAN	1	0,8	-	-	0,8	0,8	

PETROLERO DE CRUDO 250000 TPM/ CUADERNO XI  
MINERVA RIVAS CABANAS

	CAFETERA ELÉCTRICA	3	1	-	-	1	3
	MOLINILLO CAFÉ	1	0,5	-	-	0,5	0,5
	PICADORA DE CARNE	1	0,75	-	-	0,75	0,75
	CORTA-FIAMBRES	1	0,3	-	-	0,3	0,3
	FRIGORÍFICOS	1	1,3	-	-	1,3	1,3
	LAVAVAJILLAS	1	1	-	-	1	1
	CALIENTA PLATOS	1	0,8	-	-	0,8	0,8
	MICROONDAS	2	0,5	-	-	0,5	1
	LAVADORAS	4	1,5	-	-	1,5	6
	SECADORAS	3	1,5	-	-	1,5	4,5
	PLANCHAS	2	1	-	-	1	2
	COMPRESORES GAMBUZA	2	5	-	-	5	10
	TELEVISIONES	5	0,2	-	-	0,2	1
<b>TOTAL</b>							<b>39,95</b>
MANTENIMIENTO	13. EQUIPOS DE MANTENIMIENTO						
	PUNTA DE PROVISIONES	2	6	-	-	6	12
	GRÚA CÁMARA DE MÁQUINAS	1	6	-	-	6	6
	TORNO	1	3,5	-	-	3,5	3,5
	TALADRO	2	1	-	-	1	2
	ESMERILADORA	1	1	-	-	1	1
	EQUIPO DE SOLDADURA	1	8,5	-	-	8,5	8,5
	EQUIPO DE CORTE Y SOLDADURA OXI.	1	8,5	-	-	8,5	8,5
COMPRESOR AIRE	4	3,7	-	-	3,7	14,8	
<b>TOTAL</b>							<b>56,3</b>
EQUIPOS VARIOS	14. EQUIPOS DE CUBIERTA Y SERVO						
	SERVOMOTOR	1	144,45	-	-	144,45	144,45
	CHIGRES POPA Y PROA	4	22,77	-	-	22,77	91,08
	CHIGRES ZONA CENTRAL	2	22,77	-	-	22,77	45,54
	MOLINETES	1	925,61	-	-	925,61	925,61
<b>TOTAL</b>							<b>3562,23</b>
NAVEGACIÓN	15. EQUIPOS DE NAVEGACIÓN, COMUNICACIÓN Y ELECTRÓNICA						
	EQUIPOS DE RADIO	1	5	-	-	5	5
	EQUIPOS DE NAVEGACIÓN	1	12	-	-	12	12
	COMUNICACIONES INTERIORES	1	2	-	-	2	2
	COMUNICACIONES EXTERIORES	1	4	-	-	4	4
<b>TOTAL</b>							<b>23</b>

### 3.3 Iluminación

El buque aquí proyectado dispone de unas instalaciones de iluminación formadas por el conjunto de estos tres tipos,

- Alumbrado general: consiste en el alumbrado común de los distintos compartimentos del buque. Los puntos de iluminación deben distribuir de forma

que la iluminación proporcionada sea adecuada para la actividad o actividades desarrolladas en los distintos locales. Este sistema es alimentado por los motores generadores principales, desapareciendo cuando estos dejen de funcionar.

- Alumbrado exterior: está constituido por todas las luces necesarias para la iluminación de la cubierta principal, zonas de botes de rescate, etc.
- Alumbrado de emergencia: este permitirá tener iluminación en caso de falla de la fuente principal de energía. En caso del alumbrado de socorro, deberá poder iluminar la cámara de máquinas y puestos a maniobra, puente, local de aparato de gobiernos, puntos de evacuación y proyectores de botes.

El alumbrado de emergencia deberá saltar de manera automática si, por cualquier causa, ocurre un fallo en la fuente de energía principal. Es común la instalación de un grupo de baterías que permita mantener alumbradas las partes esenciales del buque.

Para el cálculo de la potencia necesaria para la iluminación se sigue el texto de Manuel Baquerizo, "Electricidad aplicada al buque". Se muestra la iluminación adecuada (iluminancia) para cada local en luxes, datos recogidos en la siguiente tabla,

ESPACIOS	ILUMINACIÓN (lux)	
	MÍNIMO	MÁXIMO
CAMAROTE OFICIALES	200	250
CAMAROTE TRIPULACIÓN	150	200
PASILLOS TRIPULACIÓN	100	150
LOCAL REUNIÓN TRIPULACIÓN	120	250
LOCAL SERVICIO	250	300
ENFERMERÍA	500	1000
PUENTE DESCUBIERTO	20	40
PUENTE DE BOTES	10	20
MÁQUINAS	300	450
PUESTO DE MANIOBRAS	500	750
CALDERAS	250	350
TÚNELES	100	150
TALLER DE MONTAJE	1000	2000
TALLER DE MAQUINARIA	500	1000
SALA DE DIBUJO	750	1500
OFICINA	400	750

A partir de los valores de la mencionada tabla y conociendo las superficies a iluminar es posible obtener el flujo luminoso mediante la siguiente expresión,

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

Donde,

- L es el flujo luminoso en lúmenes.
- E es la iluminancia en luxes.
- S es la superficie iluminada en  $m^2$ .
- $F_d$  es el factor de suciedad que puede oscilar entre 1.25 y 2.5. Para este cálculo se considera un valor de 1.5.
- $F_u$  es el factor de utilización que es función de si el alumbrado es directo o indirecto, y de un factor k que depende de las dimensiones del local iluminado. Con el fin de simplificar los cálculos, se decide emplear solamente alumbrado directo, por lo que

se puede estimar un factor de utilización de 0.55 para cualquiera de los espacios disponibles.

Para hallar el valor de la potencia que se consume se necesita saber el rendimiento luminoso (lumen/Watt) de la lámpara que dependerá del tipo empleado. En el caso aquí tratado, se decide instalar lámparas LED en toda la iluminación interior del buque con un rendimiento de 15 lumen/Watt.

La potencia consumida en cada espacio está dada por la siguiente expresión,

$$P(kW) = \frac{L}{\eta}$$

Para el cálculo de alumbrado interior, en zona de habilitación y cámara de máquinas,

	ÁREA (m <sup>2</sup> )	E (lux)	Fd	Fu	Flujo luminoso (lm)	Lámpara	η (lm/kW)	P (kW)
<b>CAMAROTE OFICIALES</b>	100,54	200	1,5	0,55	<b>1645,2</b>	LED	150	<b>11</b>
<b>CAMAROTE TRIPULACIÓN</b>	200	150	1,5	0,55	<b>2454,6</b>	LED	150	<b>16,4</b>
<b>PASILLOS TRIPULACIÓN</b>	236,76	100	1,5	0,55	<b>1937,2</b>	LED	150	<b>13</b>
<b>LOCAL REUNIÓN TRIPULACIÓN</b>	300	120	1,5	0,55	<b>2945,5</b>	LED	150	<b>19,7</b>
<b>LOCAL SERVICIO</b>	100,6	250	1,5	0,55	<b>2057,8</b>	LED	150	<b>13,8</b>
<b>ENFERMERÍA</b>	50	500	1,5	0,55	<b>2045,5</b>	LED	150	<b>13,7</b>
<b>PUENTE</b>	171,6	20	1,5	0,55	<b>280,8</b>	LED	150	<b>1,9</b>
<b>PUENTE DE PASEO</b>	50	20	1,5	0,55	<b>81,9</b>	LED	150	<b>0,6</b>
<b>MÁQUINAS</b>	100,6	300	1,5	0,55	<b>2469,3</b>	LED	150	<b>16,5</b>
<b>PUESTO DE MANIOBRAS</b>	59,26	500	1,5	0,55	<b>2424,3</b>	LED	150	<b>16,2</b>
<b>TÚNELES</b>	21,76	100	1,5	0,55	<b>178,1</b>	LED	150	<b>1,2</b>
<b>TALLER DE MONTAJE</b>	29	1000	1,5	0,55	<b>2372,8</b>	LED	150	<b>15,9</b>
<b>TALLER DE MAQUINARIA</b>	27,8	500	1,5	0,55	<b>1137,3</b>	LED	150	<b>7,6</b>
<b>OFICINA</b>	87	400	1,5	0,55	<b>2847,3</b>	LED	150	<b>19</b>
<b>TOTAL</b>								<b>166,5</b>

Para el alumbrado exterior, se consideran luces de proyección, para maniobras de amarre, accesos y cubiertas de botes, además de las luces de navegación y fondeo. Se estima una potencia de unos 8 kW. Por lo tanto, el alumbrado general necesita,

$$P_{\text{alumbrado general}} = 174.5 \text{ kW}$$

Para el alumbrado de emergencia, la alimentación se realiza mediante un grupo de baterías, las cuales saltan automáticamente cuando se detecta una caída de potencia. Los espacios que requieren este tipo de iluminación son la Cámara de Máquinas, el Puente de Gobierno, los pasillos de acceso y cubierta de botes,

	ÁREA (m <sup>2</sup> )	E (lux)	Fd	Fu	Flujo luminoso (lm)	Lámpara	η (lm/kW)	P (kW)
<b>MÁQUINAS</b>	100,6	300	1,5	0,55	<b>2469,3</b>	LED	150	<b>16,5</b>
<b>PUENTE</b>	171,6	20	1,5	0,55	<b>280,8</b>	LED	150	<b>1,9</b>
<b>PASILLOS y ACCESOS</b>	236,76	100	1,5	0,55	<b>1937,2</b>	LED	150	<b>13</b>
<b>TOTAL</b>								<b>31,4</b>

Entonces queda que,

EQUIPO	CARACTERÍSTICAS		CARACTERÍSTICAS				
	Nº Instal.	P. Ca. (kW)	P. Unitaria (kW)			Ptotal	
			ÚTIL (placa)	ηe	Abs.		N*Pabs
<b>ALUMBRADO</b>	<b>16. ALUMBRADO</b>						
	<b>ALUMBRADO INTERNO</b>	1	166,5	-	-	166,5	166,5
	<b>ALUMBRADO EXTERIOR</b>	1	8	-	-	8	8
	<b>ALUMBRADO EMERGENCIA</b>	1	56,8	-	-	56,8	56,8
<b>TOTAL</b>						<b>231,3</b>	

## 4 BALANCE ELÉCTRICO DEL BUQUE

El balance eléctrico, o análisis de cargas, evalúa las necesidades relacionadas con la energía eléctrica durante las distintas condiciones de carga. Se estima la potencia promedio requerida por cada consumidor, se hace un estudio probabilístico y se evalúa en comparación con la potencia total instalada en el buque.

El objetivo principal es determinar la potencia de los generadores instalados, comprobando que satisfaga la potencia absorbida por los consumidores en su situación más desfavorable. Consiste en un estudio de las necesidades energéticas en las diferentes situaciones de carga.

A continuación, se describen las situaciones consideradas,

- Situación de navegación: corresponde a la necesidad de energía eléctrica cuando el buque se halla en travesía de puerto a puerto. Los sistemas necesarios operativos durante 24h, a 15.5 nudos.
- Situación de maniobra: hace referencia a la demanda energética en las maniobras de atraque y zarpado del buque.
- Situación de estancia en el puerto: en la que el consumo energético es debido a elementos ajenos a la propulsión del buque y al manejo de la carga.
- Situación de emergencia: el consumo de energía eléctrica es debido a los equipos necesarios para la maniobrabilidad y servicios de seguridad en emergencia. Esta condición es dimensionada en base al SOLAS, PARTE D, REGLA 43. Para el buque proyectado la fuente de energía eléctrica de emergencia tendrá capacidad para alimentar simultáneamente como mínimo y durante los periodos que se especifican a los siguientes servicios:
  - Durante un periodo de 18 h se deberá alimentar:
    - Alumbrado de emergencia, calculado en el apartado 3.3.
    - Luces de navegación.
    - Instalación radioeléctrica de ondas métricas.
    - Equipo de comunicaciones interiores.
    - Aparatos náuticos a bordo.
    - Sistema de detección de incendios y de alarma.
    - Lámpara de señales diurnas, el claxon del buque, avisadores de accionamiento manual y todas las señales interiores.
    - Bombas CI.
    - Bomba de emergencia de achique de sentinas.
  - Durante un periodo de media hora:
    - Toda puerta estanca.
    - Dispositivos de emergencia que impulsan los ascensores hasta cubierta.

En apartados posteriores, se desarrollará el funcionamiento del buque en cada una de las condiciones anteriormente listadas. Para poder llevar a cabo el balance eléctrico es necesario definir,

$$P_{absorbida} = \frac{P_{\acute{u}til}}{\eta_e}$$

Donde,

- La potencia útil ( $P_u$ ) viene dada por la potencia calculada, o bien en el caso de las bombas, por la potencia normalizada.
- $\eta_e$  es el rendimiento efectivo de cada consumidor.

$$P_{TOTAL} = P_{absorbida} * N^{\circ} \text{ de equipos}$$

La estimación de la potencia consumida por cada equipo o grupo se hace con el empleo de la siguiente ecuación,

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

Donde,

- $P_{TOTAL}$  es la potencia total instalada para el grupo de aparatos.
- $K_u$  es el coeficiente o factor de utilización.

## 4.1 Justificación de coeficientes

En cada situación de carga, la potencia demandada es diferente, para obtenerla es necesario, como se ha mencionado en el apartado anterior, multiplicar la potencia total por el coeficiente de utilización. Siendo este,

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

Donde,

- $K_n$  es un coeficiente denominado "Factor de simultaneidad en marcha". Manifiesta la posibilidad de que un número de receptores pueda permanecer inactivo por ser estos considerados respectos. Será entonces, la relación entre el número de equipos funcionando simultáneamente y el número total de equipos instalados a bordo,

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

- $K_{sr}$  es el coeficiente de servicio y régimen. Dado por,

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

Donde,

- $K_s$  es conocido como el coeficiente de servicio, el cual depende del número de horas que el equipo se encuentre en funcionamiento,

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

- $K_r$  es el denominado coeficiente de régimen que depende, como su nombre bien indica, del régimen al que trabaje la máquina,

$$K_r = \frac{P_{absorbida}}{P_{\text{útil}}} * \eta_{\text{máquina eléctrica}}$$

El  $K_s = 1$  si un único aparato o conjunto de ellos trabajan de forma continua simultáneamente. Será menor a 1 si,

- El equipo es susceptible de trabajar simultáneamente, de forma discontinua.
- Los aparatos de funcionamiento discontinuo presentan un servicio temporal inferior de una hora.
- El grupo de dispositivos en funcionamiento discontinuo superior a una hora, pero es predecible una 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



Es común que los constructores marquen un margen de reserva para poder hacer frente a un exceso de potencia demandada, o bien para navegar a máxima velocidad o con condiciones meteorológicas adversas.

Debido al desconocimiento de sus variables, es frecuente que la obtención de este coeficiente de forma matemática sea imposible, es por ello, que su valor en el proyecto aquí desarrollado se base en datos de los buques de referencia, además de en las recomendaciones dadas por Manuel Baquerizo en su libro "Electricidad Marina Práctica".

		$K_n$	$K_{sr}$	$K_u$
Maquinaria de Cubierta	Grúas	1	0,75	0,75
	Molinete	-	0,6-0,1	-
	Cabrestante	1	0,8-0,9	0,8
	Maquinillas de carga	1	0,33 -1	
	Servomotor	0,5	0,25	0,125 (frec. 0,15)
Auxiliares de Propulsión	Bombas auxiliares, purificadores, generadores de agua destilada, etc	1-0,5	0,8-0,9	0,5 -0,9
Otros	Ventiladores y calefacción	-	0,3 - 1	-
	Bombas servicios	-	0,5 - 1	-
	Alumbrado	-	-	0,5-1
	Equipo cocina	-	0,5 - 1	-

#### 4.1.1 Sistema de cámara de máquinas

Como ha sido comentado, esto apartado comprende la potencia requerida por el motor principal y sistemas auxiliares del motor generador principal (Cuaderno X).

Como se ha visto en cuadernos anteriores, será instalado un motor diésel, produciendo así el movimiento de la hélice, por lo que  $K_n$  va a ser siempre 1.

El factor final de  $K_{sr}$ , se obtiene mediante la estimación de potencia necesaria en NavCad, dado por el porcentaje de carga al cual trabajará,

SPEED [kt]	HULL-PROPULSOR				ENGINE		
	PETOTAL [kW]	WFT	THD	EFFR	RPMENG [RPM]	PBENG [kW]	LOADENG [% rated]
11,00	7586,4	0,6443	0,2635	1,0200	47	11341,7	30,1
12,00	9711,2	0,6443	0,2635	1,0200	51	14439,8	38,3
13,00	12184,3	0,6443	0,2635	1,0200	55	18025,3	47,8
13,50	13558,4	0,6443	0,2635	1,0200	57	20009,4	53,1
14,00	15027,8	0,6443	0,2635	1,0200	59	22125,3	58,7
14,50	16595,0	0,6443	0,2635	1,0200	61	24376,1	64,7
15,00	18262,6	0,6443	0,2635	1,0200	63	26764,9	71,0
+ 15,50 +	20032,9	0,6443	0,2635	1,0200	65	29294,0	77,7
16,00	21908,4	0,6443	0,2635	1,0200	67	31966,3	84,8
16,50	24397,9	0,6443	0,2635	1,0200	70	35806,9	95,0

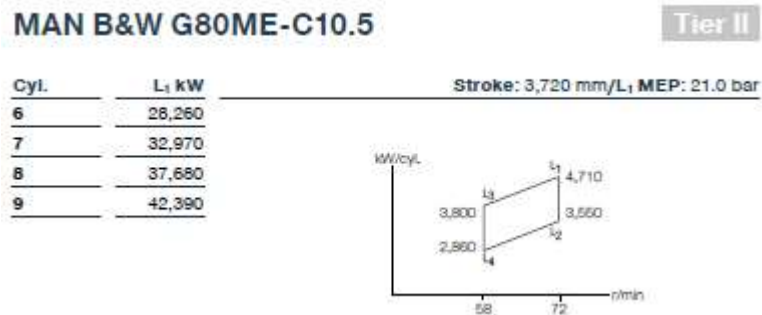
Entonces,

$$K_{sr} = 0.78$$

De acuerdo con lo establecido en el cuaderno VI de este proyecto, los cálculos y la estimación de potencia realizados, la potencia propulsora final demandada por el buque proyectado es de 36261.41 kW.

Como ese requiere en la RPA, el motor escogido será uno lento, de 2 tiempos, diésel directamente acoplado a una hélice de paso fijo, el buque a de poder navegar a 15.5 nudos en condiciones de servicio a un régimen del 85% de MCR y con un margen de mar del 15%; en estas condiciones tendrá una autonomía de 20000 millas.

Considerando que el buque proyectado no necesita reductora, y sabiendo que las revoluciones óptimas a las que debe trabajar la hélice son de 65 rpm, se decide instalar el siguiente motor,



#### MAN B&W G80ME-C10.5-TII

El cual estará provisto de 8 cilindros, trabajando a un régimen de 72 rpm y a una presión de 21 bar. La potencia suministrada por dicho motor es de,

$$BKW = 37680 \text{ kW}$$

Se obtiene que,

$$K_u = K_n * K_{sr} = 0.78$$

Los sistemas auxiliares del motor principal tendrán un coeficiente de régimen  $K_u$  de entre 0.8 y 0.9. El número de horas de funcionamiento será el apropiado para hacer frente al mantenimiento de HFO.

#### 4.1.2 Equipos y servicios varios

En este bloque se incluye,

- Servicio de sentinas.
- Servicio de lastre.
- Servicio contra incendios.
- Ventilación y A/C.
- Sistemas y servicios de elevación.
- Equipos de mantenimiento.
- Equipos de cubierta y servo.
- Fonda y Hotel.
- Equipos de navegación, comunicaciones y electrónica.

El servicio de lastre se emplea únicamente en la condición de navegabilidad con los tanques vacíos, es decir, en lastre.

Por otra parte, los equipos de cubierta (chigres, molinetes, etc.) serán utilizados tan solo cuando el buque se encuentre en carga/descarga o en maniobras.

Los servicios contraincendios funcionan cuando se detectan situaciones de emergencia.

El coeficiente de régimen oscila, en la gran mayoría de los equipos, entre 0.7 y 0.9, dependiendo del equipo.

Se han de tener en cuenta las recomendaciones dadas por Manuel Baquerizo en su libro "Electricidad Marina Práctica".

### ***4.1.3 Iluminación***

El cálculo se ha llevado a cabo según las normas descritas en la sección 3.3 de este mismo cuaderno. En condición de emergencia, se tendrán en cuenta las horas de funcionamiento estipuladas por el SOLAS.

## **4.2 Cálculo del balance para las distintas condiciones**

En esta sección se adjuntan y evalúan los resultados obtenidos del balance de carga para las distintas condiciones presentadas durante la navegación del buque aquí tratado.

### ***4.2.1 Situación de navegación en modo HFO***

Para esta condición el motor diésel trabajará con el propósito de ofrecer a la hélice la potencia necesaria. Los equipos auxiliares del motor generador, como el servicio de lubricación, refrigeración, combustible, aire comprimido y exhaustación estarán operativos.

Los equipos propios del petrolero de crudo como son el generador de gas inerte o las bombas de carga y descarga no estarán en funcionamiento.

A continuación, se adjunta la tabla de balance con los resultados finales,

PETROLERO DE CRUDO 250000 TPM/ CUADERNO XI

MINERVA RIVAS CABANAS

EQUIPO	CARACTERÍSTICAS		CARACTERÍSTICAS				NAVEGACIÓN NORMAL EN PLENA CARGA						
	Nº Instal.	P. Ca. (kW)	P. Unitaria (kW)			Ptotal	Nº ON	Coeficientes				Pnecesaria	
			ÚTIL (placa)	ηe	Abs.			N*Pabs	Kn	Ks	Kr		Ku
PROPULSIÓN	1. SERVICIO DE PROPULSIÓN												
	Motor Diésel MAN B&W G80ME-C10,5	1	-	37680	0,96	-	-	-	-	-	-	-	-
	<b>TOTAL</b>						<b>0</b>		<b>TOTAL</b>			<b>0</b>	
SISTEMAS NECESARIOS PARA EL MOTOR GENERADOR PRINCIPAL	2. SERVICIO DE REFRIGERACIÓN												
	BOMBA DE REFRIG. Agua Salada	2	89,09	90	0,94	95,541401	191,08280	1	0,5	1	0,8	0,425	81,2101910
	BOMBA DE REFRIG. Agua Dulce Baja Tª	2	87,53	90	0,94	95,541401	191,08280	1	0,5	1	0,8	0,425	81,2101910
	BOMBA DE REFRIG. Agua Dulce Alta Tª	2	32,6	37	0,92	39,913700	79,827400	1	0,5	1	0,8	0,425	33,9266450
	<b>TOTAL</b>						<b>461,99300</b>		<b>TOTAL</b>			<b>196,347027</b>	
							<b>5</b>					<b>3</b>	
	SISTEMAS NECESARIOS PARA EL MOTOR GENERADOR PRINCIPAL	3. SERVICIO DE LUBRICACIÓN											
BOMBA DE LUBRICACIÓN		2	128,06	132	0,94	139,38754	278,77507	1	0,5	1	0,8	0,425	118,479408
SEPARADORA DE ACEITE		1	1,78	2	-	2	2	1	1	1	0,8	0,85	1,7
<b>TOTAL</b>						<b>280,77507</b>		<b>TOTAL</b>			<b>120,179408</b>		
						<b>9</b>					<b>7</b>		
SISTEMAS NECESARIOS PARA EL MOTOR GENERADOR PRINCIPAL	4. SERVICIO DE COMBUSTIBLE												
	BOMBA DE SUMINISTRO	2	1,5	2,2	0,84	2,6097271	5,2194543	1	0,5	1	0,8	0,425	2,21826809
	SEPARADORA	2	-	35	-	35	70	1	0,5	1	0,8	0,425	29,75
	CALENTADOR HFO	2	-	146	-	146	292	1	0,5	1	0,8	0,425	124,1
BOMBA DE CIRCULACIÓN	2	4,24	5,5	0,87	6,2713797	12,542759	4	1	1	0,8	0,425	5,33067274	
BOMBA DE TRASIEGO	2	5,51	5,5	0,87	6,2713797	12,542759	4	1	1	0,8	0,425	5,33067274	

PETROLERO DE CRUDO 250000 TPM/ CUADERNO XI  
MINERVA RIVAS CABANAS

<b>TOTAL</b>													<b>392,30497</b>	<b>TOTAL</b>													<b>166,729613</b>
													<b>3</b>														<b>6</b>
5. SERVICIO DE AIRE																											
COMPRESOR DE AIRE													2	-	7,5	0,88	8,4554678	16,910935	1	0,5	1	0,8	0,425	7,18714768			
													7		7	7	7	7	7	7	7	7	7	9			
<b>TOTAL</b>													<b>16,910935</b>	<b>TOTAL</b>													<b>7,18714768</b>
													<b>7</b>														<b>9</b>
6. SERVICIO DE SENTINAS																											
BOMBA DE SENTINAS													3	154	160	0,94	168,59852	505,79557	2	0,6666666	1	0,8	0,5333333	269,757639			
													4		5	9	5	4	2	7	1	0,8	3	6			
<b>TOTAL</b>													<b>505,79557</b>	<b>TOTAL</b>													<b>269,757639</b>
													<b>4</b>														<b>6</b>
7. SERVICIO DE LASTRE																											
BOMBA DE LASTRE													5	182	200	0,95	210,52631	1052,6315	5	1	0	0,8	0	0			
													6		6	6	6	8	5	1	0	0,8	0	0			
<b>TOTAL</b>													<b>1052,6315</b>	<b>TOTAL</b>													<b>0</b>
													<b>8</b>														<b>0</b>
8. SERVICIO CONTRA INCENDIOS																											
BOMBA CI													3	55	55	0,93	58,823529	176,47058	2	0,6666666	0	0,8	0	0			
													4		4	5	4	8	2	7	0	0,8	0	0			
BOMBA CI EMERGENCIA													1	33	55	0,93	58,823529	58,823529	0	0	0	0,8	0	0			
													4		4	5	4	4	0	0	0	0,8	0	0			
<b>TOTAL</b>													<b>235,29411</b>	<b>TOTAL</b>													<b>0</b>
													<b>8</b>														<b>0</b>
9. SERVICIO DE AGUA SANITARIA																											
BOMBA AGUA SANITARIA FRÍA													2	36,5	45	0,93	48,335123	96,670247	1	0,5	1	0,8	0,4	38,6680988			
													5		5	1	5	8	1	0,5	1	0,8	0,4	2			
BOMBA AGUA SANITARIA CALIENTE													1	76	90	0,94	95,541401	95,541401	1	1	0,8333333	0,8	0,6666666	63,6942675			
													3		3	2	3	3	1	1	3	0,8	7	2			
CALENTADOR AGUA SANITARIA													1	36,05	-	-	57,6	57,6	1	1	0,8333333	0,8	0,6666666	38,4			
													3		-	-	6	6	1	1	3	0,8	7	38,4			
PLANTA TAR													1	8	-	-	8	8	1	1	0,5833333	0,8	0,4666666	3,7333333			
													3		-	-	8	8	1	1	3	0,8	7	3			
GENERADOR AGUA DULCE													1	3	-	-	3	3	1	1	0,5833333	0,8	0,4666666	1,4			
													3		-	-	3	3	1	1	3	0,8	7	1,4			
<b>TOTAL</b>													<b>260,81164</b>	<b>TOTAL</b>													<b>145,895699</b>
													<b>8</b>														<b>7</b>

PETROLERO DE CRUDO 250000 TPM/ CUADERNO XI

MINERVA RIVAS CABANAS

VENTILACIÓN	10. VENTILACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO												
	A/C	2	37	-	-	37	74	1	0,5	1	0,8	0,4	29,6
	VENTILACIÓN ESPACIOS	8	11	-	-	11	88	7	0,875	1	0,85	0,74375	65,45
	VENTILACIÓN CÁMARA DE MÁQUINAS	-	30	-	-	30	30	1	1	1	0,8	0,8	24
<b>TOTAL</b>							<b>192</b>	<b>TOTAL</b>					<b>119,05</b>
PETROLERO DE	11. EQUIPOS GENERALES PETROLEROS												
	BOMBAS DE CARGA Y DESCARGA (Conexión a puerto)	13	-	315	0,951	331,230284	4305,99369	0	0	0	0,8	0	0
	GENERADOR DE GAS INERTE	2	250	-	-	250	500	1	0,5	0	0,8	0	0
<b>TOTAL</b>							<b>4805,99369</b>	<b>TOTAL</b>					<b>0</b>
EQUIPOS Y SISTEMAS DE HABILITACIÓN	12. FONDA Y HOTEL												
	COCINA ELÉCTRICA	1	2	-	-	1,5	1,5	1	1	0,6666667	0,8	0,53333333	0,8
	HORNO	1	1,8	-	-	1,8	1,8	1	1	0,16666667	0,8	0,13333333	0,24
	CAMPANA EXTRACTORA DE GASES	1	1,7	-	-	1,7	1,7	1	1	0,66666667	0,8	0,53333333	0,906666667
	BATIDORA	1	1	-	-	1	1	1	1	0,16666667	0,8	0,13333333	0,133333333
	FRÉIDORA	1	1	-	-	1	1	1	1	0,33333333	0,8	0,26666666	0,266666666
	TOSTADORA DE PAN	1	0,8	-	-	0,8	0,8	1	1	0,16666667	0,8	0,13333333	0,106666666
	CAFETERA ELÉCTRICA	3	1	-	-	1	3	3	1	0,75	0,8	0,6	1,8
	MOLINILLO CAFÉ	1	0,5	-	-	0,5	0,5	1	1	0,75	0,8	0,6	0,3
	PICADORA DE CARNE	1	0,75	-	-	0,75	0,75	1	1	0,16666667	0,8	0,13333333	0,1
	CORTA-FIAMBRES	1	0,3	-	-	0,3	0,3	1	1	0,16666667	0,8	0,13333333	0,04
	FRIGORÍFICOS	1	1,3	-	-	1,3	1,3	3	3	1	0,8	2,4	3,12
LAVAVAJILLAS	1	1	-	-	1	1	1	1	0,66666667	0,8	0,53333333	0,533333333	

PETROLERO DE CRUDO 250000 TPM/ CUADERNO XI

MINERVA RIVAS CABANAS

	CALIENTA PLATOS	1	0,8	-	-	0,8	0,8	1	1	0,6666666 7	0,8	0,5333333 3	0,42666666 7
	MICROONDAS	2	0,5	-	-	0,5	1	5	2,5	0,75	0,8	1,5	1,5
	LAVADORAS	4	1,5	-	-	1,5	6	5	1,25	0,5833333 3	0,8	0,5833333 3	3,5
	SECADORAS	3	1,5	-	-	1,5	4,5	3	1	0,5833333 3	0,8	0,4666666 7	2,1
	PLANCHAS	2	1	-	-	1	2	5	2,5	0,5833333 3	0,8	1,1666666 7	2,3333333 3
	COMPRESORES GAMBUZA	2	5	-	-	5	10	2	1	1	0,8	0,8	8
	TELEVISIONES	5	0,2	-	-	0,2	1	5	1	0,5833333 3	0,8	0,4666666 7	0,4666666 7
	<b>TOTAL</b>						<b>39,95</b>					<b>TOTAL</b>	<b>26,6733333 3</b>
	<b>13. EQUIPOS DE MANTENIMIENTO</b>												
MANTENIMIENTO	PUNTA DE PROVISIONES	2	6	-	-	6	12	1	0,5	1	0,8	0,4	4,8
	GRÚA CÁMARA DE MÁQUINAS	1	6	-	-	6	6	1	1	1	0,8	0,8	4,8
	TORNO	1	3,5	-	-	3,5	3,5	1	1	0,0833333 3	0,8	0,0666666 7	0,2333333 3
	TALADRO	2	1	-	-	1	2	1	0,5	0,0833333 3	0,8	0,0333333 3	0,0666666 7
	ESMERILADORA	1	1	-	-	1	1	1	1	0,0833333 3	0,8	0,0666666 7	0,0666666 7
	EQUIPO DE SOLDADURA	1	8,5	-	-	8,5	8,5	1	1	0,0833333 3	0,8	0,0666666 7	0,5666666 7
	EQUIPO DE CORTE Y SOLDADURA OXI.	1	8,5	-	-	8,5	8,5	1	1	0,0833333 3	0,8	0,0666666 7	0,5666666 7
	COMPRESOR AIRE	4	3,7	-	-	3,7	14,8	3	0,75	0,1666666 7	0,8	0,1	1,48
	<b>TOTAL</b>						<b>56,3</b>					<b>TOTAL</b>	<b>12,58</b>
	<b>14. EQUIPOS DE CUBIERTA Y SERVO</b>												
EQUIPOS VARIOS	SERVOMOTOR	1	144,45	-	-	144,45	144,45	1	1	1	0,8	0,8	116
	CHIGRES POPA Y PROA	4	22,77	-	-	22,77	91,08	0	0	0	0,8	0	0
	CHIGRES ZONA CENTRAL	2	22,77	-	-	22,77	45,54	0	0	0	0,8	0	0
	MOLINETES	1	925,61	-	-	925,61	925,61	0	0	0	0,5	0	0

PETROLERO DE CRUDO 250000 TPM/ CUADERNO XI

MINERVA RIVAS CABANAS

		TOTAL					3562,23	TOTAL					116
NAVEGACIÓN	15. EQUIPOS DE NAVEGACIÓN, COMUNICACIÓN Y ELECTRÓNICA												
	EQUIPOS DE RADIO	1	5	-	-	5	5	1	1	1	0,8	0,8	4
	EQUIPOS DE NAVEGACIÓN	1	12	-	-	12	12	1	1	1	0,8	0,8	9,6
	COMUNICACIONES INTERIORES	1	2	-	-	2	2	1	1	1	0,8	0,8	1,6
	COMUNICACIONES EXTERIORES	1	4	-	-	4	4	1	1	1	0,8	0,8	3,2
		TOTAL					23	TOTAL					18,4
ALUMBRADO	16. ALUMBRADO												
	ALUMBRADO INTERNO	1	166,5	-	-	166,5	166,5	1	1	0,75	0,8	0,6	99,9
	ALUMBRADO EXTERIOR	1	8	-	-	8	8	1	1	0,5	0,8	0,4	3,2
	ALUMBRADO EMERGENCIA	1	56,8	-	-	56,8	56,8	0	0	0	0,8	0	0
		TOTAL					231,3	TOTAL					103,1



### 4.2.2 Situación de carga/descarga

En las operaciones de carga y descarga la planta propulsora del buque permanecerá apagada, mientras que la planta eléctrica del mismo se mantendrá en funcionamiento. Las bombas de lastre permanecerán también operativas con el fin de equilibrar el buque durante el proceso. El tiempo estimado para esta operación es de 15 horas.

EQUIPO	CARACTERÍSTICAS		CARACTERÍSTICAS				CONDICIÓN CARGA/DESCARGA						
	Nº Instal.	P. Ca. (kW)	P. Unitaria (kW)			Ptotal	Nº ON	Coeficientes				Pnecesaria	
			ÚTIL (placa)	$\eta_e$	Abs.	N*Pabs		Kn	Ks	Kr	Ku	Ku*Ptotal	
PROPULSIÓN	1. SERVICIO DE PROPULSIÓN												
	Motor Diésel MAN B&W G80ME-C10,5	1	-	37680	0,96	-	-	-	-	-	-	-	-
	<b>TOTAL</b>					<b>0</b>		<b>TOTAL</b>				<b>0</b>	
SISTEMAS NECESARIOS PARA EL MOTOR GENERADOR	2. SERVICIO DE REFRIGERACIÓN												
	BOMBA DE REFRIG. Agua Salada	2	89,09	90	0,94 2	95,541401 3	191,08280 3	1	0,5	0,625	0,8 5	0,265625	50,7563694 3
	BOMBA DE REFRIG. Agua Dulce Baja Tª	2	87,53	90	0,94 2	95,541401 3	191,08280 3	1	0,5	0,625	0,8 5	0,265625	50,7563694 3
	BOMBA DE REFRIG. Agua Dulce Alta Tª	2	32,6	37	0,92 7	39,913700 1	79,827400 2	1	0,5	0,625	0,8 5	0,265625	21,2041531 8
	<b>TOTAL</b>						<b>461,99300 5</b>		<b>TOTAL</b>				<b>122,716892</b>
	3. SERVICIO DE LUBRICACIÓN												
	BOMBA DE LUBRICACIÓN	2	128,06	132	0,94 7	139,38754	278,77507 9	1	0,5	0,625	0,8 5	0,265625	74,0496304 1
	SEPARADORA DE ACEITE	1	1,78	2	-	2	2	1	1	0,625	0,8 5	0,53125	1,0625
	<b>TOTAL</b>						<b>280,77507 9</b>		<b>TOTAL</b>				<b>75,1121304 1</b>
	4. SERVICIO DE COMBUSTIBLE												
BOMBA DE SUMINISTRO	2	1,5	2,2	0,84 3	2,6097271 6	5,2194543 3	1	0,5	0,625	0,8 5	0,265625	1,38641755 6	

PETROLERO DE CRUDO 250000 TPM/ CUADERNO XI  
MINERVA RIVAS CABANAS

	SEPARADORA	2	-	35	-	35	70	1	0,5	0,625	0,8 5	0,265625	18,59375
	CALENTADOR HFO	2	-	146	-	146	292	1	0,5	0,625	0,8 5	0,265625	77,5625
	BOMBA DE CIRCULACIÓN	2	4,24	5,5	0,87 7	6,2713797	12,542759 4	1	0,5	0,625	0,8 5	0,265625	3,33167046 8
	BOMBA DE TRASIEGO	2	5,51	5,5	0,87 7	6,2713797	12,542759 4	1	0,5	0,625	0,8 5	0,265625	3,33167046 8
	<b>TOTAL</b>						<b>392,30497 3</b>						<b>104,206008 5</b>
	5. SERVICIO DE AIRE												
	COMPRESOR DE AIRE	2	-	7,5	0,88 7	8,4554678 7	16,910935 7	1	0,5	0,625	0,8 5	0,265625	4,49196730 6
	<b>TOTAL</b>						<b>16,910935 7</b>						<b>4,49196730 6</b>
SENTINAS	6. SERVICIO DE SENTINAS												
	BOMBA DE SENTINAS	3	154	160	0,94 9	168,59852 5	505,79557 4	2	0,6666666 7	0,625	0,8 3	0,3333333 3	168,598524 8
	<b>TOTAL</b>						<b>505,79557 4</b>						<b>168,598524 8</b>
LASTRE	7. SERVICIO DE LASTRE												
	BOMBA DE LASTRE	5	182	200	0,95 6	210,52631 6	1052,6315 8	5	1	0,625	0,8 0,5	0,5	526,315789 5
	<b>TOTAL</b>						<b>1052,6315 8</b>						<b>526,315789 5</b>
CONTRAINCENDIOS	8. SERVICIO CONTRAINCENDIOS												
	BOMBA CI	3	55	55	0,93 5	58,823529 4	176,47058 8	2	0,6666666 7	0	0,8 0	0	0
	BOMBA CI EMERGENCIA	1	33	55	0,93 5	58,823529 4	58,823529 4	0	0	0	0,8 0	0	0
	<b>TOTAL</b>						<b>235,29411 8</b>						<b>0</b>
AGUA	9. SERVICIO DE AGUA SANITARIA												
	BOMBA AGUA SANITARIA FRÍA	2	36,5	45	0,93 1	48,335123 5	96,670247 3	1	0,5	1	0,8 0,4	0,4	38,6680988 2
	BOMBA AGUA SANITARIA CALIENTE	1	76	90	0,94 2	95,541401 3	95,541401 3	1	1	0,625	0,8 0,5	0,5	47,7707006 4

PETROLERO DE CRUDO 250000 TPM/ CUADERNO XI  
MINERVA RIVAS CABANAS

	CALENTADOR AGUA SANITARIA	1	36,05	-	-	57,6	57,6	1	1	0,625	0,8	0,5	28,8
	PLANTA TAR	1	8	-	-	8	8	1	1	0,2916666 7	0,8	0,2333333 3	1,8666666 7
	GENERADOR AGUA DULCE	1	3	-	-	3	3	1	1	0,2916666 7	0,8	0,2333333 3	0,7
	<b>TOTAL</b>						<b>260,81164 8</b>			<b>TOTAL</b>			<b>117,805466 1</b>
VENTILACIÓN	10. VENTILACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO												
	A/C	2	37	-	-	37	74	1	0,5	1	0,8	0,4	29,6
	VENTILACIÓN ESPACIOS	8	11	-	-	11	88	7	0,875	1	0,8 5	0,74375	65,45
	VENTILACIÓN CÁMARA DE MÁQUINAS	-	30	-	-	30	30						
	<b>TOTAL</b>						<b>192</b>			<b>TOTAL</b>			<b>95,05</b>
PETROLERO DE	11. EQUIPOS GENERALES PETROLEROS												
	BOMBAS DE CARGA Y DESCARGA (Conexión a puerto)	13	-	315	0,95 1	331,23028 4	4305,9936 9	13	1	1	0,8	0,8	3444,79495 3
	GENERADOR DE GAS INERTE	2	250	-	-	250	500	1	0,5	1	0,8	0,4	200
	<b>TOTAL</b>						<b>4805,9936 9</b>			<b>TOTAL</b>			<b>3644,79495 3</b>
EQUIPOS Y SISTEMAS DE HABILITACIÓN	12. FONDA Y HOTEL												
	COCINA ELÉCTRICA	1	2	-	-	1,5	1,5	1	1	0,6666666 7	0,8	0,5333333 3	0,8
	HORNO	1	1,8	-	-	1,8	1,8	1	1	0,1666666 7	0,8	0,1333333 3	0,24
	CAMPANA EXTRACTORA DE GASES	1	1,7	-	-	1,7	1,7	1	1	0,6666666 7	0,8	0,5333333 3	0,9066666 7
	BATIDORA	1	1	-	-	1	1	1	1	0,1666666 7	0,8	0,1333333 3	0,1333333 3
	FRÉIDORA	1	1	-	-	1	1	1	1	0,3333333 3	0,8	0,2666666 7	0,2666666 7
	TOSTADORA DE PAN	1	0,8	-	-	0,8	0,8	1	1	0,1666666 7	0,8	0,1333333 3	0,1066666 7
	CAFETERA ELÉCTRICA	3	1	-	-	1	3	3	1	0,75	0,8	0,6	1,8
	MOLINILLO CAFÉ	1	0,5	-	-	0,5	0,5	1	1	0,75	0,8	0,6	0,3

PETROLERO DE CRUDO 250000 TPM/ CUADERNO XI  
MINERVA RIVAS CABANAS

	PICADORA DE CARNE	1	0,75	-	-	0,75	0,75	1	1	0,16666667	0,8	0,13333333	0,1	
	CORTA-FIAMBRES	1	0,3	-	-	0,3	0,3	1	1	0,16666667	0,8	0,13333333	0,04	
	FRIGORÍFICOS	1	1,3	-	-	1,3	1,3	3	3	1	0,8	2,4	3,12	
	LAVAVAJILLAS	1	1	-	-	1	1	1	1	0,66666667	0,8	0,53333333	0,53333333	
	CALIENTA PLATOS	1	0,8	-	-	0,8	0,8	1	1	0,66666667	0,8	0,53333333	0,42666667	
	MICROONDAS	2	0,5	-	-	0,5	1	5	2,5	0,75	0,8	1,5	1,5	
	LAVADORAS	4	1,5	-	-	1,5	6	5	1,25	0,58333333	0,8	0,58333333	3,5	
	SECADORAS	3	1,5	-	-	1,5	4,5	3	1	0,58333333	0,8	0,46666667	2,1	
	PLANCHAS	2	1	-	-	1	2	5	2,5	0,58333333	0,8	1,16666667	2,33333333	
	COMPRESORES GAMBUZA	2	5	-	-	5	10	2	1	1	0,8	0,8	8	
	TELEVISIONES	5	0,2	-	-	0,2	1	5	1	0,58333333	0,8	0,46666667	0,46666667	
	<b>TOTAL</b>						<b>39,95</b>			<b>TOTAL</b>			<b>26,67333333</b>	
													<b>3</b>	
MANTENIMIENTO	13. EQUIPOS DE MANTENIMIENTO													
		PUNTA DE PROVISIONES	2	6	-	-	6	12	1	0,5	1	0,8	0,4	4,8
		GRÚA CÁMARA DE MÁQUINAS	1	6	-	-	6	6	1	1	1	0,8	0,8	4,8
		TORNO	1	3,5	-	-	3,5	3,5	1	1	0,08333333	0,8	0,06666667	0,23333333
		TALADRO	2	1	-	-	1	2	1	0,5	0,08333333	0,8	0,03333333	0,06666667
		ESMERILADORA	1	1	-	-	1	1	1	1	0,08333333	0,8	0,06666667	0,06666667
		EQUIPO DE SOLDADURA	1	8,5	-	-	8,5	8,5	1	1	0,08333333	0,8	0,06666667	0,56666667
		EQUIPO DE CORTE Y SOLDADURA OXI.	1	8,5	-	-	8,5	8,5	1	1	0,08333333	0,8	0,06666667	0,56666667
		COMPRESOR AIRE	4	3,7	-	-	3,7	14,8	3	0,75	0,16666667	0,8	0,1	1,48
		<b>TOTAL</b>						<b>56,3</b>			<b>TOTAL</b>			<b>12,58</b>

PETROLERO DE CRUDO 250000 TPM/ CUADERNO XI

MINERVA RIVAS CABANAS

14. EQUIPOS DE CUBIERTA Y SERVO													
EQUIPOS VARIOS	SERVOMOTOR	1	144,45	-	-	144,45	144,45	0	0	0	0,8	0	0
	CHIGRES POPA Y PROA	4	22,77	-	-	22,77	91,08	2	0,5	0,29166667	0,8	0,11666667	10,626
	CHIGRES ZONA CENTRAL	2	22,77	-	-	22,77	45,54	1	0,5	0,29166667	0,8	0,11666667	5,313
	MOLINETES	1	925,61	-	-	925,61	925,61	1	1	0,29166667	0,5	0,14583333	134,9847917
	<b>TOTAL</b>						<b>3562,23</b>			<b>TOTAL</b>			<b>150,9237917</b>
15. EQUIPOS DE NAVEGACIÓN, COMUNICACIÓN Y ELECTRÓNICA													
NAVEGACIÓN	EQUIPOS DE RADIO	1	5	-	-	5	5	1	1	0,625	0,8	0,5	2,5
	EQUIPOS DE NAVEGACIÓN	1	12	-	-	12	12	1	1	0	0,8	0	0
	COMUNICACIONES INTERIORES	1	2	-	-	2	2	1	1	0,625	0,8	0,5	1
	COMUNICACIONES EXTERIORES	1	4	-	-	4	4	1	1	0,625	0,8	0,5	2
	<b>TOTAL</b>						<b>23</b>			<b>TOTAL</b>			<b>5,5</b>
16. ALUMBRADO													
ALUMBRADO	ALUMBRADO INTERNO	1	166,5	-	-	166,5	166,5	1	1	0,625	0,8	0,5	83,25
	ALUMBRADO EXTERIOR	1	8	-	-	8	8	1	1	0,20833333	0,8	0,16666667	1,333333333
	ALUMBRADO EMERGENCIA	1	56,8	-	-	56,8	56,8	0	0	0	0,8	0	0
	<b>TOTAL</b>						<b>231,3</b>			<b>TOTAL</b>			<b>84,58333333</b>

### 4.2.3 Situación de maniobra

La planta propulsora y los auxiliares estarán operativos, pero funcionan a menor régimen, ya que no se realiza a gran velocidad. El sistema de amarre y fondeo estarán también operativos. Para dicha maniobra se estima un tiempo de 5 horas.

EQUIPO	CARACTERÍSTICAS		CARACTERÍSTICAS				CONDICIÓN DE MANIOBRA						
	Nº Instal.	P. Ca. (kW)	P. Unitaria (kW)			Ptotal	Nº ON	Coeficientes				Pnecesaria	
			ÚTIL (placa)	$\eta_e$	Abs.	N*Pabs		Kn	Ks	Kr	Ku	Ku*Ptotal	
PROPULSIÓN	1. SERVICIO DE PROPULSIÓN												
	Motor Diésel MAN B&W G80ME-C10,5	1	-	37680	0,96	-	-	-	-	-	-	-	-
	<b>TOTAL</b>						<b>0</b>		<b>TOTAL</b>			<b>0</b>	
SISTEMAS NECESARIOS PARA EL MOTOR GENERADOR PRINCIPAL	2. SERVICIO DE REFRIGERACIÓN												
	BOMBA DE REFRIG. Agua Salada	2	89,09	90	0,94	95,541401	191,08280	1	0,5	0,2083333	0,8	0,0885416	16,9187898
	BOMBA DE REFRIG. Agua Dulce Baja Tª	2	87,53	90	0,94	95,541401	191,08280	1	0,5	0,2083333	0,8	0,0885416	16,9187898
	BOMBA DE REFRIG. Agua Dulce Alta Tª	2	32,6	37	0,92	39,913700	79,827400	1	0,5	0,2083333	0,8	0,0885416	7,06805106
	<b>TOTAL</b>						<b>461,99300</b>		<b>TOTAL</b>			<b>40,9056306</b>	
							<b>5</b>					<b>8</b>	
	SISTEMAS NECESARIOS PARA EL MOTOR GENERADOR PRINCIPAL	3. SERVICIO DE LUBRICACIÓN											
BOMBA DE LUBRICACIÓN		2	128,06	132	0,94	139,38754	278,77507	1	0,5	0,2083333	0,8	0,0885416	24,6832101
SEPARADORA DE ACEITE		1	1,78	2	-	2	2	1	1	0,2083333	0,8	0,1770833	0,35416666
<b>TOTAL</b>						<b>280,77507</b>		<b>TOTAL</b>			<b>25,0373768</b>		
						<b>9</b>							
SISTEMAS NECESARIOS PARA EL MOTOR GENERADOR PRINCIPAL	4. SERVICIO DE COMBUSTIBLE												
	BOMBA DE SUMINISTRO	2	1,5	2,2	0,84	2,6097271	5,2194543	1	0,5	0,2083333	0,8	0,0885416	0,46213918
SEPARADORA	2	-	35	-	35	70	1	0,5	0,2083333	0,8	0,0885416	6,19791666	

PETROLERO DE CRUDO 250000 TPM/ CUADERNO XI

MINERVA RIVAS CABANAS

	CALENTADOR HFO	2	-	146	-	146	292	1	0,5	0,2083333 3	0,8 5	0,0885416 7	25,8541666 7
	BOMBA DE CIRCULACIÓN	2	4,24	5,5	0,87 7	6,2713797	12,542759 4	1	0,5	0,2083333 3	0,8 5	0,0885416 7	1,11055682 3
	BOMBA DE TRASIEGO	2	5,51	5,5	0,87 7	6,2713797	12,542759 4	1	0,5	0,2083333 3	0,8 5	0,0885416 7	1,11055682 3
	<b>TOTAL</b>						<b>392,30497 3</b>			<b>TOTAL</b>			<b>34,7353361 6</b>
	5. SERVICIO DE AIRE												
	COMPRESOR DE AIRE	2	-	7,5	0,88 7	8,4554678 7	16,910935 7	1	0,5	0,2083333 3	0,8 5	0,0885416 7	1,49732243 5
	<b>TOTAL</b>						<b>16,910935 7</b>			<b>TOTAL</b>			<b>1,49732243 5</b>
	6. SERVICIO DE SENTINAS												
SENTINAS	BOMBA DE SENTINAS	3	154	160	0,94 9	168,59852 5	505,79557 4	2	0,6666666 7	0,2083333 3	0,8 0,8	0,1111111 1	56,1995082 5
	<b>TOTAL</b>						<b>505,79557 4</b>			<b>TOTAL</b>			<b>56,1995082 5</b>
	7. SERVICIO DE LASTRE												
LASTRE	BOMBA DE LASTRE	5	182	200	0,95 6	210,52631 6	1052,6315 8	0	0	0	0,8	0	0
	<b>TOTAL</b>						<b>1052,6315 8</b>			<b>TOTAL</b>			<b>0</b>
	8. SERVICIO CONTRA INCENDIOS												
CONTRA INCENDIOS	BOMBA CI	3	55	55	0,93 5	58,823529 4	176,47058 8	2	0,6666666 7	0	0,8	0	0
	BOMBA CI EMERGENCIA	1	33	55	0,93 5	58,823529 4	58,823529 4	0	0	0	0,8	0	0
	<b>TOTAL</b>						<b>235,29411 8</b>			<b>TOTAL</b>			<b>0</b>
	9. SERVICIO DE AGUA SANITARIA												
AGUA SANITARIA	BOMBA AGUA SANITARIA FRÍA	2	36,5	45	0,93 1	48,335123 5	96,670247 1	1	0,5	1	0,8	0,4	38,6680988 2
	BOMBA AGUA SANITARIA CALIENTE	1	76	90	0,94 2	95,541401 3	95,541401 3	1	1	0,5833333 3	0,8	0,4666666 7	44,5859872 6
	CALENTADOR AGUA SANITARIA	1	36,05	-	-	57,6	57,6	1	1	0,5833333 3	0,8	0,4666666 7	26,88

PETROLERO DE CRUDO 250000 TPM/ CUADERNO XI  
MINERVA RIVAS CABANAS

	PLANTA TAR	1	8	-	-	8	8	1	1	0,2916666 7	0,8	0,2333333 3	1,8666666 7
	GENERADOR AGUA DULCE	1	3	-	-	3	3	1	1	0,2916666 7	0,8	0,2333333 3	0,7
	<b>TOTAL</b>						<b>260,81164 8</b>			<b>TOTAL</b>			<b>112,700752 7</b>
VENTILACIÓN	10. VENTILACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO												
	A/C	2	37	-	-	37	74	1	0,5	1	0,8	0,4	29,6
	VENTILACIÓN ESPACIOS	8	11	-	-	11	88	7	0,875	1	0,8 5	0,74375	65,45
	VENTILACIÓN CÁMARA DE MÁQUINAS	-	30	-	-	30	30						
	<b>TOTAL</b>						<b>192</b>			<b>TOTAL</b>			<b>95,05</b>
PETROLERO DE	11. EQUIPOS GENERALES PETROLEROS												
	BOMBAS DE CARGA Y DESCARGA (Conexión a puerto)	13	-	315	0,95 1	331,23028 4	4305,9936 9	0	0	0	0,8	0	0
	GENERADOR DE GAS INERTE	2	250	-	-	250	500	1	0,5	0	0,8	0	0
	<b>TOTAL</b>						<b>4805,9936 9</b>			<b>TOTAL</b>			<b>0</b>
EQUIPOS Y SISTEMAS DE HABILITACIÓN	12. FONDA Y HOTEL												
	COCINA ELÉCTRICA	1	2	-	-	1,5	1,5	1	1	0,6666666 7	0,8	0,5333333 3	0,8
	HORNO	1	1,8	-	-	1,8	1,8	1	1	0,1666666 7	0,8	0,1333333 3	0,24
	CAMPANA EXTRACTORA DE GASES	1	1,7	-	-	1,7	1,7	1	1	0,6666666 7	0,8	0,5333333 3	0,9066666 7
	BATIDORA	1	1	-	-	1	1	1	1	0,1666666 7	0,8	0,1333333 3	0,1333333 3
	FRÉIDORA	1	1	-	-	1	1	1	1	0,3333333 3	0,8	0,2666666 7	0,2666666 7
	TOSTADORA DE PAN	1	0,8	-	-	0,8	0,8	1	1	0,1666666 7	0,8	0,1333333 3	0,1066666 7
	CAFETERA ELÉCTRICA	3	1	-	-	1	3	3	1	0,75	0,8	0,6	1,8
	MOLINILLO CAFÉ	1	0,5	-	-	0,5	0,5	1	1	0,75	0,8	0,6	0,3
	PICADORA DE CARNE	1	0,75	-	-	0,75	0,75	1	1	0,1666666 7	0,8	0,1333333 3	0,1



PETROLERO DE CRUDO 250000 TPM/ CUADERNO XI

MINERVA RIVAS CABANAS

	CORTA-FIAMBRES	1	0,3	-	-	0,3	0,3	1	1	0,16666667	0,8	0,13333333	0,04
	FRIGORÍFICOS	1	1,3	-	-	1,3	1,3	3	3	1	0,8	2,4	3,12
	LAVAVAJILLAS	1	1	-	-	1	1	1	1	0,66666667	0,8	0,53333333	0,53333333
	CALIENTA PLATOS	1	0,8	-	-	0,8	0,8	1	1	0,66666667	0,8	0,53333333	0,42666667
	MICROONDAS	2	0,5	-	-	0,5	1	5	2,5	0,75	0,8	1,5	1,5
	LAVADORAS	4	1,5	-	-	1,5	6	5	1,25	0,58333333	0,8	0,58333333	3,5
	SECADORAS	3	1,5	-	-	1,5	4,5	3	1	0,58333333	0,8	0,46666667	2,1
	PLANCHAS	2	1	-	-	1	2	5	2,5	0,58333333	0,8	1,16666667	2,33333333
	COMPRESORES GAMBUZA	2	5	-	-	5	10	2	1	1	0,8	0,8	8
	TELEVISIONES	5	0,2	-	-	0,2	1	5	1	0,58333333	0,8	0,46666667	0,46666667
	<b>TOTAL</b>						<b>39,95</b>			<b>TOTAL</b>			<b>26,67333333</b>
													<b>3</b>
	<b>13. EQUIPOS DE MANTENIMIENTO</b>												
	PUNTA DE PROVISIONES	2	6	-	-	6	12	1	0,5	1	0,8	0,4	4,8
	GRÚA CÁMARA DE MÁQUINAS	1	6	-	-	6	6	1	1	1	0,8	0,8	4,8
	TORNO	1	3,5	-	-	3,5	3,5	1	1	0,08333333	0,8	0,06666667	0,23333333
	TALADRO	2	1	-	-	1	2	1	0,5	0,08333333	0,8	0,03333333	0,06666667
	ESMERILADORA	1	1	-	-	1	1	1	1	0,08333333	0,8	0,06666667	0,06666667
	EQUIPO DE SOLDADURA	1	8,5	-	-	8,5	8,5	1	1	0,08333333	0,8	0,06666667	0,56666667
	EQUIPO DE CORTE Y SOLDADURA OXI.	1	8,5	-	-	8,5	8,5	1	1	0,08333333	0,8	0,06666667	0,56666667
	COMPRESOR AIRE	4	3,7	-	-	3,7	14,8	3	0,75	0,16666667	0,8	0,1	1,48
	<b>TOTAL</b>						<b>56,3</b>			<b>TOTAL</b>			<b>12,58</b>
EQ	<b>14. EQUIPOS DE CUBIERTA Y SERVO</b>												

PETROLERO DE CRUDO 250000 TPM/ CUADERNO XI  
MINERVA RIVAS CABANAS

	SERVOMOTOR	1	144,45	-	-	144,45	144,45	1	1	0	0,8	0	0
	CHIGRES POPA Y PROA	4	22,77	-	-	22,77	91,08	4	1	0,2083333 3	0,8	0,1666666 7	15,18
	CHIGRES ZONA CENTRAL	2	22,77	-	-	22,77	45,54	2	1	0,2083333 3	0,8	0,1666666 7	7,59
	MOLINETES	1	925,61	-	-	925,61	925,61	1	1	0,2083333 3	0,5	0,1041666 7	96,4177083 3
	<b>TOTAL</b>						<b>3562,23</b>			<b>TOTAL</b>			<b>119,187708 3</b>
	<b>15. EQUIPOS DE NAVEGACIÓN, COMUNICACIÓN Y ELECTRÓNICA</b>												
NAVEGACIÓN	EQUIPOS DE RADIO	1	5	-	-	5	5	1	1	0,2083333 3	0,8	0,1666666 7	0,83333333 3
	EQUIPOS DE NAVEGACIÓN	1	12	-	-	12	12	1	1	0,2083333 3	0,8	0,1666666 7	2
	COMUNICACIONES INTERIORES	1	2	-	-	2	2	1	1	0,2083333 3	0,8	0,1666666 7	0,33333333 3
	COMUNICACIONES EXTERIORES	1	4	-	-	4	4	1	1	0,2083333 3	0,8	0,1666666 7	0,66666666 7
	<b>TOTAL</b>						<b>23</b>			<b>TOTAL</b>			<b>3,83333333 3</b>
	<b>16. ALUMBRADO</b>												
ALUMBRADO	ALUMBRADO INTERNO	1	166,5	-	-	166,5	166,5	1	1	0,5833333 3	0,8	0,4666666 7	77,7
	ALUMBRADO EXTERIOR	1	8	-	-	8	8	1	1	0,2083333 3	0,8	0,1666666 7	1,33333333 3
	ALUMBRADO EMERGENCIA	1	56,8	-	-	56,8	56,8	0	0	0	0,8	0	0
	<b>TOTAL</b>						<b>231,3</b>			<b>TOTAL</b>			<b>79,03333333 3</b>

### 4.2.4 Situación de emergencia

Como ya ha sido definido con anterioridad, esta situación presenta el siguiente balance,

EQUIPO	CARACTERÍSTICAS		CARACTERÍSTICAS				CONDICIÓN DE EMERGENCIA							
	Nº Instal.	P. Ca. (kW)	P. Unitaria (kW)			Ptotal	Nº ON	Coeficientes				Pnecesaria		
			ÚTIL (placa)	$\eta_e$	Abs.	N*Pabs		Kn	Ks	Kr	Ku	Ku*Ptotal		
PROPULSIÓN	1. SERVICIO DE PROPULSIÓN													
	Motor Diésel MAN B&W G80ME-C10,5	1	-	37680	0,96	-	-	-	-	-	-	-		
	<b>TOTAL</b>											<b>0</b>	<b>TOTAL</b>	<b>0</b>
	2. SERVICIO DE REFRIGERACIÓN													
SISTEMAS NECESARIOS PARA EL MOTOR GENERADOR PRINCIPAL	BOMBA DE REFRIG. Agua Salada	2	89,09	90	0,942	95,5414013	191,082803	0	0	1	0,85	0	0	
	BOMBA DE REFRIG. Agua Dulce Baja Tª	2	87,53	90	0,942	95,5414013	191,082803	0	0	1	0,85	0	0	
	BOMBA DE REFRIG. Agua Dulce Alta Tª	2	32,6	37	0,927	39,9137001	79,8274002	0	0	1	0,85	0	0	
	<b>TOTAL</b>											<b>461,993005</b>	<b>TOTAL</b>	<b>0</b>
	3. SERVICIO DE LUBRICACIÓN													
	BOMBA DE LUBRICACIÓN	2	128,06	132	0,947	139,38754	278,775079	0	0	1	0,85	0	0	
	SEPARADORA DE ACEITE	1	1,78	2	-	2	2	0	0	1	0,85	0	0	
	<b>TOTAL</b>											<b>280,775079</b>	<b>TOTAL</b>	<b>0</b>
	4. SERVICIO DE COMBUSTIBLE													
	BOMBA DE SUMINISTRO	2	1,5	2,2	0,843	2,60972716	5,21945433	0	0	1	0,85	0	0	
SEPARADORA	2	-	35	-	35	70	0	0	1	0,85	0	0		
CALENTADOR HFO	2	-	146	-	146	292	0	0	1	0,85	0	0		
BOMBA DE CIRCULACIÓN	2	4,24	5,5	0,877	6,2713797	12,5427594	0	0	1	0,85	0	0		
BOMBA DE TRASIEGO	2	5,51	5,5	0,877	6,2713797	12,5427594	0	0	1	0,85	0	0		
<b>TOTAL</b>											<b>392,304973</b>	<b>TOTAL</b>	<b>0</b>	
5. SERVICIO DE AIRE														

PETROLERO DE CRUDO 250000 TPM/ CUADERNO XI  
MINERVA RIVAS CABANAS

	COMPRESOR DE AIRE	2	-	7,5	0,887	8,45546787	16,9109357	0	0	0,8	0,85	0	0
	<b>TOTAL</b>						<b>16,9109357</b>		<b>TOTAL</b>				<b>0</b>
SENTINAS	6. SERVICIO DE SENTINAS												
	BOMBA DE SENTINAS	3	154	160	0,949	168,598525	505,795574	3	1	0,5	0,8	0,4	202,3182297
	<b>TOTAL</b>						<b>505,795574</b>		<b>TOTAL</b>				<b>202,3182297</b>
LASTRE	7. SERVICIO DE LASTRE												
	BOMBA DE LASTRE	5	182	200	0,95	210,526316	1052,63158	0	0	1	0,8	0	0
	<b>TOTAL</b>						<b>1052,63158</b>		<b>TOTAL</b>				<b>0</b>
CONTRAINCENDI	8. SERVICIO CONTRAINCENDIOS												
	BOMBA CI	3	55	55	0,935	58,8235294	176,470588	3	1	1	1	1	176,4705882
	BOMBA CI EMERGENCIA	1	33	55	0,935	58,8235294	58,8235294	1	1	1	1	1	58,82352941
	<b>TOTAL</b>						<b>235,294118</b>		<b>TOTAL</b>				<b>235,2941176</b>
AGUA SANITARIA	9. SERVICIO DE AGUA SANITARIA												
	BOMBA AGUA SANITARIA FRÍA	2	36,5	45	0,931	48,3351235	96,670247	1	0,5	0	0,8	0	0
	BOMBA AGUA SANITARIA CALIENTE	1	76	90	0,942	95,5414013	95,5414013	1	1	0	0,8	0	0
	CALENTADOR AGUA SANITARIA	1	36,05	-	-	57,6	57,6	1	1	0	0,8	0	0
	PLANTA TAR	1	8	-	-	8	8	1	1	0	0,8	0	0
	GENERADOR AGUA DULCE	1	3	-	-	3	3	1	1	0	0,8	0	0
	<b>TOTAL</b>						<b>260,811648</b>		<b>TOTAL</b>				<b>0</b>
VENTILACIÓN	10. VENTILACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO												
	A/C	2	37	-	-	37	74	0	0	1	0,8	0	0
	VENTILACIÓN ESPACIOS	8	11	-	-	11	88	7	0,875	1	0,8	0,7	61,6
	VENTILACIÓN CÁMARA DE MÁQUINAS	-	30	-	-	30	30						
	<b>TOTAL</b>						<b>192</b>		<b>TOTAL</b>				<b>61,6</b>
PETROLERO	11. EQUIPOS GENERALES PETROLEROS												
	BOMBAS DE CARGA Y DESCARGA (Conexión a puerto)	13	-	315	0,951	331,230284	4305,99369	0	0	0	0,8	0	0
	GENERADOR DE GAS INERTE	2	250	-	-	250	500	1	0,5	0	0,8	0	0

PETROLERO DE CRUDO 250000 TPM/ CUADERNO XI  
MINERVA RIVAS CABANAS

		TOTAL					4805,99369	TOTAL					0
EQUIPOS Y SISTEMAS DE HABILITACIÓN	12. FONDA Y HOTEL												
	COCINA ELÉCTRICA	1	2	-	-	1,5	1,5	1	1	0	0,8	0	0
	HORNO	1	1,8	-	-	1,8	1,8	1	1	0	0,8	0	0
	CAMPANA EXTRACTORA DE GASES	1	1,7	-	-	1,7	1,7	1	1	0	0,8	0	0
	BATIDORA	1	1	-	-	1	1	1	1	0	0,8	0	0
	FREÍDORA	1	1	-	-	1	1	1	1	0	0,8	0	0
	TOSTADORA DE PAN	1	0,8	-	-	0,8	0,8	1	1	0	0,8	0	0
	CAFETERA ELÉCTRICA	3	1	-	-	1	3	3	1	0	0,8	0	0
	MOLINILLO CAFÉ	1	0,5	-	-	0,5	0,5	1	1	0	0,8	0	0
	PICADORA DE CARNE	1	0,75	-	-	0,75	0,75	1	1	0	0,8	0	0
	CORTA-FIAMBRES	1	0,3	-	-	0,3	0,3	1	1	0	0,8	0	0
	FRIGORÍFICOS	1	1,3	-	-	1,3	1,3	3	3	0	0,8	0	0
	LAVAVAJILLAS	1	1	-	-	1	1	1	1	0	0,8	0	0
	CALIENTA PLATOS	1	0,8	-	-	0,8	0,8	1	1	0	0,8	0	0
	MICROONDAS	2	0,5	-	-	0,5	1	5	2,5	0	0,8	0	0
	LAVADORAS	4	1,5	-	-	1,5	6	5	1,25	0	0,8	0	0
	SECADORAS	3	1,5	-	-	1,5	4,5	3	1	0	0,8	0	0
	PLANCHAS	2	1	-	-	1	2	5	2,5	0	0,8	0	0
	COMPRESORES GAMBUZA	2	5	-	-	5	10	2	1	0	0,8	0	0
TELEVISIONES	5	0,2	-	-	0,2	1	5	1	0	0,8	0	0	
TOTAL						39,95	TOTAL					0	
MANTENIMIENTO	13. EQUIPOS DE MANTENIMIENTO												
	PUNTAL DE PROVISIONES	2	6	-	-	6	12	0	0	1	0,8	0	0
	GRÚA CÁMARA DE MÁQUINAS	1	6	-	-	6	6	0	0	1	0,8	0	0
	TORNO	1	3,5	-	-	3,5	3,5	0	0	1	0,8	0	0
	TALADRO	2	1	-	-	1	2	0	0	1	0,8	0	0
ESMERILADORA	1	1	-	-	1	1	0	0	1	0,8	0	0	

PETROLERO DE CRUDO 250000 TPM/ CUADERNO XI  
MINERVA RIVAS CABANAS

	EQUIPO DE SOLDADURA	1	8,5	-	-	8,5	8,5	0	0	1	0,8	0	0
	EQUIPO DE CORTE Y SOLDADURA OXI.	1	8,5	-	-	8,5	8,5	0	0	1	0,8	0	0
	COMPRESOR AIRE	4	3,7	-	-	3,7	14,8	0	0	1	0,8	0	0
	<b>TOTAL</b>						<b>56,3</b>			<b>TOTAL</b>			<b>0</b>
EQUIPOS VARIOS	14. EQUIPOS DE CUBIERTA Y SERVO												
	SERVOMOTOR	1	144,45	-	-	144,45	144,45	0	0	1	0,8	0	0
	CHIGRES POPA Y PROA	4	22,77	-	-	22,77	91,08	4	1	1	0,8	0,8	12,144
	CHIGRES ZONA CENTRAL	2	22,77	-	-	22,77	45,54	2	1	1	0,8	0,8	6,072
	MOLINETES	1	925,61	-	-	925,61	925,61	1	1	1	0,5	0,5	48,20885417
	<b>TOTAL</b>						<b>3562,23</b>			<b>TOTAL</b>			<b>66,42485417</b>
NAVEGACIÓN	15. EQUIPOS DE NAVEGACIÓN, COMUNICACIÓN Y ELECTRÓNICA												
	EQUIPOS DE RADIO	1	5	-	-	5	5	1	1	1	0,8	0,8	4
	EQUIPOS DE NAVEGACIÓN	1	12	-	-	12	12	1	1	1	0,8	0,8	9,6
	COMUNICACIONES INTERIORES	1	2	-	-	2	2	1	1	1	0,8	0,8	1,6
	COMUNICACIONES EXTERIORES	1	4	-	-	4	4	1	1	1	0,8	0,8	3,2
	<b>TOTAL</b>						<b>23</b>			<b>TOTAL</b>			<b>18,4</b>
ALUMBRADO	16. ALUMBRADO												
	ALUMBRADO INTERNO	1	166,5	-	-	166,5	166,5	1	1	0,75	0,8	0,6	99,9
	ALUMBRADO EXTERIOR	1	8	-	-	8	8	1	1	0,5	0,8	0,4	3,2
	ALUMBRADO EMERGENCIA	1	56,8	-	-	56,8	56,8	1	1	1	0,8	0,8	45,44
	<b>TOTAL</b>						<b>231,3</b>			<b>TOTAL</b>			<b>148,54</b>

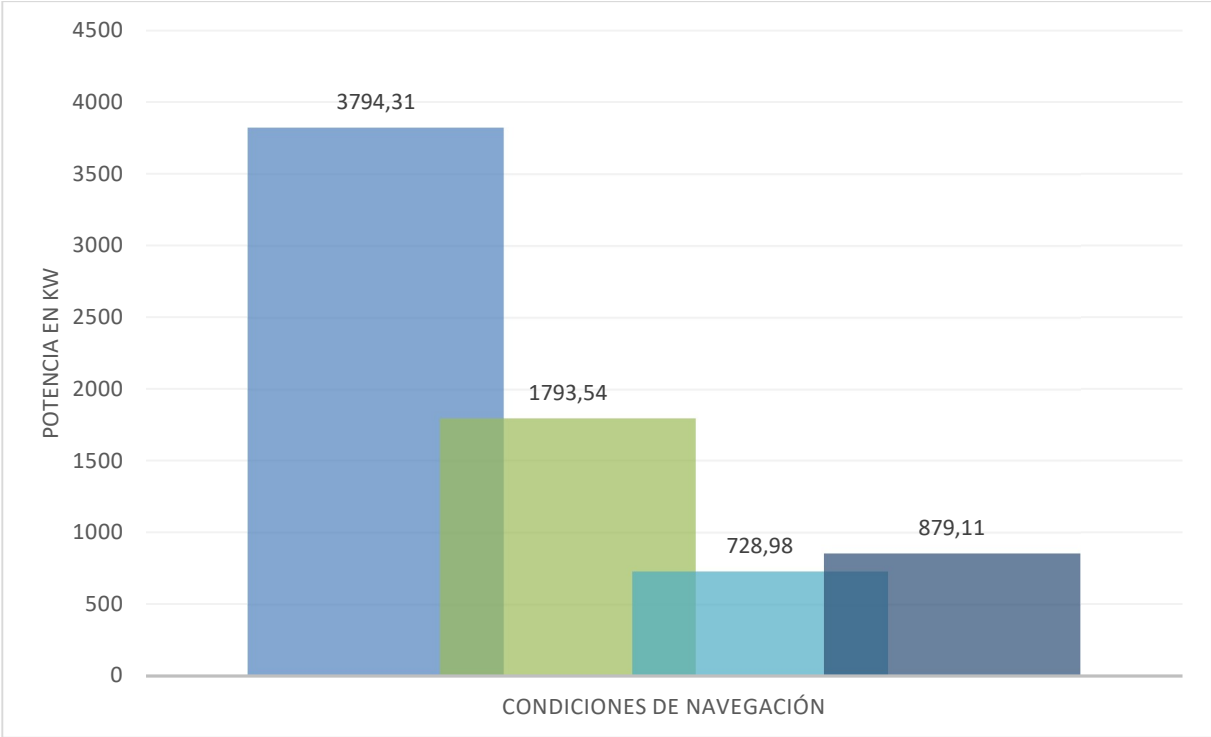
### 4.3 Resultados balance eléctrico

A continuación, se muestra la tabla resumen de la potencia resultante para las diferentes condiciones de navegación,

Al valor obtenido para cada condición, se le añade un 20% debido a que este es un cálculo aproximado en el que se han obviado ciertos equipos. Por tanto,

SISTEMA	Pot. Total	NORMAL	CARGA/DESCARGA	MANIOBRA	EMERGENCIA
SERVICIO DE PROPULSIÓN	0	-	-	-	-
SERVICIO DE REFRIGERACIÓN	462	196,35	122,72	40,91	0
SERVICIO DE LUBRICACIÓN	280,78	120,18	75,12	25,04	0
SERVICIO DE COMBUSTIBLE	392,31	166,73	104,21	34,74	0
SERVICIO DE AIRE	16,92	7,19	4,5	1,5	0
SERVICIO DE SENTINAS	505,8	269,76	168,6	56,2	202,32
SERVICIO DE LASTRE	1052,64	0	526,32	0	0
SERVICIO CONTRA INCENDIOS	235,3	0	0	0	235,3
SERVICIO AGUA SANITARIA	260,82	145,9	117,81	112,71	0
VENTILACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO	192	95,05	95,05	95,05	61,6
EQUIPOS PETROLEROS	4806	0	-	0	0
FONDA Y HOTEL	39,95	26,68	26,68	26,68	0
EQUIPOS DE MANTENIMIENTO	56,3	12,58	12,58	12,58	0
EQUIPOS DE CUBIERTA Y SERVO	3562,23	2000	150,93	119,19	66,43
NAVEGACIÓN, COMUNICACIONES	23	18,4	5,5	3,84	18,4
ALUMBRADO	231,3	103,1	84,59	79,04	148,54
<b>SUMA</b>	12117,35	3161,92	1494,61	607,48	732,59
MARGEN 20%	2423,47	632,384	298,922	121,496	146,518
<b>TOTAL</b>	<b>14540,82</b>	<b>3794,31</b>	<b>1793,54</b>	<b>728,98</b>	<b>879,11</b>

Se observa que la situación que mayor potencia eléctrica requiere es la de navegación normal. Por tanto, la planta generadora se dimensionará de manera que pueda hacer frente a esta demanda.





## 5 PLANTA GENERADORA

Una vez se conoce la potencia requerida para cada situación de carga se deben dimensionar los motores generadores que se instalarán en el buque proyectado. Los cuales han de responder a la demanda de potencia de la situación más desfavorable, en este caso la de carga y descarga.

Se debe considerar que el envejecimiento de los aparatos produce un aumento en el consumo de los mismos, además de incrementar las posibles pérdidas. Se tratará de evitar que los generadores trabajen a su máxima potencia provocando así el alargamiento de su vida útil.

Atendiendo al Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida Humana en el Mar (SOLAS 74/78), en todos los buques se deben instalar al menos dos grupos generadores de energía eléctrica de forma que se pueda asegurar el funcionamiento de los equipos auxiliares del buque aún en caso de avería de uno de estos grupos generadores. Para la determinación de la capacidad de los generadores principales debemos tener en cuenta que (N-1) generadores funcionando al 90% deben de ser capaces de proporcionar la potencia necesaria.

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

### 5.1 Planta generadora principal

La producción de la energía eléctrica necesaria para el servicio de los buques es posible gracias a la instalación de un conjunto de máquinas que, combinadas, conforman la planta eléctrica del mismo. Esta estará compuesta por los grupos electrógenos, principales y de emergencia, dependiendo de la red a la que den servicio.

Una vez determinada la potencia a instalar mediante el balance eléctrico, se puede dimensionar la planta generadora principal. Se sabe que la mayor demanda se produce en la situación de navegación normal del buque,

$$P_{normal} = 3794.31 \text{ kW}$$

Se tratará de que el MCR del motor generador no sea desvirtuado, por ello que escoge del 85%, aunque sus valores se presentan entre 70% y 90%.

Previo a la elección de los motores generados, cabe tener en cuenta diferentes consideraciones sobre el número a instalar:

- Espacio disponible en CM para ser ocupado: Los petroleros, debido a la necesidad de colocar los tanques de carga en las formas llenas, presentan cámaras de máquinas de longitud considerable.
- Dificultad de puesta en paralelo a mayor número de generadores.
- % MCR adecuado

Teniendo en cuenta los buques de la base de datos con este tipo de propulsión, se determina que lo adecuado es la colocación de 3 motores generadores, debido al espacio disponible en cámara de máquinas para su colocación y basando esta decisión en el buque de referencia del proyecto, "Hunter Atla". Además, con este número de generadores se consigue una mayor versatilidad a la hora de satisfacer menores demandas de potencia.

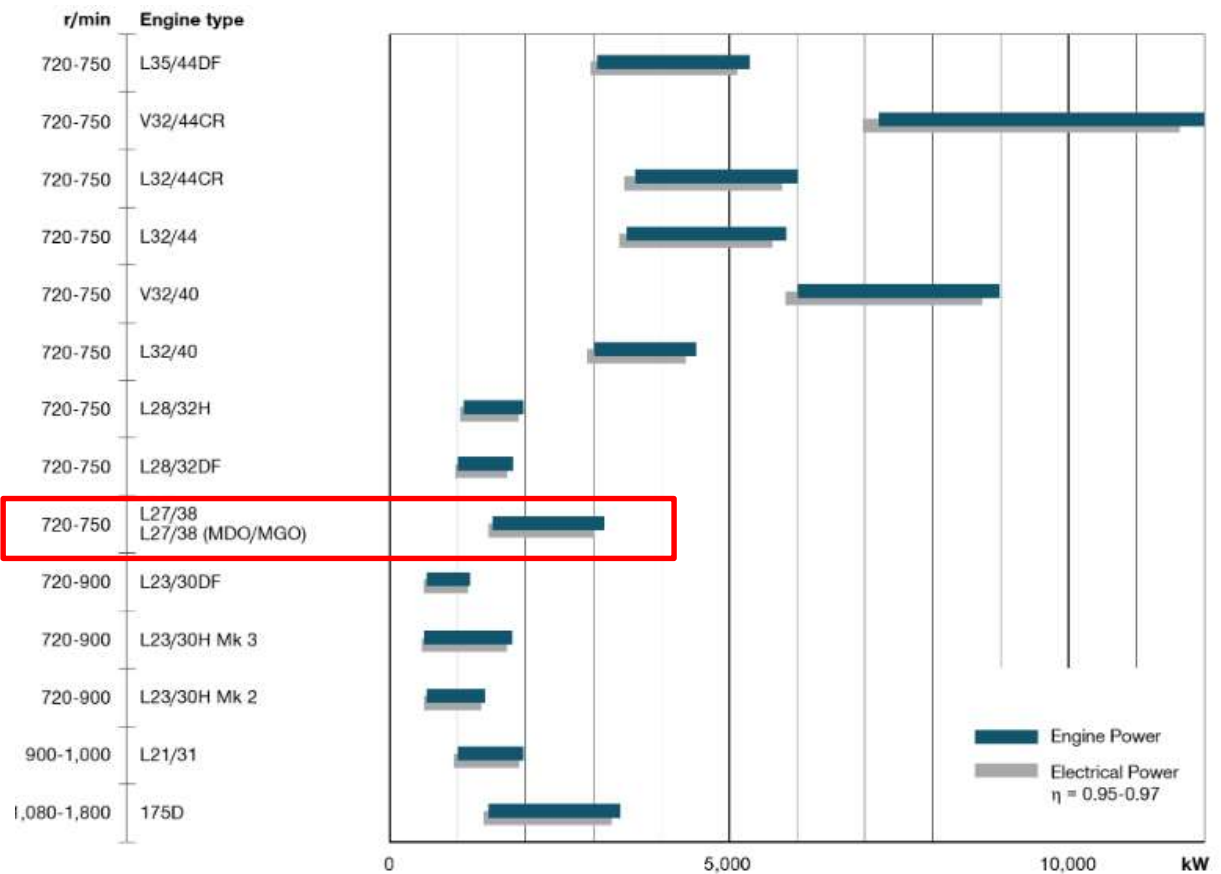
De modo que,

$$(N - 1) * 0.9 * P_{generadores} = 3794.31 \text{ kW}$$

$$(3 - 1) * 0.9 * P_{generadores} = 3794.31 \text{ kW}$$

Despejando,

$$P_{\text{generadores}} = 2107.84 \text{ kW}$$



El modelo marcado, L27/38, es el que se adapta a las necesidades del buque aquí tratado, Diésel estándar, además de estar dentro del rango de potencia requerida de 1500 kW a 3000 kW.

Se debe escoger el número de cilindros de los que este dispondrá ya que de esto dependerá la potencia final entregada,

### Engine ratings

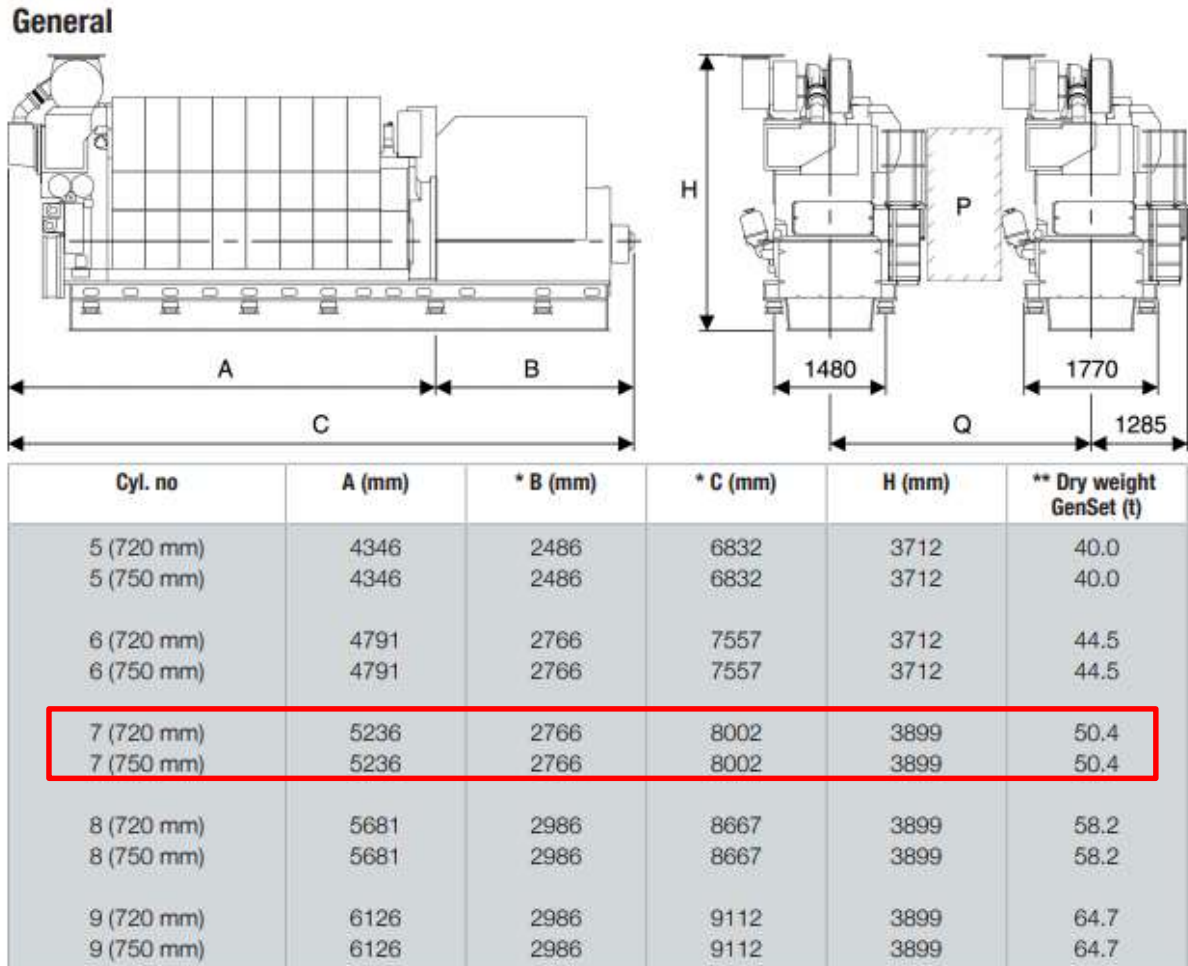
Engine type No of cylinders	720 rpm		750 rpm		720/750 MGO	
	720 rpm	Available turning direction	750 rpm	Available turning direction	720/750 rpm	Available turning direction
	kW	CW <sup>1)</sup>	kW	CW <sup>1)</sup>	kW	CW <sup>1)</sup>
5L27/38	1500	Yes	1600	Yes	-	-
6L27/38	1980	Yes	1980	Yes	2100	Yes
7L27/38	2310	Yes	2310	Yes	2450	Yes
8L27/38	2640	Yes	2640	Yes	2800	Yes
9L27/38	2970	Yes	2970	Yes	3150	Yes

<sup>1)</sup> CW clockwise

Table 1: Engine ratings for emission standard - IMO Tier II.

En el caso aquí tratado, se instala el equipo en su versión de 7 cilindros, por lo tanto, el modelo elegido es MAN L27/38-7L, con una capacidad de generación de 2310 kW, teniendo que trabajar 2 en la situación más desfavorable, pero contando con la PTO como generador redundante en stand-by.

Características de los generadores auxiliares,



Comprobación del MCR,

	P total instalada	P requerida	2xL27/38-7L		RESERVA pick-up (%)
			P	%MCR	
<b>Navegación normal</b>	6930	3794,31	4620	<b>0,82127922</b>	17,87207792
<b>Carga/Descarga</b>	6930	1793,54	2310	<b>0,77642424</b>	22,35757576
<b>Maniobra</b>	6930	728,98	2310	<b>0,31557576</b>	68,44242424

Cabe destacar que el MCR en las condiciones de maniobra se encuentra en valores no recomendados para el motor. Para este tipo de situaciones se propone o bien instalar un generador para ello o bien emplear el de emergencia.

## 5.2 Planta generadora de emergencia

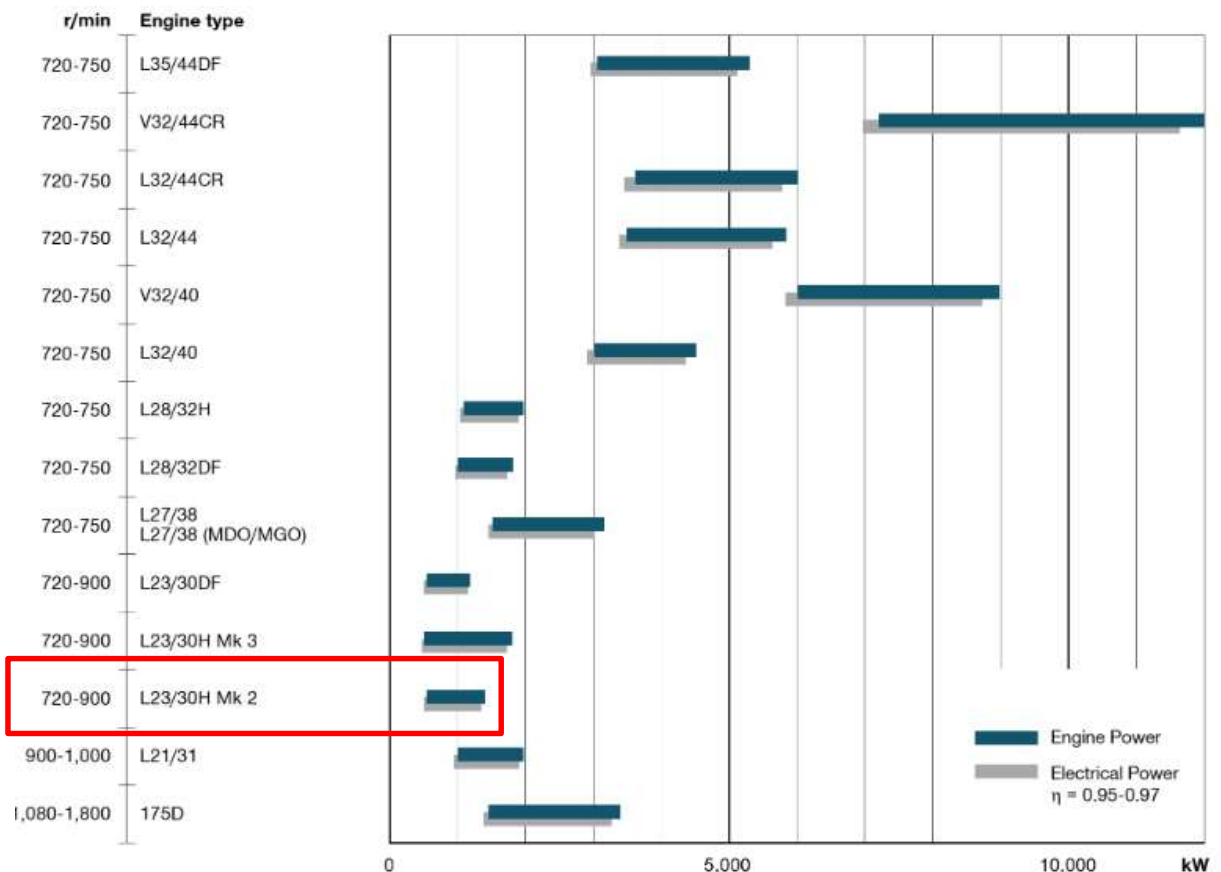
La potencia requerida por la situación de emergencia se estimó en 879.11 kW.

En concordancia con el SOLAS, el generador de emergencia de buques de carga debe cumplir los requisitos técnicos y general la energía suficiente para alimentar a los receptores de dicha situación de carga.

El grupo de emergencia se instala en la cubierta principal y es totalmente independiente de los demás, por lo que cumplirá lo siguiente:

- Refrigerado mediante un radiador y un ventilador directamente acoplados.
- Alimentado por una bomba acoplada que aspira de un tanque de servicio de Diésel Oil y se llena directamente desde la descarga de la centrifugadora de DO.
- Rapidez de puesta en marcha, con un tiempo inferior a 45s.
- El sistema de arranque será neumático, mediante baterías alimentadas por una botella acoplada a un compresor auxiliar, disponiéndose también de un arranque hidráulico manual de emergencia para el caso de fallo de los grupos principales.

En el catálogo de MAN, se selecciona un generador con potencia suficiente para cubrir los servicios esenciales en situación de emergencia. Los períodos mínimos fueron descritos en apartados anteriores.



**Engine ratings**

Engine type No of cylinders	720 rpm		750 rpm		900 rpm	
	720 rpm	Available turning direction	750 rpm	Available turning direction	900 rpm	Available turning direction
	kW	CW <sup>1)</sup>	kW	CW <sup>1)</sup>	kW	CW <sup>1)</sup>
5L23/30H	650	Yes	675	Yes	-	-
6L23/30H	780	Yes	810	Yes	980	Yes
7L23/30H	910	Yes	945	Yes	1120	Yes
8L23/30H	1040	Yes	1080	Yes	1280	Yes

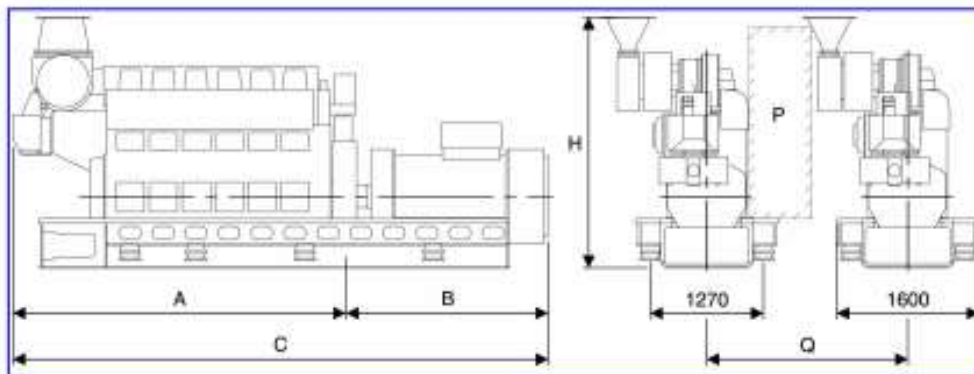
<sup>1)</sup> CW clockwise

Table 1: Engine ratings for emission standard IMO Tier II

En el caso aquí tratado, se instala el equipo en su versión de 7cilindros, por lo tanto, el modelo elegido es MAN L23/30H-7L, con una capacidad de generación de 945 kW.

Su geometría se muestra a continuación,

**General**



Cyl. no	A (mm)	* B (mm)	* C (mm)	H (mm)	** Dry weight GenSet (t)
5 (720 rpm)	3369	2155	5524	2383	16.0
5 (750 rpm)	3369	2155	5524	2383	17.6
6 (720 rpm)	3738	2285	6004	2383	19.7
6 (750 rpm)	3738	2285	6004	2383	19.7
6 (900 rpm)	3738	2285	6004	2815	21.0
7 (720 rpm)	4109	2395	6504	2815	21.4
7 (750 rpm)	4109	2395	6504	2815	21.4
7 (900 rpm)	4109	2395	6504	2815	22.6
8 (720 rpm)	4475	2480	6959	2815	23.5
8 (750 rpm)	4475	2480	6959	2815	22.9
8 (900 rpm)	4475	2340	6815	2815	24.5

P: Free passage between the engines, width 600 mm and height 2000 mm  
Q: Min. distance between engines: 2250 mm.

Comprobación de su porcentaje de carga,

$$\%LOAD = \frac{879.11}{945} * 100 = 89.85\%$$

## 6 DEFINICIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA DE CABLEADO

Los cables que componen la instalación eléctrica del buque proyectado están formados por los siguientes elementos,

- Conductor de cobre recocido clase 2, IEC 60228.
- Aislamiento de polietileno reticulado libre de alógenos (XLPE), IEC 60092-351.
- Recubrimiento interno de poliolefina termoplástica, libre de alógenos.
- Cubierta exterior de poliolefina termoplástica, libre de alógenos (SHF1), IEC 60092-359.

El XLPE es conocido como polietileno reticulado, con características termoestables, de ahí su reducida deformación con la temperatura. Presenta buenas propiedades mecánicas y eléctricas, admitiendo espesores menores al etileno reticulado.

Admite temperaturas de hasta 90 °C y su aislamiento puede incluso soportar hasta 10 °C más. Los cables expuestos a la intemperie o en locales donde la humedad es elevada, deberán disponer de una cubierta estanca o impermeable.

Para el desarrollo de este bloque se requieren de las ecuaciones siguientes,

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 es de 400V, por lo que, siguiendo el siguiente criterio, su poder de corte es de 100 kA.

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

Para el cálculo de la sección nominal de normalizada de los cables, se emplea la tabla del DNV mostrada a continuación. En buques se trata de instalar cables de sección nominal

inferior a  $120 \text{ mm}^2$ . Cada cable, tendrá tres conductores interiores; además, si un mismo circuito está compuesto por más de 6 cables funcionando bajo la misma carga, de manera que no circule el aire libremente entre ellos, se aplica un factor de corrección de 0.85 a los valores de corriente.

Según la norma, no se pueden agrupar más de un cable, a no ser que la sección sea mayor de  $10 \text{ mm}^2$ .

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

Nominal cross-section [ $\text{mm}^2$ ]	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

El proceso de cálculo es,

- Primero se calcula la intensidad absorbida de la instalación teniendo en cuenta un coseno de phi normalizado de 0.9.

$$I_{abs} = \frac{P_{abs} * 1000}{\sqrt{3} * V * \cos(\varphi)}$$

$$I_{adm} = I_{abs} * 1.25$$

- A continuación, se escoge la sección nominal, en función de la intensidad normalizada de la tabla anterior y se comprueba que la caída de tensión es inferior al 2.5%.

PETROLERO DE CRUDO 250000 TPM/ CUADERNO XI  
MINERVA RIVAS CABANAS

EQUIPO	CARACTERÍSTICAS		CARACTERÍSTICAS				CABLEDO DEL SISTEMA ELÉCTRICO								
	Nº Instal.	P. Ca. (kW)	P. Unitaria (kW)			Ptotal	V	cos (phi)	Iabs (A)	Iadm (A)	S(mm <sup>2</sup> )	Cable XLPE N <sup>º</sup> cables/tipo	Δ V	CAÍDA DE TENSIÓN(%)	
			ÚTIL (placa)	ηe	Abs.										N*Pabs
PROPULSIÓN	1. SERVICIO DE PROPULSIÓN														
	Motor Diésel MAN B&W G80ME-C10,5	1	-	37680	0,96	-	-								
	<b>TOTAL</b>					<b>0</b>									
SISTEMAS NECESARIOS PARA EL MOTOR GENERADOR PRINCIPAL	2. SERVICIO DE REFRIGERACIÓN														
	BOMBA DE REFRIG. Agua Salada	2	89,09	90	0,94	95,541	191,08	400	0,9	153,22	191,53	35	2/3*35 mm <sup>2</sup>	1,9620	0,49050273
	BOMBA DE REFRIG. Agua Dulce Baja T <sup>a</sup>	2	87,53	90	0,94	95,541	191,08	400	0,9	153,22	191,53	35	2/3*35 mm <sup>2</sup>	1,9620	0,49050273
	BOMBA DE REFRIG. Agua Dulce Alta T <sup>a</sup>	2	32,6	37	0,92	39,913	79,827	400	0,9	64,011	80,014	25	1/3*25mm <sup>2</sup>	1,1475	0,28687972
	<b>TOTAL</b>					<b>461,99</b>	<b>3005</b>								
	3. SERVICIO DE LUBRICACIÓN														
	BOMBA DE LUBRICACIÓN	2	128,06	132	0,94	139,38	278,77	400	0,9	223,54	279,42	35	3/3*35mm <sup>2</sup>	2,8624	0,715605672
	SEPARADORA DE ACEITE	1	1,78	2	-	2	2	400	0,9	3,2075	4,0093	4	1/3*4mm <sup>2</sup>	0,3593	0,08984375
	<b>TOTAL</b>					<b>280,77</b>	<b>5079</b>								
	4. SERVICIO DE COMBUSTIBLE														
BOMBA DE SUMINISTRO	2	1,5	2,2	0,84	2,6097	5,2194	400	0,9	4,1853	5,2316	4	1/3*4mm <sup>2</sup>	0,4689	0,117233837	
SEPARADORA	2	-	35	-	35	70	400	0,9	56,131	70,164	25	1/3*25mm <sup>2</sup>	1,0062	0,2515625	
CALENTADOR HFO	2	-	146	-	146	292	400	0,9	234,14	292,68	35	3/3*35mm <sup>2</sup>	2,9982	0,749553571	



PETROLERO DE CRUDO 250000 TPM/ CUADERNO XI

MINERVA RIVAS CABANAS

	BOMBA DE CIRCULACIÓN	2	4,24	5,5	0,87 7	6,2713 797	12,542 7594	400	0,9	10,057 7299	12,572 1624	4	1/3*4mm^2	1,1268 8854	0,281722135
	BOMBA DE TRASIEGO	2	5,51	5,5	0,87 7	6,2713 797	12,542 7594	400	0,9	10,057 7299	12,572 1624	4	1/3*4mm^2	1,1268 8854	0,281722135
	<b>TOTAL</b>					<b>392,30 4973</b>									
	5. SERVICIO DE AIRE														
	COMPRESOR DE AIRE	2	-	7,5	0,88 7	8,4554 6787	16,910 9357	400	0,9	13,560 4629	16,950 5786	4	1/3*4mm^2	1,5193 4188	0,379835471
	<b>TOTAL</b>					<b>16,910 9357</b>									
	6. SERVICIO DE SENTINAS														
SENTINAS	BOMBA DE SENTINAS	3	154	160	0,94 9	168,59 8525	505,79 5574	400	0,9	270,39 001	337,98 7513	50	3/3*50mm^2	7,2708 1138	1,817702845
	<b>TOTAL</b>					<b>505,79 5574</b>									
	7. SERVICIO DE LASTRE														
LASTRE	BOMBA DE LASTRE	5	182	200	0,95	210,52 6316	1052,6 3158	400	0,9	337,63 1736	422,03 967	50	3/3*50mm^2	9,0789 4737	2,269736842
	<b>TOTAL</b>					<b>1052,6 3158</b>									
	8. SERVICIO CONTRA INCENDIOS														
CONTRA INCENDIOS	BOMBA CI	3	55	55	0,93 5	58,823 5294	176,47 0588	400	0,9	94,338 2793	117,92 2849	50	1/3*50mm^2	2,5367 6471	0,634191176
	BOMBA CI EMERGENCIA	1	33	55	0,93 5	58,823 5294	58,823 5294	400	0,9	94,338 2793	117,92 2849	50	1/3*50mm^2	2,5367 6471	0,634191176
	<b>TOTAL</b>					<b>235,29 4118</b>									
	9. SERVICIO DE AGUA SANITARIA														
AGUA	BOMBA AGUA SANITARIA FRÍA	2	36,5	45	0,93 1	48,335 1235	96,670 247	400	0,9	77,517 4905	96,896 8631	35	1/3*35mm^2	2,9777 8886	0,744447215
	BOMBA AGUA SANITARIA CALIENTE	1	76	90	0,94 2	95,541 4013	95,541 4013	400	0,9	153,22 4594	191,53 0742	35	2/3*35mm^3	5,8860 3276	1,471508189

PETROLERO DE CRUDO 250000 TPM/ CUADERNO XI  
MINERVA RIVAS CABANAS

	CALENTADOR AGUA SANITARIA	1	36,05	-	-	57,6	57,6	400	0,9	92,3760431	115,470054	50	1/3*50mm^2	2,484	0,621
	PLANTA TAR	1	8	-	-	8	8	400	0,9	12,830006	16,0375075	4	1/3*4mm^2	4,3125	1,078125
	GENERADOR AGUA DULCE	1	3	-	-	3	3	400	0,9	4,81125224	6,0140653	4	1/1*4mm^2	1,6171875	0,404296875
	<b>TOTAL</b>						<b>260,811648</b>								
VENTILACIÓN	10. VENTILACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO														
	A/C	2	37	-	-	37	74	400	0,9	59,3387777	74,1734721	25	1/3*25mm^2	3,19125	0,7978125
	VENTILACIÓN ESPACIOS	8	11	-	-	11	88	400	0,9	17,6412582	22,0515728	4	1/3*4mm^2	5,9296875	1,482421875
	VENTILACIÓN CÁMARA DE MÁQUINAS	-	30	-	-		30								
	<b>TOTAL</b>						<b>192</b>								
PETROLERO DE CRUDO	11. EQUIPOS GENERALES PETROLEROS														
	BOMBAS DE CARGA Y DESCARGA (Conexión a puerto)	13	-	315	0,951	331,230284	4305,99369	400	0,9	531,210816	664,013519	50	5/3*50mm^2	4,76143533	1,190358833
	GENERADOR DE GAS INERTE	2	250	-	-	250	500	400	0,9	400,937687	501,172109	50	4/3*50mm^2	3,59375	0,8984375
	<b>TOTAL</b>						<b>4805,99369</b>								
EQUIPOS Y SISTEMAS DE	12. FONDA Y HOTEL														
	COCINA ELÉCTRICA	1	2	-	-	1,5	1,5	230	0,9	4,1836976	5,229622	1	1/3*1mm^2	5,625	2,445652174
	HORNO	1	1,8	-	-	1,8	1,8	230	0,9	5,02043712	6,2755464	1,5	1/3*1,5mm^2	4,5	1,956521739
	CAMPANA EXTRACTORA DE GASES	1	1,7	-	-	1,7	1,7	230	0,9	4,74152395	5,92690494	1,5	1/3*1,5mm^2	4,25	1,847826087
	BATIDORA	1	1	-	-	1	1	230	0,9	2,78913174	3,48641467	1	1/3*1mm^2	3,75	1,630434783

PETROLERO DE CRUDO 250000 TPM/ CUADERNO XI  
MINERVA RIVAS CABANAS

	FREÍDORA	1	1	-	-	1	1	230	0,9	2,7891 3174	3,4864 1467	1	1/3*1mm^2	3,75	1,630434783
	TOSTADORA DE PAN	1	0,8	-	-	0,8	0,8	230	0,9	2,2313 0539	2,7891 3174	1	1/3*1mm^2	3	1,304347826
	CAFETERA ELÉCTRICA	3	1	-	-	1	3	230	0,9	2,7891 3174	3,4864 1467	1	1/3*1mm^2	3,75	1,630434783
	MOLINILLO CAFÉ	1	0,5	-	-	0,5	0,5	230	0,9	1,3945 6587	1,7432 0733	1	1/3*1mm^2	1,875	0,815217391
	PICADORA DE CARNE	1	0,75	-	-	0,75	0,75	230	0,9	2,0918 488	2,6148 11	1	1/3*1mm^2	2,8125	1,222826087
	CORTA-FIAMBRES	1	0,3	-	-	0,3	0,3	230	0,9	0,8367 3952	1,0459 244	1	1/3*1mm^2	1,125	0,489130435
	FRIGORÍFICOS	1	1,3	-	-	1,3	1,3	230	0,9	3,6258 7126	4,5323 3907	1	1/3*1mm^2	4,875	2,119565217
	LAVAVAJILLAS	1	1	-	-	1	1	230	0,9	2,7891 3174	3,4864 1467	1	1/3*1mm^2	3,75	1,630434783
	CALIENTA PLATOS	1	0,8	-	-	0,8	0,8	230	0,9	2,2313 0539	2,7891 3174	1	1/3*1mm^2	3	1,304347826
	MICROONDAS	2	0,5	-	-	0,5	1	230	0,9	1,3945 6587	1,7432 0733	1	1/3*1mm^2	1,875	0,815217391
	LAVADORAS	4	1,5	-	-	1,5	6	230	0,9	4,1836 976	5,2296 22	1	1/3*1mm^2	5,625	2,445652174
	SECADORAS	3	1,5	-	-	1,5	4,5	230	0,9	4,1836 976	5,2296 22	1	1/3*1mm^2	5,625	2,445652174
	PLANCHAS	2	1	-	-	1	2	230	0,9	2,7891 3174	3,4864 1467	1	1/3*1mm^2	3,75	1,630434783
	COMPRESORES GAMBUZA	2	5	-	-	5	10	230	0,9	13,945 6587	17,432 0733	4	1/3*4mm^2	4,6875	2,038043478
	TELEVISIONES	5	0,2	-	-	0,2	1	230	0,9	0,5578 2635	0,6972 8293	1	1/3*1mm^2	0,75	0,326086957
	<b>TOTAL</b>						<b>39,95</b>								
MANTENIM	13. EQUIPOS DE MANTENIMIENTO														
	PUNTAL DE PROVISIONES	2	6	-	-	6	12	230	0,9	16,734 7904	20,918 488	4	1/3*4mm^2	5,625	2,445652174

PETROLERO DE CRUDO 250000 TPM/ CUADERNO XI  
MINERVA RIVAS CABANAS

	GRÚA CÁMARA DE MÁQUINAS	1	6	-	-	6	6	230	0,9	16,734 7904	20,918 488	4	1/3*4mm^2	5,625	2,445652174	
	TORNO	1	3,5	-	-	3,5	3,5	230	0,9	9,7619 6107	12,202 4513	2,5	1/3*2,5mm^2	5,25	2,282608696	
	TALADRO	2	1	-	-	1	2	230	0,9	2,7891 3174	3,4864 1467	1	1/3*1mm^2	3,75	1,630434783	
	ESMERILADORA	1	1	-	-	1	1	230	0,9	2,7891 3174	3,4864 1467	1	1/3*1mm^2	3,75	1,630434783	
	EQUIPO DE SOLDADURA	1	8,5	-	-	8,5	8,5	230	0,9	23,707 6197	29,634 5247	6	1/3*6mm^2	5,3125	2,309782609	
	EQUIPO DE CORTE Y SOLDADURA OXI.	1	8,5	-	-	8,5	8,5	230	0,9	23,707 6197	29,634 5247	6	1/3*6mm^2	5,3125	2,309782609	
	COMPRESOR AIRE	4	3,7	-	-	3,7	14,8	230	0,9	10,319 7874	12,899 7343	2,5	1/3*2,5mm^2	5,55	2,413043478	
	<b>TOTAL</b>					<b>56,3</b>										
	<b>14. EQUIPOS DE CUBIERTA Y SERVO</b>															
EQUIPOS VARIOS	SERVOMOTOR	1	144. 45	-	-	144.45	144.45	400	0,9	400,93 7687	501,17 2109	35	3/3*35mm^2	7,7008 9286	1,925223214	
	CHIGRES POPA Y PROA	4	22,7 7	-	-	22,77	91,08	400	0,9	36,517 4045	45,646 7557	10	1/3*95mm^2	4,9097 8125	1,227445313	
	CHIGRES ZONA CENTRAL	2	22,7 7	-	-	22,77	45,54	400	0,9	36,517 4045	45,646 7557	10	1/3*35mm^2	4,9097 8125	1,227445313	
	MOLINETES	1	925, 61	-	-	925,61	925,61	400	0,9	1484,4 4773	185,55 5966	70	1/3*70mm^2	2,8512 0938	0,712802344	
	<b>TOTAL</b>						<b>3562,2 3</b>									
	<b>15. EQUIPOS DE NAVEGACIÓN, COMUNICACIÓN Y ELECTRÓNICA</b>															
NAVEGACIÓN	EQUIPOS DE RADIO	1	5	-	-	5	5	230	0,9	13,945 6587	17,432 0733	4	1/3*4mm^2	4,6875	2,038043478	
	EQUIPOS DE NAVEGACIÓN	1	12	-	-	12	12	230	0,9	33,469 5808	41,836 976	10	1/3*10mm^2	4,5	1,956521739	
	COMUNICACIONES INTERIORES	1	2	-	-	2	2	230	0,9	5,5782 6347	6,9728 2934	1,5	1/3*1,5mm^2	5	2,173913043	

PETROLERO DE CRUDO 250000 TPM/ CUADERNO XI

MINERVA RIVAS CABANAS

	COMUNICACIONES EXTERIORES	1	4	-	-	4	4	230	0,9	11,156 5269	13,945 6587	4	1/3*4mm^2	3,75	1,630434783
	<b>TOTAL</b>						<b>23</b>								
	16. ALUMBRADO														
ALUMBRADO	ALUMBRADO INTERNO	1	166, 5	-	-	166,5	166,5	400	0,9	267,02 45	333,78 0624	50	3/3*50mm^2	7,1803 125	1,795078125
	ALUMBRADO EXTERIOR	1	8	-	-	8	8	230	0,9	22,313 0539	27,891 3174	6	1/3*6mm^2	5	2,173913043
	ALUMBRADO EMERGENCIA	1	31,4	-	-	31,4	31,4	230	0,9	87,578 7365	109,47 3421	50	2/3*50mm^2	2,355	1,023913043
	<b>TOTAL</b>						<b>205,9</b>								

## 6.1 Intensidad de corte de los interruptores automáticos

Los interruptores automáticos de la instalación han de presentar una intensidad de corte tal que,

$$I_{cu} > I_{kg} = \frac{I_g * 100}{x_d''} * (n - 1)$$

Donde,

$$I_g = \frac{S}{\sqrt{3} * V}$$

La potencia activa de los generadores instalados es de,

$$P = 2310 \text{ kW}$$

Lo que se corresponde con,

$$S = \frac{P}{\cos(\varphi)} = \frac{2310}{0.8} = 2887.5 \text{ kVa}$$

Se obtiene que,

$$I_g = \frac{2887.5}{\sqrt{3} * 400} = 4.17 \text{ kA}$$

A este valor se le debe aplicar la reactancia transitoria, que para el caso estudiado ha de tener un valor del 16%. Además, se debe considerar la existencia de tres generadores,

$$I_{cu} > I_{kg} = \frac{4.17 * 100}{16} * (3 - 1)$$

$$I_{cu} > 52.13 \text{ A}$$

Se escogen interruptores tipo AC3 y temperatura 55 °C, K65 con unos 2 millones de maniobras posibles para las características dadas.

## 7 DIAGRAMA UNIFILAR ELÉCTRICO

El esquema unifilar es un modo de representación de la planta eléctrica del buque. En él se muestran los generadores instalados, así como los diferentes equipos que componen la planta del buque.

Los servicios se clasifican,

- Servicios esenciales, son los imprescindibles para mantener el buque autopropulsado. Estos servicios serán preferentes frente al resto de componentes del buque, se encontrarán alimentados directamente desde los bornes de los generadores, sin imponer ningún tipo de interruptor automático. El fin de esto es evitar los posibles saltos de tensión que provocasen una caída de energía del sistema.
- Servicios no esenciales, su funcionamiento exponen el sistema de propulsión, de manera que, en caso de fallo, la navegabilidad del buque no se ve afectada.
- Servicios de emergencia, está compuesto por todos aquellos equipos que deben de permanecer operativos en caso de accidente, como son las bombas CI, etc. Estos pueden ser alimentados tanto por el generador como por medio de los generadores principales con un conmutador instantáneo.

Las tensiones de los consumidores se dividen en,

- Consumidores 400V: bombas, sistemas auxiliares del motor...
- Consumidores 230V: equipos de navegación y comunicaciones, alumbrado...

El buque ha de contar con una distribución que garantice la continuidad del servicio, con etapas de potencia segregadas. Los generadores están repartidos en secciones y cada sección está formada por su propio embarrado y con la posibilidad de interconectar varias secciones si fuese necesario. Por lo tanto, presenta suministro redundante.

El buque debe operar con, al menos, un generador en cada sección de potencia, hecho de especial importancia durante las situaciones de riesgo. Si se produce un fallo en una de las secciones, no caerá el sistema totalmente.

### 7.1 Descripción del diagrama unifilar

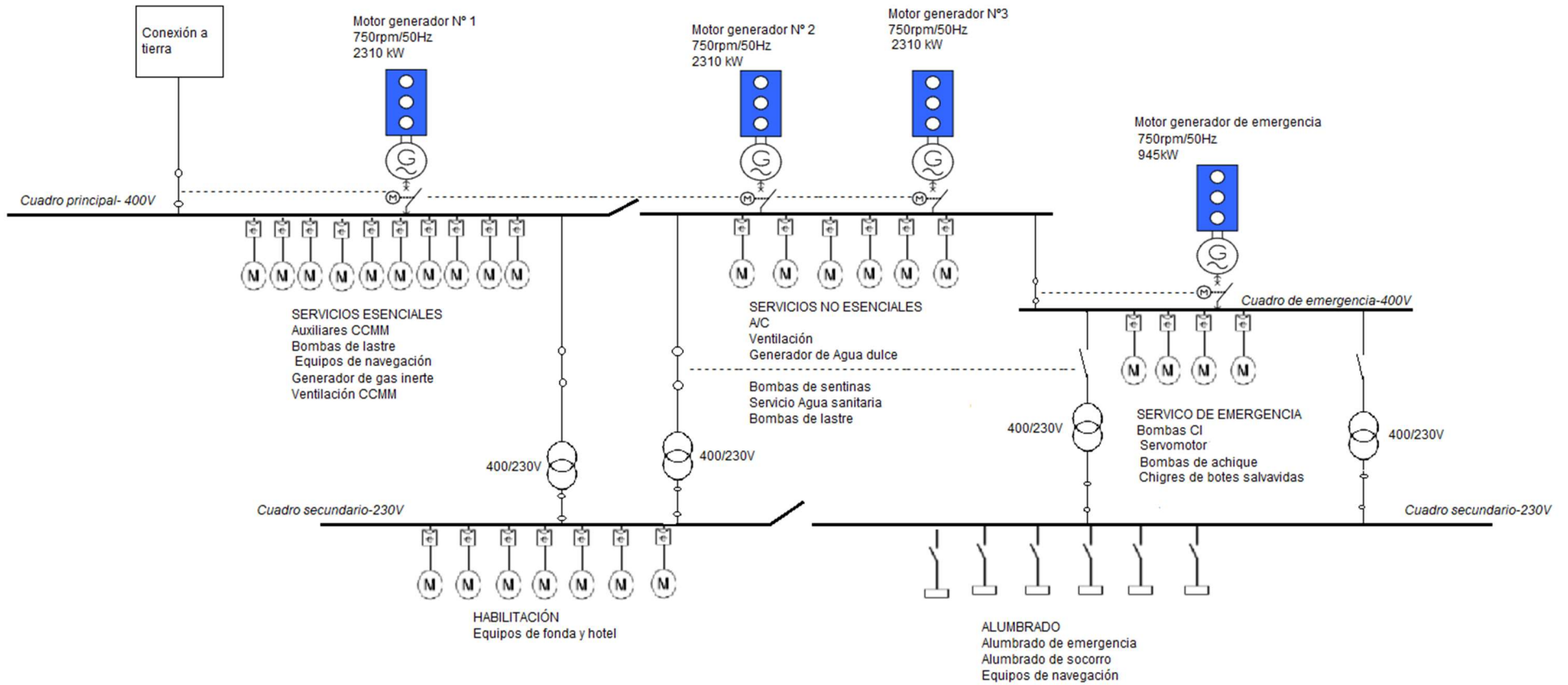
Los motores generadores producen energía eléctrica a 50 Hz y 400 V. A través del cuadro principal a dicha tensión, se alimentan los siguientes consumidores,

- Equipos de carga y descarga y mantenimiento del petrolero de crudo formados por las bombas de carga y descarga y generador de gas inerte.
- Bombas de lastre.
- Sistemas auxiliares del motor principal: Servicios de refrigeración, lubricación, combustibles, aire, ...
- Servicios auxiliares: servicio de sentinas, servicio CI, servicio de ventilación y A/C, grúas, equipos de cubierta y servo, ...

De este cuadro se dispone dos transformadores, cuya misión es la conversión de la tensión de 400V a 230V, con el fin de alimentar a los equipos de fonda y hotel, iluminación, equipos de navegación y comunicación y equipos de mantenimiento.

Desde el cuadro principal, el cual también presenta una alimentación desde el generador de emergencia, se convierte, mediante un transformador, la tensión de 400V en 230V, con el fin de alimentar a los servicios esenciales del buque exigidos por la norma y anteriormente mencionados.

PETROLERO DE CRUDO 250000 TPM/ CUADERNO XI  
MINERVA RIVAS CABANAS





## 8 BIBLIOGRAFÍA

- [1] R. Alvariño, J. J. Azpiroz y M. Meizoso, El proyecto básico del buque mercante, Madrid: Fondo editorial de ingeniería naval, 1998.
- [2] V. D. Casás y B. P. Varela, Asignatura: "Proyectos de buques y artefactos marinos I", Ferrol: Escuela Politécnica Superior, UDC, 2020/2021.
- [3] V. D. Casás y B. P. Varela, Proyectos del buque y artefactos marinos II, Ferrol: Escuela Politécnica Superior, 2020/2021.
- [4] DNVGL-RU-SHIP, Rudders and steering DNVGL-RU-SHIP, 2018.
- [5] M. B&W, «Catálogo MAN B&W,» 2020.
- [6] M. Baquerizo, Electricidad Marina Práctica.
- [7] J. Bouza, *Sistemas eléctricos*, Ferrol, 2021.