



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

Trabajo Fin de Grado

CURSO 2021/22

BUQUE OCEANOGRÁFICO 55 m
MAR AURORA

Grado en Ingeniería Naval y Oceánica

ALUMNO

David Martín Argibay

TUTOR

Fernando Lago

FECHA

Septiembre 2022

Escola Politécnica Superior



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

GRADO EN INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA
TRABAJO FIN DE GRADO

CURSO 2.021-2.022

PROYECTO NÚMERO 2022-GENO-14

TIPO DE BUQUE: Buque oceanográfico con capacidad polar para operar en zonas árticas y antárticas. 55 m de eslora entre perpendiculares

CLASIFICACIÓN, COTA Y REGLAMENTOS DE APLICACIÓN: DNVGL, SOLAS + MARPOL+ exigibles en este tipo de buques. POLAR CODE TIPO B ICE CLAS I-B SPS. CLEAN DESIGN. NAUT O EQUIVALENTE

CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA: 300 m² de capacidad para laboratorios de investigación. 100 m² de superficie libre en cubierta

VELOCIDAD Y AUTONOMÍA: velocidad máxima de 14 nudos y velocidad de crucero de 12 nudos con una autonomía de 40 días

SISTEMAS Y EQUIPOS DE CARGA / DESCARGA: 2 grúas de carga a cada costado del buque.

PROPULSIÓN: propulsión eléctrica mediante 2 motores eléctricos, mas 4 generadores diésel de diferentes potencias, más el generador de emergencia. Navegación en zona ECA con LNG.

TRIPULACIÓN Y PASAJE: capacidad para 20 científicos más 8-12 tripulantes

OTROS EQUIPOS E INSTALACIONES: laboratorio en frío (-25 ° C), nivel mínimo de vibraciones y ruidos transmitidos a la mar, robot submarino a bordo además de embarcaciones menores tales como 2 Zodiacs a disposición del personal. Helipuerto.

ALUMNO: **D. David Martín Argibay**

RESUMEN BUQUE OCEANOGRÁFICO 55 M MAR AURORA

Castellano

A lo largo del presente Trabajo Fin de Grado se realizará el anteproyecto de un buque oceanográfico de 55 metros de eslora. Se trata de un buque que podrá navegar en aguas polares a 12 nudos con propulsión diésel-eléctrica, 40 días de autonomía, capacidad de navegación con LNG en zona ECA y que poseerá 300 m² de laboratorios mas 100 m² de superficie libre en cubierta para el estudio llevado a cabo por los 20 científicos que podrán ir a bordo del mismo.

El proyecto consta de un estudio preliminar de oceanográficos semejantes para, posteriormente, desarrollar las formas del buque, estudiar su flotabilidad y estabilidad en distintas condiciones, la potencia necesaria a bordo, la disposición general, el cálculo estructural de la cuaderna maestra, así como el estudio del francobordo, cámara de máquinas, planta eléctrica y equipos y servicios necesarios a bordo para concluir con el estudio del presupuesto y viabilidad de construcción del buque.

Galego

Ao longo deste Traballo Fin de Grao realizarase o anteproxecto dun buque oceanográfico de 55 metros de eslora. Trátase dun buque que poderá navegar en augas polares a 12 nudos con propulsión diésel-eléctrica, 40 días de autonomía, capacidade de navegación con LNG na zona ECA e que contará con 300 m² de laboratorios máis 100 m² de superficie libre na cuberta para o estudo realizado polos 20 científicos que poderán subir a bordo.

O proxecto consiste nun estudo preliminar de oceanográficos similares para posteriormente desenvolver as formas do buque, estudar a súa flotabilidade e estabilidade en diferentes condicións, a potencia necesaria a bordo, a disposición xeral, o cálculo estrutural da cuaderna maestra, así como o estudo do francobordo, cámara de máquinas, planta eléctrica e equipos e servizos necesarios a bordo para concluír co estudo do orzamento e viabilidade de construción do buque.

English

Throughout this Final Degree Project, the preliminary design of a research vessel of 55 meters in length will be carried out. It is a ship that will be able to navigate in polar waters at 12 knots with diesel-electric propulsion, 40 days of autonomy, navigation capacity with LNG in ECA zone and that will have 300 m² of laboratories plus 100 m² of free surface on deck for the study carried out by the 20 scientists that will be able to go on board.

The project consists of a preliminary study of similar research vessels and then, develop the vessel's form, study its buoyancy and stability in different conditions, the power required on board, the general layout, the structural calculation of the master frame, as well as the study of the freeboard, engine room, electrical plant and equipment and services required on board to conclude with the study of the budget and viability of building the vessel.



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

Trabajo Fin de Grado

CURSO 2021/22

BUQUE OCEANOGRÁFICO 55 m
MAR AURORA

Grado en Ingeniería Naval y Oceánica

CUADERNO 11

DISEÑO DE LA PLANTA ELÉCTRICA

ÍNDICE

Resumen Buque Oceanográfico 55 m Mar Aurora	3
1. Introducción.....	7
2. Definición de la planta eléctrica	8
2.1. Frecuencia y tensión	8
3. Desglose y características de los consumidores	10
3.1. Alumbrado.....	10
3.2. Propulsión y gobierno del buque	12
3.3. Servicio de combustible	12
3.4. Servicio de lubricación	13
3.5. Servicio de refrigeración.....	13
3.6. Servicio de aire de arranque	13
3.7. Sistema de ventilación	14
3.8. Auxiliares de cubierta	14
3.9. Servicio de sentinas	14
3.10. Servicio de lastre	14
3.11. Servicio sanitario	15
3.12. Servicio contra incendios	15
3.13. A/C	15
3.14. Equipos de fonda y hotel	16
3.15. Equipos de navegación y comunicaciones	16
3.16. Iluminación	17
4. Balance eléctrico	18
4.1. Justificación de coeficientes	18
4.1.1. Servicio de propulsión y gobierno	19
4.2. Balance eléctrico por condiciones	20
4.2.1. Condición de navegación	20
4.2.2. Condición de operaciones científicas	23
4.2.3. Condición de maniobra	25
4.2.4. Condición de emergencia.....	27
4.3. Resultados totales del balance eléctrico en cada condición	29
5. Elección del grupo diésel-generator	30
5.1. Diésel-generator principal.....	30
5.1.1. Dos generadores Wärtsilä 6L20DF	30
5.1.2. Dos generadores Wärtsilä 8L20DF	31
5.2. Resultados diésel-generator principal	31
5.3. Diésel-generator de emergencia	32
6. Diagrama unifilar	34

7. Cables.....	36
7.1. Intensidad de corte de los interruptores automáticos.....	40
8. Bibliografía.....	41

1. INTRODUCCIÓN

A lo largo de este cuaderno realizaremos el balance eléctrico del buque oceanográfico Mar Aurora, así como la definición y diseño de las características de la planta eléctrica, con el fin de conocer la potencia eléctrica que debe ser instalada a bordo.

Se analizarán las condiciones de carga eléctrica que actuarán en el buque para establecer así el número de generadores necesarios y su potencia 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 serán las siguientes:

- Condición de navegación
- Condición de operaciones científicas
- Condición de maniobra
- 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 6, 10 y 12. 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.

Las dimensiones del buque obtenidas del Cuaderno 3 son:

Lpp (m)	B (m)	D (m)	T (m)	Fn
55	11,50	7,80	4,80	0,2657

CB	CM	CP	CF
0,57	0,97	0,59	0,80

Ilustración 1: dimensiones del buque proyecto

2. DEFINICIÓN DE LA PLANTA ELÉCTRICA

A continuación, describimos la planta eléctrica que llevará a bordo el buque.

La planta eléctrica del oceanográfico estará integrada por dos grupos diésel-generadores de 960 kW cada uno a una frecuencia de 50 Hz.

Alguna de las características que presentará la planta eléctrica serán:

- El cuadro principal ha de estar dividido en secciones simétricas para aportar así una mayor confiabilidad y establecer redundancia.
- El número de grupos electrógenos 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.

Además, la tensión de salida del alternador será de 690 V y éste genera energía eléctrica gracias al motor dualfuel de Wärtsilä seleccionado, 6L20DF, que podrá trabajar tanto con fueloil (MDO) como con LNG para cumplir con lo establecido en las RPA de navegación con LNG en zona ECA.

2.1. Frecuencia y tensión

En cuanto a la tensión empleada a bordo, ésta será trifásica con una tensión y una frecuencia detalladas más adelante.

Esta elección 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.

Algunas consideraciones sobre la corriente trifásica a bordo son:

- 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.

En cuanto a su valor, el buque contará con tres tipos de tensión:

- ✓ 690 V de salida de los alternadores conectado a los motores eléctricos encargados de la propulsión del buque
- ✓ 400 V de red trifásica en la que se conectan diferentes consumidores tales como motores auxiliares, bombas o compresores
- ✓ 230 V de corriente monofásica alterna para la iluminación y pequeños consumidores de la habilitación

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.

Para ello, serán necesarios una serie de transformadores instalados, que transformarán los 690 V en 400 V, y estos a su vez en 230 V.

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 ¹⁾	50	60	1 000
	240 ¹⁾	50	-	1 000
	380 ²⁾	50	-	1 000
	415 ²⁾	50	-	1 000
	440	-	60	1 000
	660 ³⁾ *	50	60	1 000
	3 000*/3 300*	50	60	11 000
	6 000*/6 600*	50	60	11 000
	10 000*/11 000*	50	60	11 000
	Monofásica	Monofásica	Monofásica	Monofásica
	120	50	60	500
220 ¹⁾	50	60	500	
240 ¹⁾	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 ¹⁾	50	60	250
	240 ¹⁾	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 ¹⁾	50	60	250
	240 ¹⁾	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.

Ilustración 2: UNE 21-135-93/201

Por otro lado, según la norma UNE-IEC 60092-101:202, los requisitos de tensión y frecuencia son:

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 %

Por otro lado, la distorsión armónica total (THD) es una forma de medida del contenido total de armónicos en una señal. El contenido máximo de armónicos en la instalación no debe ser superior al 10%.

3. DESGLOSE Y CARACTERÍSTICAS DE LOS CONSUMIDORES

A continuación, y en base a los resultados obtenidos en el Cuaderno 10 “*Cámara de máquinas*” y en el Cuaderno 12 “*Equipos y servicios*” obtenemos la potencia de los consumidores.

3.1. Alumbrado

Detallamos el alumbrado que tendrá el buque:

- Alumbrado general
Será el alumbrado común y genérico para todos los compartimentos del buque. La iluminación general será la adecuada para cada espacio y acorde a la actividad a realizar en él. La detallaremos posteriormente. Este tipo de alumbrado es alimentado por los diésel-generadores principales.
- Alumbrado exterior
Será el alumbrado que iluminará el exterior del buque, tanto la cubierta de trabajo, como la zona de proa y costados del mismo.
- Alumbrado de emergencia
Este será el alumbrado que permitirá tener luz e iluminación en caso de emergencia y fallo de los diésel-generadores principales. Deberá poder iluminar la cámara de máquinas y puestos de maniobra, así como el puente, el local de los azipods, los puntos de evacuación y la cubierta de trabajo donde irán estibadas las balsas salvavidas y los botes de rescate. Será accionado por el generador de emergencia.

Para el cálculo de alumbrado seguiremos el libro “*Electricidad aplicada al buque*” de D. Manuel Baquerizo, en el que se emplea la siguiente expresión:

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

Donde:

- L, es el flujo luminoso en lúmenes (lm)
- E, es la iluminación en luxes (lx)
- S, es la superficie en m²
- F_d, es el factor de suciedad (entre 1,25 y 2,5). Consideramos 1,5
- F_u, es el factor de utilización estimado (0,5)

Mostramos una tabla con las iluminaciones aconsejadas:

Iluminaciones aconsejadas

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

Ilustración 3: luxes por locales

Aplicando la expresión anteriormente expuesta y según el tipo de local, determinamos, en la siguiente tabla, la iluminación necesaria en cada espacio interior:

Cubierta	Espacio	Superficie (m ²)	Iluminancia (lx)	Lúmenes (lm)	Potencia (kW) (1 W = 150 lm)
CCMM	CCMM	395,8	300	356220	2,37
CUB. ENTREPUEENTE	Local Azipods	66,2	300	59580	0,40
	Laboratorios	282,2	750	634950	4,23
	Aseos	13	200	7800	0,05
	Hospital	25,6	750	57600	0,38
	Lavandería	10,5	250	7875	0,05
	Pasillos	77,5	100	23250	0,16
	Pañol	4,5	200	2700	0,02
CUB. PRINCIPAL	Laboratorios	21,6	750	48600	0,32
	Local gen. emergencia	13	300	11700	0,08
	Comedores	48,4	200	29040	0,19
	Cocina y gambuzas	26,7	250	20025	0,13
	Sala de estar	21,3	150	9585	0,06
	Pasillos	49	100	14700	0,10
	Gimnasio	14,1	250	10575	0,07
	Camarotes	29,3	200	17580	0,12
Aseos	7,9	200	4740	0,03	
CUB. HABILITACIÓN	Pasillos	25,4	100	7620	0,05
	Camarotes	160,8	200	96480	0,64
CUB. PUENTE	Puente de gobierno	101,8	550	167970	1,12
	Camarotes	73	200	43800	0,29
	Pasillos	12,3	100	3690	0,02
	Aseos	4,8	250	3600	0,02
TOTAL ALUMBRADO INTERIOR					10,93

Ya que emplearemos luces LED, ya están incluidos en los cálculos que 150 lúmenes LED equivalen a 1 W de potencia.

Además, en cuanto a la iluminación exterior del buque, destacar:

- 4 proyectores para la iluminación de la cubierta de trabajo de 1000 W cada uno
- 2 proyectos a popa de la superestructura para iluminar la cubierta de trabajo de 1000 W cada uno
- 2 proyectores a proa del puente, móviles, para iluminar cualquier punto a proa del buque de 1500 W cada uno

- 4 proyectores para iluminar el helipuerto de 1000 W cada uno

Todos ellos suman un total adicional de **13 kW** adicionales para el alumbrado exterior del buque oceanográfico:

	Potencia (kW)
TOTAL ALUMBRADO EXTERIOR	13,00

Para el alumbrado de emergencia consideramos que es necesario iluminar en caso de emergencia la CCMM, el puente de gobierno, así como pasillos, cubierta de trabajo, donde se hallan las embarcaciones salvavidas, y helipuerto.

De esta manera, para el alumbrado de emergencia tenemos:

Espacio	Superficie (m ²)	Iluminancia (lx)	Lúmenes (lm)	Potencia (kW) (1 W = 150 lm)
CCMM	395,8	300	356220	2,37
Pasillos	164,2	400	49260	0,33
Local gen. emergencia	13	300	11700	0,08
Puente de gobierno	101,8	550	167970	1,12
Cubierta de trabajo y helipuerto (proyectores)	N/A	N/A	N/A	10,00
TOTAL (EMERGENCIA)				13,90

3.2. Propulsión y gobierno del buque

Consta de dos motores eléctricos que accionan las hélices azimutales de popa o AziPODs, más la hélice transversal de maniobra de proa.

EQUIPO	Potencia unitaria (kW)			P Abs.	Total (N x P Abs.)
	N	Útil	η_e		
1. SERVICIO DE PROPULSIÓN Y GOBIERNO					
AziPODs	2	1000	0,92	1087,0	2173,9
Servo AziPODs	4	12	0,89	13,5	53,9
Hélice transversal proa	1	250	0,9	277,8	277,8
Total					2505,6

3.3. Servicio de combustible

El servicio de combustible es un sistema auxiliar a la propulsión formado por los diferentes componentes que hacen que le llegue combustible al motor desde los tanques de almacenamiento del buque.

Está formado por la bomba de trasiego, que alimenta de combustible los dos tanques de uso diario procedentes del tanque de almacenamiento, la purificadora para purificar el MDO que se trasiega al tanque de uso diario y la bomba de alimentación de los generadores.

EQUIPO	Potencia unitaria (kW)			P Abs.	Total (N x P Abs.)
	N	Útil	η_e		
2. SERVICIO DE COMBUSTIBLE					
Bomba de trasiego	2	1,5	0,82	1,8	3,7
Purificadora de combustible	2	1,5	0,82	1,8	3,7
Bomba de alimentación	2	0,4	0,7	0,6	1,1
Total					8,5

3.4. Servicio de lubricación

El servicio de lubricación encargado de la lubricación de los diésel-generadores posee componentes y equipos tales como las bombas de trasiego de aceite de lubricación o las bombas de las purificadoras de aceite.

EQUIPO	Potencia unitaria (kW)			P Abs.	Total (N x P Abs.)
	N	Útil	η_e		
3. SERVICIO DE LUBRICACIÓN					
Bomba de lubricación	2	7,8	0,85	9,2	18,4
Purificadora de aceite	2	2	0,75	2,7	5,3
Total					23,7

3.5. Servicio de refrigeración

El servicio de refrigeración es el encargado de enfriar y refrigerar el motor. Dentro de este servicio se encuentran equipos y sistemas tales como el circuito de refrigeración de alta temperatura con su bomba correspondiente, el circuito de refrigeración de baja temperatura también con su bomba correspondiente, la bomba de refrigeración de agua salada o el precalentador del circuito de alta temperatura.

EQUIPO	Potencia unitaria (kW)			P Abs.	Total (N x P Abs.)
	N	Útil	η_e		
4. SERVICIO DE REFRIGERACIÓN					
Bomba de refrigeración de HT	2	3,3	0,87	3,8	7,6
Bomba de refrigeración de LT	2	3,95	0,87	4,5	9,1
Precalentador sistema de HT	2	28	0,9	31,1	62,2
Bomba de refrigeración de agua salada	2	5,75	0,88	6,5	13,1
Total					92,0

3.6. Servicio de aire de arranque

El servicio de aire de arranque está formado por los compresores de aire de arranque de los diésel-generadores calculados en el cuaderno 10.

EQUIPO	Potencia unitaria (kW)				Total (N x P Abs.)
	N	Útil	η_e	P Abs.	
5. SERVICIO DE AIRE DE ARRANQUE					
Compresores	2	2,7	0,83	3,3	6,5
Total					6,5

3.7. Sistema de ventilación

El sistema de ventilación está formado por la ventilación correspondiente a todos los espacios y los ventiladores de estos.

EQUIPO	Potencia unitaria (kW)				Total (N x P Abs.)
	N	Útil	η_e	P Abs.	
6. SERVICIO DE VENTILACIÓN					
Ventiladores CCMM	2	18	0,87	20,7	41,4
Ventilación de espacios	18	1,2	0,78	1,5	27,7
Ventiladores cocina	2	2,5	0,82	3,0	6,1
Total					75,2

3.8. Auxiliares de cubierta

Incluimos los equipos y sistemas de amarre y fondeo, así como las grúas disponibles en la cubierta de trabajo.

EQUIPO	Potencia unitaria (kW)				Total (N x P Abs.)
	N	Útil	η_e	P Abs.	
7. AUXILIARES DE CUBIERTA					
Molinetes	2	26,1	0,9	29,0	58,0
Grúas cubierta de trabajo	3	10	-	10,0	30,0
Total					88,0

3.9. Servicio de sentinas

El servicio de sentinas es el encargado de achicar el agua en caso de embarque de agua a bordo. Estará compuesto por la bomba de sentinas.

EQUIPO	Potencia unitaria (kW)				Total (N x P Abs.)
	N	Útil	η_e	P Abs.	
8. SERVICIO DE SENTINAS					
Bomba de sentinas	4	4	0,82	4,9	19,5
Total					19,5

3.10. Servicio de lastre

Está compuesto por las bombas de lastre que llenan y vacían los tanques de lastre que lleva a bordo el buque.

EQUIPO	Potencia unitaria (kW)			Total (N x P Abs.)	
	N	Útil	η_e		
9. SERVICIO DE LASTRE					
Bomba de lastre	2	2,35	0,8	2,9	5,9
Total					5,9

3.11. Servicio sanitario

El servicio sanitario está compuesto por todos los sistemas y equipos que generan, distribuyen y recogen toda el agua dulce a lo largo de todo el buque. Son entre otros:

EQUIPO	Potencia unitaria (kW)			Total (N x P Abs.)	
	N	Útil	η_e		
10. SERVICIO SANITARIO					
Bombas de suministro	2	3	0,81	3,7	7,4
Bomba de recirculación de agua fría	1	0,13	0,65	0,2	0,2
Bomba de recirculación de agua caliente	1	0,08	0,65	0,1	0,1
Calentador	1	40	-	40,0	40,0
Planta TAR	1	2	-	2,0	2,0
Generador A.D.	1	3	-	3,0	3,0
Total					52,7

3.12. Servicio contraincendios

Es el encargado de la lucha contra el fuego si éste se genera. Posee diversos sistemas y equipos:

EQUIPO	Potencia unitaria (kW)			Total (N x P Abs.)	
	N	Útil	η_e		
11. SERVICIO CONTRA INCENDIO					
Bombas CI general	3	15	0,85	17,6	52,9
Bomba CI CCMM	3	1	0,78	1,3	3,8
Bombas CI Helicubierta	3	6,6	0,82	8,0	24,1
Total					80,9

3.13. A/C

El servicio de aire acondicionado es el que se encarga de mantener unas condiciones de climatización óptimas de temperatura y humedad dentro del buque. De esta manera, y tal como se ha estudiado en el Cuaderno 12, detallamos la potencia que deben dar los compresores.

EQUIPO	Potencia unitaria (kW)				Total (N x P Abs.)
	N	Útil	η_e	P Abs.	
12. A/C					
Compresores de A/C	1	21	0,8	26,3	26,3
Total					26,3

3.14. Equipos de fonda y hotel

A continuación, detallamos los equipos de fonda y hotel que llevará a bordo el buque, tales como el equipo de cocina completo, así como televisores o equipos de lavandería.

EQUIPO	Potencia unitaria (kW)				Total (N x P Abs.)
	N	Útil	η_e	P Abs.	
13. EQUIPOS DE FONDA Y HOTEL					
Cocina	2	7	-	7,0	14,0
Incinerador	1	12,7	-	12,7	12,7
Horno	1	3	-	3,0	3,0
Pelapatatas	1	0,5	-	0,5	0,5
Lavavajillas	1	3	-	3,0	3,0
Microondas	2	2	-	2,0	4,0
Cafetera	2	2	-	2,0	4,0
Freidora	1	4,5	-	4,5	4,5
Frigorífico	2	1,5	-	1,5	3,0
Trituradora de basura	1	1	-	1,0	1,0
Lavadora	3	2,5	-	2,5	7,5
Secadora	3	2,5	-	2,5	7,5
Compresores gambuza refrigerada	1	10	-	10,0	10,0
Máquina de planchar	1	5	-	5,0	5,0
Ascensor	1	6	-	6,0	6,0
TV	19	0,3	-	0,3	5,7
Total					91,4

3.15. Equipos de navegación y comunicaciones

Detallamos el consumo de los equipos de navegación y comunicaciones que llevará a bordo el oceanográfico.

EQUIPO	Potencia unitaria (kW)				Total (N x P Abs.)
	N	Útil	η_e	P Abs.	
14. EQUIPOS DE NAVEGACIÓN Y COMUNICACIONES					
Equipos de radio	1	4	-	4,0	4,0
Equipos y ayudas a la navegación	1	8	-	8,0	8,0
Total					12,0

3.16. Iluminación

Como hemos calculado anteriormente, incluimos el alumbrado en el desglose de consumidores de la siguiente manera.

EQUIPO	Potencia unitaria (kW)			Total (N x P Abs.)	
	N	Útil	η_e		P Abs.
15, ALUMBRADO					
Alumbrado exterior	1	13	-	13,0	13,0
Alumbrado interior	1	10,93	-	10,9	10,9
Alumbrado de emergencia	1	13,90	-	13,9	13,9
	Total				37,8

4. BALANCE ELÉCTRICO

A lo largo de este apartado vamos a realizar el cálculo del balance eléctrico a bordo. El balance eléctrico es un estudio del conjunto de necesidades energéticas que tiene el buque en las distintas situaciones de demanda de energía que va a presentar a lo largo de su vida útil. Se basa en un cálculo probabilístico en el que se estima la potencia promedio que necesita cada consumidor, siendo ésta una fracción de la total instalada.

Cuanto más avanzado esté el proyecto más preciso será el balance eléctrico ya que se conocen más datos de los consumidores.

Realizaremos el balance eléctrico para diferentes situaciones de navegación como hemos dicho anteriormente, permitiendo calcular con buena precisión la potencia consumida y la potencia requerida que deben generar los diésel-generadores a bordo instalados.

Teniendo en cuenta la actividad del buque a lo largo de su vida útil, los escenarios a estudiar son:

- **Navegación**

En la situación de navegación consideramos que el buque navega a velocidad crucero de 12 nudos tal y como está establecido en las RPAs.

Consideramos además el funcionamiento de todos los equipos auxiliares de la propulsión, servicio sanitario, servicio de fonda y hotel, HVAC, equipos de navegación y comunicaciones y el alumbrado.

- **Operaciones científicas**

En esta situación de operaciones científicas, con toma de muestras, uso de ROVs y demás, consideraremos el buque prácticamente en estático con un uso relativo de la hélice de maniobra.

Consideramos también el funcionamiento de los equipos auxiliares de la propulsión, auxiliares de casco, servicio sanitario, servicio de fonda y hotel, HVAC, equipos de navegación y comunicaciones y alumbrado.

- **Maniobra**

En la condición de maniobra el buque estará maniobrando y posicionándose para atracar en puerto, trabajando con un AziPOD a popa y la hélice de maniobra a proa como consumidores relevantes.

Consideramos, además, el funcionamiento de los equipos auxiliares de la propulsión, el servicio sanitario, HVAC, equipos de navegación y comunicaciones y alumbrado.

- **Emergencia**

Por último, la situación de emergencia será cuando se produzca la caída del grupo generador principal, activándose inmediatamente el generador de emergencia. Los elementos consumidores en la emergencia serán:

- Bombas CI
- Bomba de sentinas
- Iluminación de emergencia
- Sistema de navegación y comunicaciones
- Sistema de amarre y fondeo de los auxiliares de casco

4.1. Justificación de coeficientes

A continuación, estudiamos y detallamos los diferentes coeficientes empleados en el balance eléctrico:

➤ **k_n**

Es el coeficiente de simultaneidad. Indica el número de equipos en funcionamiento en relación con el número de equipos instalados.

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

Por ejemplo, si el buque posee dos bombas, pero sólo está una en funcionamiento, siendo la otra de respeto, el coeficiente k_n será igual a 0,5, si por el contrario estuvieran las dos en funcionamiento, el coeficiente de simultaneidad k_n sería igual a 1.

➤ **k_r**

El coeficiente k_r es el llamado factor de régimen. Indica la relación entre la potencia que entrega el equipo, calculada en los Cuadernos 6, 10 y 12, y la potencia máxima disponible que puede dar dicho equipo.

$$k_r = \frac{P_{\text{absorbida en servicio}}}{P_{\text{instalada nominal}}}$$

➤ **k_s**

Es el coeficiente de servicio. Indica la relación entre las horas de funcionamiento de un equipo durante un día, dividido entre 24 horas que tiene el día.

$$k_s = \frac{N_{\text{horas en funcionamiento}}}{24}$$

De esta manera, los motores eléctricos de la propulsión, en la situación de navegación poseen un k_s igual a 1 ya que están las 24 horas en funcionamiento, sin embargo, una bomba que trabaje durante 4 horas al día tendría un k_s igual a 0,1667.

➤ **k_{rs}**

El coeficiente k_{rs} es el llamado coeficiente de servicio y régimen, y se obtiene de multiplicar los coeficientes de servicio y de régimen anteriormente expuestos.

$$k_{rs} = k_r \times k_s$$

➤ **k_u**

Por último, k_u es el coeficiente de utilización y se obtiene multiplicando el coeficiente de servicio y régimen por el factor de simultaneidad.

$$k_u = k_n \times k_{rs}$$

Destacar también que, generalmente, los diseñadores del proyecto junto con el armador se reservan un margen con el objetivo de poder hacer frente a un exceso de potencia requerida, o bien por navegar a máxima velocidad o con condiciones meteorológicas adversas.

4.1.1. Servicio de propulsión y gobierno

Detallamos ahora los coeficientes y factores utilizados para el servicio de propulsión al ser uno de los consumidores más relevantes.

Los motores eléctricos que accionarán las hélices acimutales de popa, o AziPODs, serán capaces de entregar una potencia útil máxima de 1000 kW cada uno para situaciones en las que requiera el buque navegar a velocidad máxima de 14 nudos.

Se pueden ver los detalles del estudio en la siguiente ilustración.

Prediction results [System]

SPEED [kt]	HULL-FROPULSOR				ENGINE	
	PETOTAL [kW]	WFT	THD	EFFR	RPMENG [RPM]	PBENG [kW]
7,00	125,7	0,1169	0,1233	0,9799	100	99,7
8,00	184,3	0,1166	0,1233	0,9799	114	145,9
9,00	259,8	0,1164	0,1233	0,9799	128	205,4
10,00	356,8	0,1162	0,1233	0,9799	142	282,2
10,50	415,3	0,1161	0,1233	0,9799	150	328,8
11,00	481,8	0,1160	0,1233	0,9799	157	381,8
11,50	558,4	0,1160	0,1233	0,9799	165	443,2
+ 12,00 +	648,1	0,1159	0,1233	0,9799	173	515,7
13,00	871,8	0,1157	0,1233	0,9799	191	698,5
14,00	1136,8	0,1156	0,1233	0,9799	208	916,0

Ilustración 4: cálculos de NavCad, Cuaderno 6

Así, ya que en la situación de navegación estarán trabajando las 24 horas, el coeficiente de servicio k_s será:

$$k_s = \frac{24}{24} = 1$$

A una velocidad de 12 nudos, los AziPODs consumirán 515,7 kW de potencia cada uno, por lo que, si la potencia por motor es de 1000 kW, el coeficiente de régimen será de:

$$k_r = \frac{515,7}{1000} = 0,516$$

Y por tanto el k_{rs} :

$$k_{rs} = k_r \times k_s = 0,516$$

Y siendo el k_n igual a 1 ya que trabajarán los dos AziPODs simultáneamente, el coeficiente de utilización será de:

$$k_u = k_n \times k_{rs} = 0,516$$

4.2. Balance eléctrico por condiciones

4.2.1. Condición de navegación

A continuación, mostramos el balance eléctrico para la condición de navegación del buque oceanográfico.

EQUIPO	Potencia unitaria (kW)				Total (N x P Abs.)	NAVEGACIÓN						
	N	Útil	η_e	P Abs.		Nº oper	kn	ks	kr	krs	ku	Ptot
1. SERVICIO DE PROPULSIÓN Y GOBIERNO												
AziPODs	2	1000	0,92	1087,0	2173,9	2	1	1	0,52	0,52	0,52	1121,09
Hélice transversal proa	1	250	0,9	277,8	277,8	0	0	0	0	0	0	0
				Total	2451,7						Total	1121,09
2. SERVICIO DE COMBUSTIBLE												
Bomba de trasiego	2	1,5	0,82	1,8	3,7	2	1	0,17	0,85	0,14	0,14	0,52
Purificadora de combustible	2	1,5	0,82	1,8	3,7	2	1	0,17	0,85	0,14	0,14	0,52
Bomba de alimentación	2	0,4	0,7	0,6	1,1	2	1	0,17	0,7	0,12	0,12	0,13
				Total	8,5						Total	1,17
3. SERVICIO DE LUBRICACIÓN												
Bomba de lubricación	2	7,8	0,85	9,2	18,4	2	1	0,17	0,85	0,14	0,14	2,60
Purificadora de aceite	2	2	0,75	2,7	5,3	2	1	0,25	0,9	0,23	0,23	1,20
				Total	23,7						Total	3,80
4. SERVICIO DE REFRIGERACIÓN												
Bomba de refrigeración de HT	2	3,3	0,87	3,8	7,6	2	1	1	0,9	0,90	0,90	6,83
Bomba de refrigeración de LT	2	3,95	0,87	4,5	9,1	2	1	1	0,9	0,90	0,90	8,17
Pre calentador sistema de HT	2	28	0,9	31,1	62,2	2	1	1	0,9	0,90	0,90	56,00
Bomba de refrigeración de agua salada	2	5,75	0,88	6,5	13,1	2	1	1	0,9	0,90	0,90	11,76
				Total	92,0						Total	82,76
5. SERVICIO DE AIRE DE ARRANQUE												
Compresores	2	2,7	0,83	3,3	6,5	1	0,5	0,5	0,9	0,45	0,23	1,46
				Total	6,5						Total	1,46
6. SERVICIO DE VENTILACIÓN												
Ventiladores CCMM	2	18	0,87	20,7	41,4	2	1	1	0,85	0,85	0,85	35,17
Ventilación de espacios	18	1,2	0,78	1,5	27,7	18	1	1	0,85	0,85	0,85	23,54
Ventiladores cocina	2	2,5	0,7	3,6	7,1	2	1	1	0,85	0,85	0,85	6,07
				Total	76,2						Total	64,78
7. AUXILIARES DE CUBIERTA												
Molinetes	2	26,1	0,9	29,0	58,0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00
Grúas cubierta de trabajo	3	10	-	10,0	30,0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00
				Total	88,0						Total	0,00
8. SERVICIO DE SENTINAS												
Bomba de sentinas	4	4	0,82	4,9	19,5	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00
				Total	19,5						Total	0,00
9. SERVICIO DE LASTRE												
Bomba de lastre	2	2,35	0,8	2,9	5,9	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00
				Total	5,9						Total	0,00

10. SERVICIO SANITARIO												
Bombas de suministro	2	3	0,81	3,7	7,4	2	1	1	0,9	0,90	0,90	6,67
Bomba de recirculación de agua fría	1	0,13	0,65	0,2	0,2	1	1	0,83	0,85	0,71	0,71	0,14
Bomba de recirculación de agua caliente	1	0,08	0,65	0,1	0,1	1	1	0,83	0,85	0,71	0,71	0,09
Calentador	1	40	-	40,0	40,0	1	1	0,83	0,95	0,79	0,79	31,67
Planta TAR	1	2	-	2,0	2,0	1	1	0,75	0,9	0,68	0,68	1,35
Generador A.D.	1	3	-	3,0	3,0	1	1	0,5	0,9	0,45	0,45	1,35
				Total	52,7						Total	41,26
11. SERVICIO CONTRA INCENDIO												
Bombas CI general	3	15	0,85	17,6	52,9	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00
Bomba CI CCMM	3	1	0,78	1,3	3,8	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00
Bombas CI Helicubierta	3	6,6	0,82	8,0	24,1	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00
			Total		80,9						Total	0,00
12. A/C												
Compresores de A/C	1	21	0,8	26,3	26,3	1	1	0,75	0,9	0,68	0,68	17,72
			Total		26,3						Total	17,72
13. EQUIPOS DE FONDA Y HOTEL												
Cocina	2	7	-	7,0	14,0	2	1	0,67	0,85	0,57	0,57	7,93
Incinerador	1	12,7	-	12,7	12,7	1	1	0,67	0,85	0,57	0,57	7,20
Horno	1	3	-	3,0	3,0	1	1	0,17	0,85	0,14	0,14	0,43
Pelapatatas	1	0,5	-	0,5	0,5	1	1	0,13	0,85	0,11	0,11	0,05
Lavavajillas	1	3	-	3,0	3,0	1	1	0,5	0,85	0,43	0,43	1,28
Microondas	2	2	-	2,0	4,0	2	1	0,75	0,85	0,64	0,64	2,55
Cafetera	2	2	-	2,0	4,0	2	1	0,75	0,85	0,64	0,64	2,55
Freidora	1	4,5	-	4,5	4,5	1	1	0,33	0,85	0,28	0,28	1,28
Frigorífico	2	1,5	-	1,5	3,0	2	1	1	0,85	0,85	0,85	2,55
Trituradora de basura	1	1	-	1,0	1,0	1	1	0,75	0,85	0,64	0,64	0,64
Lavadora	3	2,5	-	2,5	7,5	3	1	0,75	0,85	0,64	0,64	4,78
Secadora	3	2,5	-	2,5	7,5	3	1	0,75	0,85	0,64	0,64	4,78
Compresores gambuza refrigerada	1	10	-	10,0	10,0	1	1	1	0,85	0,85	0,85	8,50
Máquina de planchar	1	5	-	5,0	5,0	1	1	0,67	0,85	0,57	0,57	2,83
Ascensor	1	6	-	6,0	6,0	1	1	0,75	0,85	0,64	0,64	3,83
TV	19	0,3	-	0,3	5,7	19	1	0,75	0,85	0,64	0,64	3,63
			Total		91,4						Total	54,80
14. EQUIPOS DE NAVEGACIÓN Y COMUNICACIONES												
Equipos de radio	1	4	-	4,0	4,0	1	1	0,75	0,9	0,68	0,68	2,70
Equipos y ayudas a la navegación	1	8	-	8,0	8,0	1	1	1	0,9	0,90	0,90	7,20
			Total		12,0						Total	9,90
15. ALUMBRADO												
Alumbrado exterior	1	13	-	13,0	13,0	1	1	1	0,9	0,90	0,90	11,70
Alumbrado interior	1	10,93	-	10,9	10,9	1	1	1	0,9	0,90	0,90	9,84
Alumbrado de emergencia	1	13,90	-	13,9	13,9	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00
			Total		23,9						Total	21,54

4.2.2. Condición de operaciones científicas

EQUIPO	Potencia unitaria (kW)				Total (N x P Abs.)	OPERACIONES CIENTÍFICAS						
	N	Útil	η_e	P Abs.		Nº oper	kn	ks	kr	krs	ku	Ptot
1. SERVICIO DE PROPULSIÓN Y GOBIERNO												
AziPODs	2	1000	0,92	1087,0	2173,9	2	1	1	0,10	0,10	0,10	217,39
Hélice transversal proa	1	250	0,9	277,8	277,8	1	1	0,25	1	0,25	0,25	69,44
				Total	2451,7						Total	286,84
2. SERVICIO DE COMBUSTIBLE												
Bomba de trasiego	2	1,5	0,82	1,8	3,7	1	0,5	0,17	0,85	0,14	0,07	0,26
Purificadora de combustible	2	1,5	0,82	1,8	3,7	1	0,5	0,17	0,85	0,14	0,07	0,26
Bomba de alimentación	2	0,4	0,7	0,6	1,1	1	0,5	0,17	0,7	0,12	0,06	0,07
				Total	8,5						Total	0,58
3. SERVICIO DE LUBRICACIÓN												
Bomba de lubricación	2	7,8	0,85	9,2	18,4	1	0,5	0,17	0,85	0,14	0,07	1,30
Purificadora de aceite	2	2	0,75	2,7	5,3	1	0,5	0,25	0,9	0,23	0,11	0,60
				Total	23,7						Total	1,90
4. SERVICIO DE REFRIGERACIÓN												
Bomba de refrigeración de HT	2	3,3	0,87	3,8	7,6	1	0,5	1	0,9	0,90	0,45	3,41
Bomba de refrigeración de LT	2	3,95	0,87	4,5	9,1	1	0,5	1	0,9	0,90	0,45	4,09
Pre calentador sistema de HT	2	28	0,9	31,1	62,2	1	0,5	1	0,9	0,90	0,45	28,00
Bomba de refrigeración de agua salada	2	5,75	0,88	6,5	13,1	1	0,5	1	0,9	0,90	0,45	5,88
				Total	92,0						Total	41,38
5. SERVICIO DE AIRE DE ARRANQUE												
Compresores	2	2,7	0,83	3,3	6,5	1	0,5	0,5	0,9	0,45	0,23	1,46
				Total	6,5						Total	1,46
6. SERVICIO DE VENTILACIÓN												
Ventiladores CCMM	2	18	0,87	20,7	41,4	2	1	1	0,85	0,85	0,85	35,17
Ventilación de espacios	18	1,2	0,78	1,5	27,7	18	1	1	0,85	0,85	0,85	23,54
Ventiladores cocina	2	2,5	0,7	3,6	7,1	2	1	1	0,85	0,85	0,85	6,07
				Total	76,2						Total	64,78
7. AUXILIARES DE CUBIERTA												
Molinetes	2	26,1	0,9	29,0	58,0	2	1	0,04	0,95	0,04	0,04	2,30
Grúas cubierta de trabajo	3	10	-	10,0	30,0	3	1	0,13	0,9	0,11	0,11	3,38
				Total	88,0						Total	5,67
8. SERVICIO DE SENTINAS												
Bomba de sentinas	4	4	0,82	4,9	19,5	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00
				Total	19,5						Total	0,00
9. SERVICIO DE LASTRE												
Bomba de lastre	2	2	0,8	2,5	5,0	1	0,5	0,25	0,85	0,21	0,11	0,53
				Total	5,0						Total	0,53

10. SERVICIO SANITARIO												
Bombas de suministro	2	3	0,81	3,7	7,4	2	1	1	0,9	0,90	0,90	6,67
Bomba de recirculación de agua fría	1	0,13	0,65	0,2	0,2	1	1	0,83	0,85	0,71	0,71	0,14
Bomba de recirculación de agua caliente	1	0,08	0,65	0,1	0,1	1	1	0,83	0,85	0,71	0,71	0,09
Calentador	1	40	-	40,0	40,0	1	1	0,83	0,95	0,79	0,79	31,67
Planta TAR	1	2	-	2,0	2,0	1	1	0,75	0,9	0,68	0,68	1,35
Generador A.D.	1	3	-	3,0	3,0	1	1	0,5	0,9	0,45	0,45	1,35
				Total	52,7						Total	41,26
11. SERVICIO CONTRA INCENDIO												
Bombas CI general	3	15	0,85	17,6	52,9	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00
Bomba CI CCMM	3	1	0,78	1,3	3,8	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00
Bombas CI Helicubierta	3	6,6	0,82	8,0	24,1	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00
			Total		80,9						Total	0,00
12. A/C												
Compresores de A/C	1	21	0,8	26,3	26,3	1	1	0,75	0,9	0,68	0,68	17,72
			Total		26,3						Total	17,72
13. EQUIPOS DE FONDA Y HOTEL												
Cocina	2	7	-	7,0	14,0	2	1	0,67	0,85	0,57	0,57	7,93
Incinerador	1	12,7	-	12,7	12,7	1	1	0,67	0,85	0,57	0,57	7,20
Horno	1	3	-	3,0	3,0	1	1	0,17	0,85	0,14	0,14	0,43
Pelapatatas	1	0,5	-	0,5	0,5	1	1	0,13	0,85	0,11	0,11	0,05
Lavavajillas	1	3	-	3,0	3,0	1	1	0,5	0,85	0,43	0,43	1,28
Microondas	2	2	-	2,0	4,0	2	1	0,75	0,85	0,64	0,64	2,55
Cafetera	2	2	-	2,0	4,0	2	1	0,75	0,85	0,64	0,64	2,55
Freidora	1	4,5	-	4,5	4,5	1	1	0,33	0,85	0,28	0,28	1,28
Frigorífico	2	1,5	-	1,5	3,0	2	1	1	0,85	0,85	0,85	2,55
Trituradora de basura	1	1	-	1,0	1,0	1	1	0,75	0,85	0,64	0,64	0,64
Lavadora	3	2,5	-	2,5	7,5	3	1	0,75	0,85	0,64	0,64	4,78
Secadora	3	2,5	-	2,5	7,5	3	1	0,75	0,85	0,64	0,64	4,78
Compresores gambuza refrigerada	1	10	-	10,0	10,0	1	1	1	0,85	0,85	0,85	8,50
Máquina de planchar	1	5	-	5,0	5,0	1	1	0,67	0,85	0,57	0,57	2,83
Ascensor	1	6	-	6,0	6,0	1	1	0,75	0,85	0,64	0,64	3,83
TV	19	0,3	-	0,3	5,7	19	1	0,75	0,85	0,64	0,64	3,63
			Total		91,4						Total	54,80
14. EQUIPOS DE NAVEGACIÓN Y COMUNICACIONES												
Equipos de radio	1	4	-	4,0	4,0	1	1	0,75	0,9	0,68	0,68	2,70
Equipos y ayudas a la navegación	1	8	-	8,0	8,0	1	1	1	0,9	0,90	0,90	7,20
			Total		12,0						Total	9,90
15. ALUMBRADO												
Alumbrado exterior	1	13	-	13,0	13,0	1	1	1	0,9	0,90	0,90	11,70
Alumbrado interior	1	10,93	-	10,9	10,9	1	1	1	0,9	0,90	0,90	9,84
Alumbrado de emergencia	1	13,90	-	13,9	13,9	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00
			Total		23,9						Total	21,54

4.2.3. Condición de maniobra

EQUIPO	Potencia unitaria (kW)				Total (N x P Abs.)	MANIOBRA							
	N	Útil	η_e	P Abs.		Nº oper	kn	ks	kr	krs	ku	Ptot	
1. SERVICIO DE PROPULSIÓN Y GOBIERNO													
AziPODs	2	1000	0,92	1087,0	2173,9	1	0,5	0,25	0,25	0,06	0,03	67,93	
Hélice transversal proa	1	250	0,9	277,8	277,8	1	1	0,25	1	0,25	0,25	69,44	
				Total	2451,7							Total	137,38
2. SERVICIO DE COMBUSTIBLE													
Bomba de trasiego	2	1,5	0,82	1,8	3,7	1	0,5	0,17	0,85	0,14	0,07	0,26	
Purificadora de combustible	2	1,5	0,82	1,8	3,7	1	0,5	0,17	0,85	0,14	0,07	0,26	
Bomba de alimentación	2	0,4	0,7	0,6	1,1	1	0,5	0,17	0,7	0,12	0,06	0,07	
				Total	8,5							Total	0,58
3. SERVICIO DE LUBRICACIÓN													
Bomba de lubricación	2	7,8	0,85	9,2	18,4	1	0,5	0,17	0,85	0,14	0,07	1,30	
Purificadora de aceite	2	2	0,75	2,7	5,3	1	0,5	0,25	0,9	0,23	0,11	0,60	
				Total	23,7							Total	1,90
4. SERVICIO DE REFRIGERACIÓN													
Bomba de refrigeración de HT	2	3,3	0,87	3,8	7,6	1	0,5	1	0,9	0,90	0,45	3,41	
Bomba de refrigeración de LT	2	3,95	0,87	4,5	9,1	1	0,5	1	0,9	0,90	0,45	4,09	
Pre calentador sistema de HT	2	28	0,9	31,1	62,2	1	0,5	1	0,9	0,90	0,45	28,00	
Bomba de refrigeración de agua salada	2	5,75	0,88	6,5	13,1	1	0,5	1	0,9	0,90	0,45	5,88	
				Total	92,0							Total	41,38
5. SERVICIO DE AIRE DE ARRANQUE													
Compresores	2	2,7	0,83	3,3	6,5	1	0,5	0,5	0,9	0,45	0,23	1,46	
				Total	6,5							Total	1,46
6. SERVICIO DE VENTILACIÓN													
Ventiladores CCMM	2	18	0,87	20,7	41,4	2	1	1	0,85	0,85	0,85	35,17	
Ventilación de espacios	18	1,2	0,78	1,5	27,7	18	1	1	0,85	0,85	0,85	23,54	
Ventiladores cocina	2	2,5	0,7	3,6	7,1	2	1	1	0,85	0,85	0,85	6,07	
				Total	76,2							Total	64,78
7. AUXILIARES DE CUBIERTA													
Molinetes	2	26,1	0,9	29,0	58,0	2	1	0,04	0,95	0,04	0,04	2,30	
Grúas cubierta de trabajo	3	10	-	10,0	30,0	0	0	0,00	0	0,00	0,00	0,00	
				Total	88,0							Total	2,30
8. SERVICIO DE SENTINAS													
Bomba de sentinas	4	4	0,82	4,9	19,5	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	
				Total	19,5							Total	0,00
9. SERVICIO DE LASTRE													
Bomba de lastre	2	2,35	0,8	2,9	5,9	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	
				Total	5,9							Total	0,00

10. SERVICIO SANITARIO												
Bombas de suministro	2	3	0,81	3,7	7,4	2	1	1	0,9	0,90	0,90	6,67
Bomba de recirculación de agua fría	1	0,13	0,65	0,2	0,2	1	1	0,83	0,85	0,71	0,71	0,14
Bomba de recirculación de agua caliente	1	0,08	0,65	0,1	0,1	1	1	0,83	0,85	0,71	0,71	0,09
Calentador	1	40	-	40,0	40,0	1	1	0,83	0,95	0,79	0,79	31,67
Planta TAR	1	2	-	2,0	2,0	1	1	0,75	0,9	0,68	0,68	1,35
Generador A.D.	1	3	-	3,0	3,0	1	1	0,5	0,9	0,45	0,45	1,35
				Total	52,7						Total	41,26
11. SERVICIO CONTRA INCENDIO												
Bombas CI general	3	15	0,85	17,6	52,9	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00
Bomba CI CCMM	3	1	0,78	1,3	3,8	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00
Bombas CI Helicubierta	3	6,6	0,82	8,0	24,1	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00
			Total		80,9						Total	0,00
12. A/C												
Compresores de A/C	1	21	0,8	26,3	26,3	1	1	0,75	0,9	0,68	0,68	17,72
			Total		26,3						Total	17,72
13. EQUIPOS DE FONDA Y HOTEL												
Cocina	2	7	-	7,0	14,0	2	1	0,67	0,85	0,57	0,57	7,93
Incinerador	1	12,7	-	12,7	12,7	1	1	0,67	0,85	0,57	0,57	7,20
Horno	1	3	-	3,0	3,0	1	1	0,17	0,85	0,14	0,14	0,43
Pelapatatas	1	0,5	-	0,5	0,5	1	1	0,13	0,85	0,11	0,11	0,05
Lavavajillas	1	3	-	3,0	3,0	1	1	0,5	0,85	0,43	0,43	1,28
Microondas	2	2	-	2,0	4,0	2	1	0,75	0,85	0,64	0,64	2,55
Cafetera	2	2	-	2,0	4,0	2	1	0,75	0,85	0,64	0,64	2,55
Freidora	1	4,5	-	4,5	4,5	1	1	0,33	0,85	0,28	0,28	1,28
Frigorífico	2	1,5	-	1,5	3,0	2	1	1	0,85	0,85	0,85	2,55
Trituradora de basura	1	1	-	1,0	1,0	1	1	0,75	0,85	0,64	0,64	0,64
Lavadora	3	2,5	-	2,5	7,5	3	1	0,75	0,85	0,64	0,64	4,78
Secadora	3	2,5	-	2,5	7,5	3	1	0,75	0,85	0,64	0,64	4,78
Compresores gambuza refrigerada	1	10	-	10,0	10,0	1	1	1	0,85	0,85	0,85	8,50
Máquina de planchar	1	5	-	5,0	5,0	1	1	0,67	0,85	0,57	0,57	2,83
Ascensor	1	6	-	6,0	6,0	1	1	0,75	0,85	0,64	0,64	3,83
TV	19	0,3	-	0,3	5,7	19	1	0,75	0,85	0,64	0,64	3,63
			Total		91,4						Total	54,80
14. EQUIPOS DE NAVEGACIÓN Y COMUNICACIONES												
Equipos de radio	1	4	-	4,0	4,0	1	1	0,75	0,9	0,68	0,68	2,70
Equipos y ayudas a la navegación	1	8	-	8,0	8,0	1	1	1	0,9	0,90	0,90	7,20
			Total		12,0						Total	9,90
15. ALUMBRADO												
Alumbrado exterior	1	13	-	13,0	13,0	1	1	1	0,9	0,90	0,90	11,70
Alumbrado interior	1	10,93	-	10,9	10,9	1	1	1	0,9	0,90	0,90	9,84
Alumbrado de emergencia	1	13,90	-	13,9	13,9	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00
			Total		23,9						Total	21,54

4.2.4. Condición de emergencia

EQUIPO	Potencia unitaria (kW)				Total (N x P Abs.)	EMERGENCIA						
	N	Útil	η_e	P Abs.		Nº oper	kn	ks	kr	krs	ku	Ptot
1. SERVICIO DE PROPULSIÓN Y GOBIERNO												
AziPODs	2	1000	0,92	1087,0	2173,9	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Hélice transversal proa	1	250	0,9	277,8	277,8	0	0	0,00	0	0,00	0,00	0,00
				Total	2451,7						Total	0,00
2. SERVICIO DE COMBUSTIBLE												
Bomba de trasiego	2	1,5	0,82	1,8	3,7	0	0	0,00	0	0,00	0,00	0,00
Purificadora de combustible	2	1,5	0,82	1,8	3,7	0	0	0,00	0	0,00	0,00	0,00
Bomba de alimentación	2	0,4	0,7	0,6	1,1	0	0	0,00	0	0,00	0,00	0,00
				Total	8,5						Total	0,00
3. SERVICIO DE LUBRICACIÓN												
Bomba de lubricación	2	7,8	0,85	9,2	18,4	0	0	0,00	0	0,00	0,00	0,00
Purificadora de aceite	2	2	0,75	2,7	5,3	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00
				Total	23,7						Total	0,00
4. SERVICIO DE REFRIGERACIÓN												
Bomba de refrigeración de HT	2	3,3	0,87	3,8	7,6	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00
Bomba de refrigeración de LT	2	3,95	0,87	4,5	9,1	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00
Pre calentador sistema de HT	2	28	0,9	31,1	62,2	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00
Bomba de refrigeración de agua salada	2	5,75	0,88	6,5	13,1	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00
				Total	92,0						Total	0,00
5. SERVICIO DE AIRE DE ARRANQUE												
Compresores	2	2,7	0,83	3,3	6,5	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00
				Total	6,5						Total	0,00
6. SERVICIO DE VENTILACIÓN												
Ventiladores CCMM	2	18	0,87	20,7	41,4	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00
Ventilación de espacios	18	1,2	0,78	1,5	27,7	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00
Ventiladores cocina	2	2,5	0,7	3,6	7,1	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00
				Total	76,2						Total	0,00
7. AUXILIARES DE CUBIERTA												
Molinetes	2	26,1	0,9	29,0	58,0	2	1	1,00	0,95	0,95	0,95	55,10
Grúas cubierta de trabajo	3	10	-	10,0	30,0	3	1	1,00	0,95	0,95	0,95	28,50
				Total	88,0						Total	83,60
8. SERVICIO DE SENTINAS												
Bomba de sentinas	4	4	0,82	4,9	19,5	4	1	0,5	0,9	0,45	0,45	8,78
				Total	19,5						Total	8,78
9. SERVICIO DE LASTRE												
Bomba de lastre	2	2,35	0,8	2,9	5,9	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00
				Total	5,9						Total	0,00

10. SERVICIO SANITARIO												
Bombas de suministro	2	3	0,81	3,7	7,4	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00
Bomba de recirculación de agua fría	1	0,13	0,65	0,2	0,2	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00
Bomba de recirculación de agua caliente	1	0,08	0,65	0,1	0,1	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00
Calentador	1	40	-	40,0	40,0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00
Planta TAR	1	2	-	2,0	2,0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00
Generador A.D.	1	3	-	3,0	3,0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00
				Total	52,7						Total	0,00
11. SERVICIO CONTRA INCENDIO												
Bombas CI general	3	15	0,85	17,6	52,9	2	0,67	1	0,95	0,95	0,63	33,53
Bomba CI CCMM	3	1	0,78	1,3	3,8	2	0,67	1	0,95	0,95	0,63	2,44
Bombas CI Helicubierta	3	6,6	0,82	8,0	24,1	2	0,67	1	0,95	0,95	0,63	15,29
			Total		80,9						Total	51,26
12. A/C												
Compresores de A/C	1	21	0,8	26,3	26,3	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00
			Total		26,3						Total	0,00
13. EQUIPOS DE FONDA Y HOTEL												
Cocina	2	7	-	7,0	14,0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00
Incinerador	1	12,7	-	12,7	12,7	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00
Horno	1	3	-	3,0	3,0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00
Pelapatatas	1	0,5	-	0,5	0,5	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00
Lavavajillas	1	3	-	3,0	3,0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00
Microondas	2	2	-	2,0	4,0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00
Cafetera	2	2	-	2,0	4,0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00
Freidora	1	4,5	-	4,5	4,5	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00
Frigorífico	2	1,5	-	1,5	3,0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00
Trituradora de basura	1	1	-	1,0	1,0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00
Lavadora	3	2,5	-	2,5	7,5	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00
Secadora	3	2,5	-	2,5	7,5	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00
Compresores gambuza refrigerada	1	10	-	10,0	10,0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00
Máquina de planchar	1	5	-	5,0	5,0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00
Ascensor	1	6	-	6,0	6,0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00
TV	19	0,3	-	0,3	5,7	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00
			Total		91,4						Total	0,00
14. EQUIPOS DE NAVEGACIÓN Y COMUNICACIONES												
Equipos de radio	1	4	-	4,0	4,0	1	1	1	0,9	0,90	0,90	3,60
Equipos y ayudas a la navegación	1	8	-	8,0	8,0	1	1	1	0,9	0,90	0,90	7,20
			Total		12,0						Total	10,80
15. ALUMBRADO												
Alumbrado exterior	1	13	-	13,0	13,0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00
Alumbrado interior	1	10,93	-	10,9	10,9	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00
Alumbrado de emergencia	1	13,90	-	13,9	13,9	1	1	1	0,9	0,90	0,90	12,51
			Total		23,9						Total	12,51

4.3. Resultados totales del balance eléctrico en cada condición

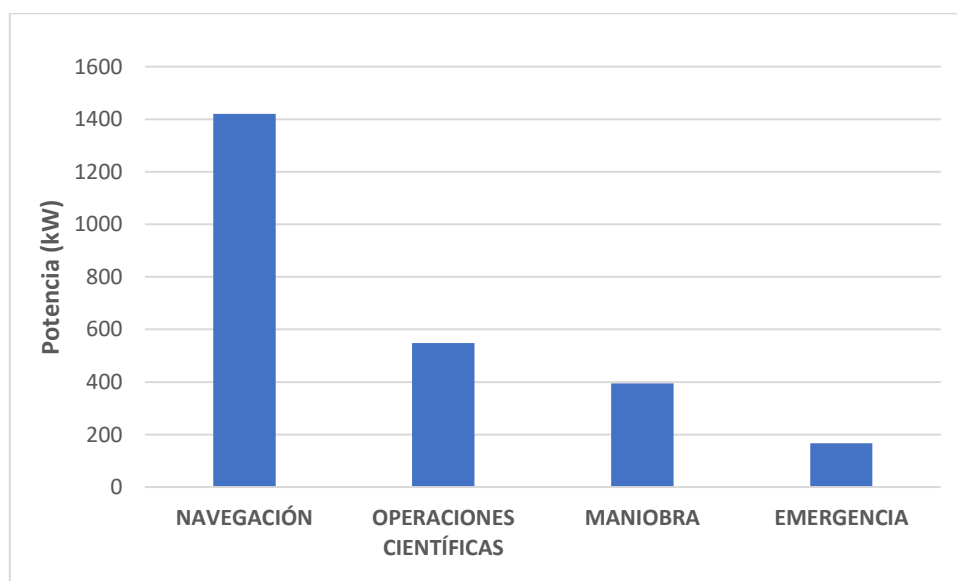
A continuación, mostramos los resultados totales de demanda de potencia eléctrica en kilovatios en cada una de las situaciones estudiadas.

Dado las características del buque, la situación más demandante de energía es la condición de Navegación, como veremos en la tabla de abajo.

SISTEMA	NAVEGACIÓN	OPERACIONES CIENTÍFICAS	MANIOBRA	EMERGENCIA
Propulsión y gobierno	1121,09	286,84	137,38	0,00
Combustible	1,17	0,58	0,58	0,00
Lubricación	3,80	1,90	1,90	0,00
Refrigeración	82,76	41,38	41,38	0,00
Aire de arranque	1,46	1,46	1,46	0,00
Ventilación	64,78	64,78	64,78	0,00
Auxiliares de cubierta	0,00	5,67	2,30	83,60
Sentinas	0,00	0,00	0,00	8,78
Lastre	0,00	0,53	0,00	0,00
Sanitario	41,26	41,26	41,26	0,00
Contraincendio	0,00	0,00	0,00	51,26
A/C	17,72	17,72	17,72	0,00
Fonda y hotel	54,80	54,80	54,80	0,00
Navegación y comunicaciones	9,90	9,90	9,90	10,80
Alumbrado	21,54	21,54	21,54	12,51
TOTAL (kW)	1420,28	548,37	395,01	166,95

Como podemos ver en la tabla, la demanda de energía mínima que tendrá el buque será en la condición de emergencia y la proporcionará el generador de emergencia.

Gráficamente se puede apreciar en la siguiente gráfica.



5. ELECCIÓN DEL GRUPO DIÉSEL-GENERADOR

Una vez que conocemos la demanda eléctrica a bordo para cada condición procedemos a elegir el grupo diésel-generator que montará a bordo el Mar Aurora.

El buque cuenta con propulsión eléctrica como hemos detallado anteriormente, por lo que dichos generadores alimentarán tanto a la propulsión del buque como al resto de consumidores calculados anteriormente.

5.1. Diésel-generator principal

El diésel-generator de la planta principal de energía es el grupo o grupos electrógenos que generarán energía eléctrica para los consumidores a bordo.

Cada grupo electrógeno constará del generador eléctrico y del motor que lo accione, y que, en este caso, será un motor dual fuel que podrá consumir tanto MDO como LNG en zonas de navegación ECA tal y como establecen las RPA.

Una vez hecho el balance eléctrico, observamos que la demanda más alta de energía se consumirá en la condición de navegación:

$$P_{Navegación} = 1420,28 \text{ kW}$$

El objetivo es que el % de MCR del grupo escogido esté entre el 70% y el 90%.

Previo a la elección de los motores generadores, se debe tener en cuenta diferentes consideraciones sobre el número a instalar:

- Espacio disponible en CCMM para ser ocupado. Este aspecto en nuestro buque oceanográfico es relevante ya que el espacio disponible para albergar tanto tanques de consumo como las máquinas en general es limitado.
- Dificultad de puesta en paralelo a mayor número de generadores.
- % MCR adecuado

Teniendo en cuenta otros buques similares en tamaño y características al Mar Aurora, se establece que el número de diésel-generadores a bordo será de 2.

Además, la clasificación medioambiental de emisiones del generador escogido, cumpliendo con lo establecido en las RPA, y dado que es un buque oceanográfico dedicado a la investigación, será Tier III, que es la clase más limpia ambientalmente hablando.

Consultando el catálogo de motores Wärtsilä para diésel-generadores duales, tenemos dos opciones a escoger.

5.1.1. Dos generadores Wärtsilä 6L20DF

El grupo diésel-generator Wärtsilä 6L20DF es un grupo electrógeno dual capaz de generar 960 kW de potencia a 50 Hz.

Estudiando las condiciones en la que trabajarán los diésel-generadores:

Condición	Potencia necesaria (kW)	Generadores 2 x 960 kW	Generadores encendidos	Potencia disponible	%MCR	% Reserva (pick up)
NAVEGACIÓN	1420,28	1920	2	1920	73,97%	26,03%
OPERACIONES CIENTÍFICAS	548,37	1920	1	960	57,12%	42,88%
MANIOBRA	395,01	1920	1	960	41,15%	58,85%

5.1.2. Dos generadores Wärtsilä 8L20DF

El grupo generador Wärtsilä 8L20DF es un grupo electrógeno dual, al igual que su hermano el 6L20DF solo que con dos cilindros más, capaz de generar 1280 kW de potencia a 50 Hz.

Estudiando las condiciones en la que trabajarán los diésel-generadores:

Condición	Potencia necesaria (kW)	Generadores 2 x 1280 kW	Generadores encendidos	Potencia disponible	%MCR	% Reserva (pick up)
NAVEGACIÓN	1420,28	2560	2	2560	55,48%	44,52%
OPERACIONES CIENTÍFICAS	548,37	2560	1	1280	42,84%	57,16%
MANIOBRA	395,01	2560	1	1280	30,86%	69,14%

5.2. Resultados diésel-generador principal

Atendiendo a los resultados anteriormente mostrados, se tiene:

Condición	Potencia necesaria (kW)	Generadores 2 x 960 kW	Generadores 2 x 1280 kW
NAVEGACIÓN	1420,28	73,97%	55,48%
OPERACIONES CIENTÍFICAS	548,37	57,12%	42,84%
MANIOBRA	395,01	41,15%	30,86%
% Reserva (pick-up)	-	26,03%	44,52%

La opción más favorable sería dos grupos diésel-generadores 6L20DF que aporten 960 kW cada uno, ya que, para la condición de navegación, condición más relevante y representativa del buque oceanográfico, el % de MCR es del 73,97 % con una reserva de pick-up del 26,03 %.

Sin embargo, también apreciamos la opción de dos grupos diésel-generadores 8L20DF que aportan 1280 kW cada uno, pero con un % de MCR en la condición de navegación muy bajo, del 55,48%.

Viendo la tabla resumen anterior con el estudio de cada condición y los posibles grupos electrógenos que se instalarán a bordo, la opción más favorable en cuanto a % de MCR en la condición más representativa será el grupo Wärtsilä 6L20DF.

De esta manera, se obtiene un consumo de combustible óptimo, al trabajar el grupo electrógeno en el rango de valores del 70% al 90% de su MCR. De la otra manera, al tener porcentajes mucho más bajos, rondando el 55% el consumo de combustible se dispararía.

Además, si fallase alguno de ellos, podría llevarse a cabo la navegación utilizando un AziPOD para la propulsión, y el resto de la planta eléctrica sin que ésta se vea afectada en ningún grupo consumidor.

Por ello, el grupo escogido será el **Wärtsilä 6L20DF de 960 kW a 50 Hz.**

5.3. Diésel-generador de emergencia

En cuanto a la elección del generador de emergencia se parte del cálculo anteriormente expuesto de la demanda eléctrica en situación de emergencia y que es de 167 kW.

Introduciéndonos en el catálogo de diésel-generadores de Volvo Penta:

	D13 MG HCM434F HE KC	D13 MG HCM534C HE KC	D13 MG HCM534D HE KC	D13 MG FE HCM434F HE KC	D13 MG FE HC
Detailed Segment	Marine Commercial				
Crankshaft Power kW	300				
Rated RPM	1,500				
Displacement litres	12.8				
Displacement cui	780				
Number of Cylinders	6				
Prime 50hz Electrical Power kVA	310	355	415	310	355
Prime 50hz Electrical Power kW	248	284	332	248	284
Prime 60hz Electrical Power kVA	375	426.25	475	375	426.25
Prime 60hz Electrical Power kW	300	341	380	300	341
Emission Compliance	EPA Tier 3, EU IWW, IMO Nox Tier II, CCNR Stage 2	EPA Tier 3, EU IWW, IMO Nox Tier II, CCNR Stage 2	EPA Tier 3, EU IWW, IMO Nox Tier II, CCNR Stage 2	IMO Nox Tier II	IMO Nox Tier I

Escogemos el D13 MG HCM434F HE KC de 310 kVA con una potencia eléctrica nominal entregada de 248 kW.



Ilustración 5: Volvo Penta D13 MG HCM434F HE KC

De esta manera, el % de MCR que tendrá el generador en la condición de emergencia será:

$$\% MCR = \frac{166,95}{248} = 67,32\%$$

En el anexo podemos consultar el catálogo de este diésel-generador.

En cuanto al lugar donde se va a emplazar el generador de emergencia, está detallado en el Cuaderno 7: "Disposición general", no obstante destacar que estará en la cubierta principal en un local con acceso desde el exterior y debidamente ventilado contiguo al guardacalor.

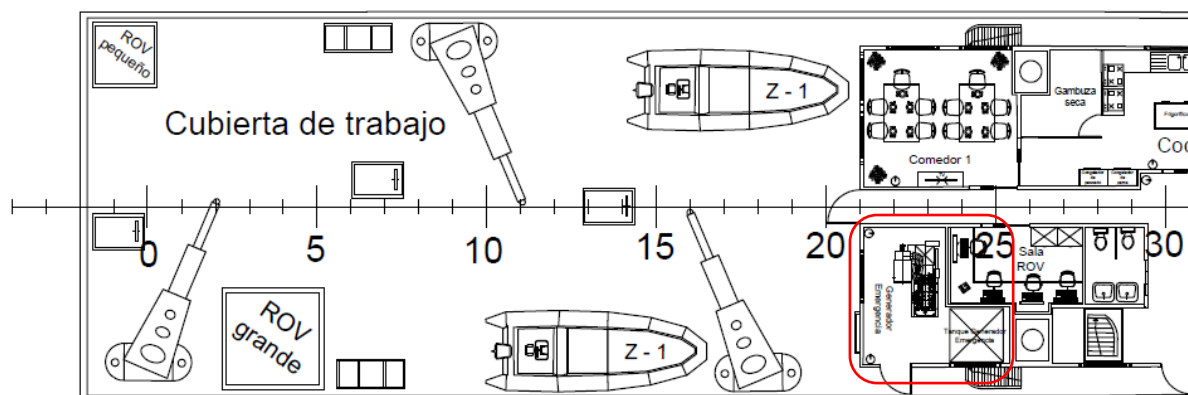


Ilustración 6: posición del generador de emergencia

Dentro del local se dispondrá del tanque de combustible del generador de emergencia y que abastecerá a éste en caso de dicha de condición.

El consumo del generador es de 206 g/kWh por lo que la capacidad del tanque será:

$$Consumo_{MFO} = C_e \times PS \times t_{nav} \times 10^{-6}$$

Donde:

- C_e es el consumo específico del motor (g/kWh) detallado anteriormente
- PS es la potencia del motor (kW). 248 kW
- t_{nav} es el tempo de navegación ininterrumpida (h). 18 horas

Con todos los datos, el consumo de combustible será de:

$$Consumo = 0,92 t$$

Sabiendo que la densidad del combustible utilizado está en torno a las 0,85 t/m³, el volumen total ocupado por el combustible será de:

$$Volumen combustible = 1,1 m^3$$

6. DIAGRAMA UNIFILAR

A continuación, en la página siguiente, mostramos el diagrama unifilar del buque. Es una representación gráfica de la planta eléctrica del mismo en la que podemos observar los generadores a bordo y los diferentes consumidores en función de su tensión de alimentación.

Los servicios se pueden clasificar en:

➤ Servicios esenciales

Los servicios esenciales son los equipos y servicios indispensables y esenciales para mantener la propulsión del buque. Estos servicios serán preferentes frente al resto de equipos y servicios del buque, y se encontrarán alimentados directamente desde los bornes de los generadores, sin imponer ningún tipo de interruptor automático.

Se dispone de esta forma para evitar posibles saltos de tensión que puedan provocar una caída en la energía del sistema.

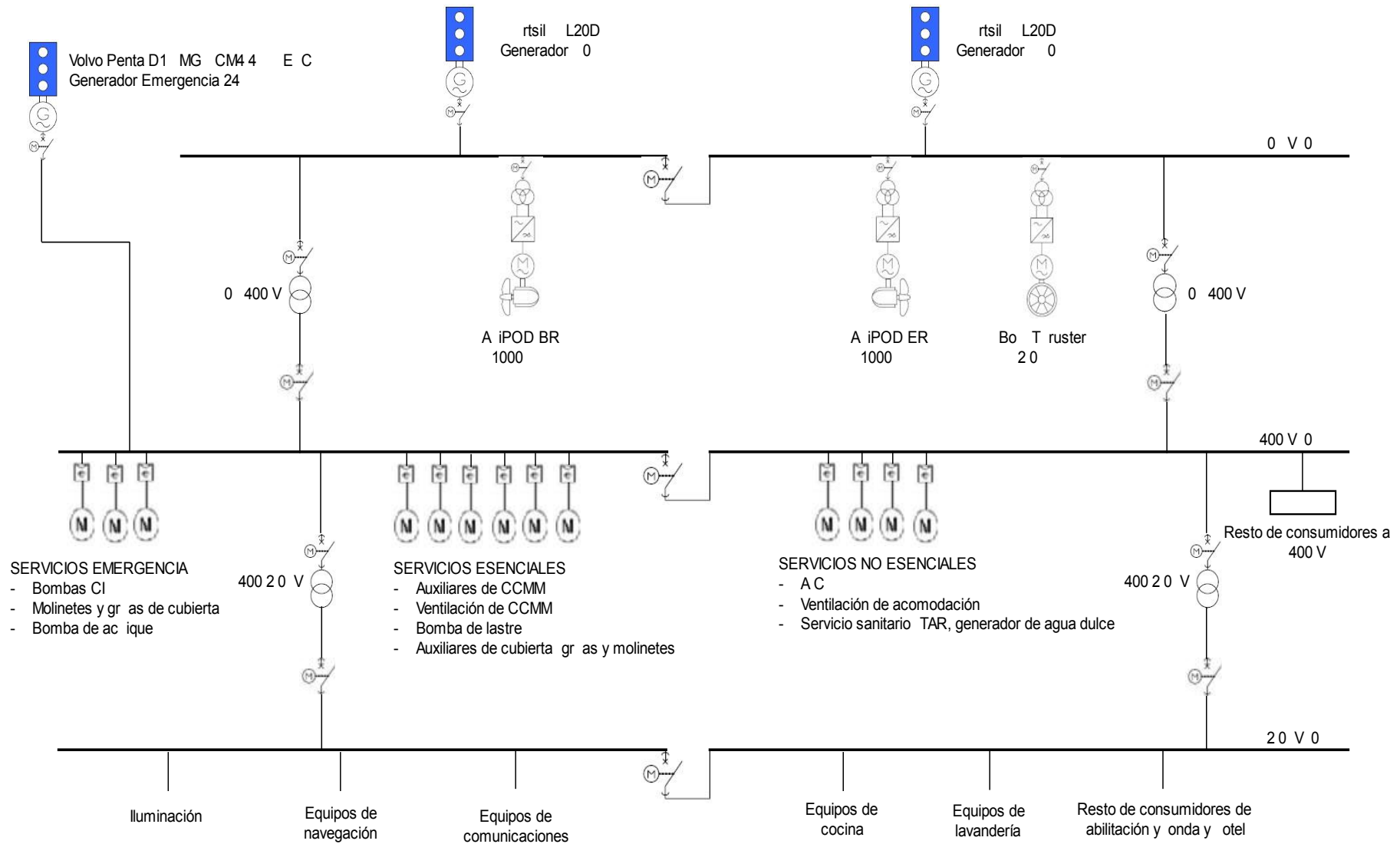
➤ Servicios no esenciales

Son el resto de los sistemas y equipos a bordo en los que un fallo en ellos no afecta a la navegabilidad del buque.

➤ Servicios de emergencia

Está compuesto por todos los equipos que deben estar operativos en caso de accidente, incendio o cualquier otra emergencia a bordo.

Es el caso del sistema CI, auxiliares de casco como los molinetes del sistema de amarre y fondeo o las grúas de cubierta.



7. CABLES

A lo largo de este punto, dimensionaremos los cables necesarios a bordo para conducir la corriente eléctrica originada en los diésel-generadores hasta los consumidores.

Los cables a bordo tendrán las siguientes características:

- ✓ 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. Además, presenta buenas propiedades mecánicas y eléctricas, admitiendo espesores menores al etileno reticulado.

En cuanto a la temperatura admisible, admite temperaturas de hasta 90 °C y su aislamiento puede incluso soportar hasta 10 °C más.

Además, destacar que los cables expuestos a la intemperie o en locales donde la humedad es elevada, deberán disponer de una cubierta estanca o impermeable.

Para el cálculo de las secciones, emplearemos las siguientes fórmulas:

$$I_{abs} = \frac{P_{abs} \times 1000}{\sqrt{3} \times V \times \cos \varphi}$$

$$I_{adm} = 1,25 \times I_{abs}$$

$$\Delta V = \frac{0,023 \times \sqrt{3} \times L \times I_{abs} \times 1,25 \times \cos \varphi}{S}$$

Además, la variación del voltaje máximo se considerará de un 2,5 % para una longitud máxima de cable de 25 metros.

- Para 690 V, se considera como máximo 17,25 V
- Para 400 V, se considera como máximo 10 V
- Para 230 V, se considera como máximo 5,75 V

Para determinar la sección del cable necesaria en función de la intensidad admisible se emplea la siguiente tabla:

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

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

Ilustración 7

Por último, cabe destacar lo siguiente:

- ✓ Aquellos cables, en los que se conecten motores, se sobredimensionan un 25 % para la fatiga térmica en el arranque.

Mostramos, a continuación, el sistema de cableado.

EQUIPO	Potencia unitaria (kW)				SISTEMA DE CABLEADO							
	N	Útil	η_e	P Abs.	V	cos (φ)	labs (A)	ladm (A)	S (mm ²)	Cable XLPE Nº cable/tipo	ΔV	Caída Tensión
1. SERVICIO DE PROPULSIÓN Y GOBIERNO												
AziPODs	2	1000	0,92	1087,0	690	0,9	1010,6	1804,6	120	8/3x120	7,5	1,09%
Hélice transversal proa	1	250	0,9	277,8	690	0,9	258,3	461,2	120	2/3x120	1,9	0,28%
2. SERVICIO DE COMBUSTIBLE												
Bomba de trasiego	2	1,5	0,82	1,8	400	0,9	2,9	5,2	1	1/3x1	2,6	0,66%
Purificadora de combustible	2	1,5	0,82	1,8	400	0,9	2,9	5,2	1	1/3x1	2,6	0,66%
Bomba de alimentación	2	0,4	0,7	0,6	400	0,9	0,9	1,6	1	1/3x1	0,8	0,21%
3. SERVICIO DE LUBRICACIÓN												
Bomba de lubricación	2	7,8	0,85	9,2	400	0,9	14,7	26,3	4	1/3x4	3,3	0,82%
Purificadora de aceite	2	2	0,75	2,7	400	0,9	4,3	7,6	1	1/3x1	3,8	0,96%
4. SERVICIO DE REFRIGERACIÓN												
Bomba de refrigeración de HT	2	3,3	0,87	3,8	400	0,9	6,1	10,9	1	1/3x1	5,5	1,36%
Bomba de refrigeración de LT	2	3,95	0,87	4,5	400	0,9	7,3	13,0	1	1/3x1	6,5	1,63%
Pre calentador sistema de HT	2	28	0,9	31,1	400	0,9	49,9	89,1	35	1/3x35	1,3	0,32%
Bomba de refrigeración de agua salada	2	5,75	0,88	6,5	400	0,9	10,5	18,7	2,5	1/3x2,5	3,8	0,94%
5. SERVICIO DE AIRE DE ARRANQUE												
Compresores	2	2,7	0,83	3,3	400	0,9	5,2	9,3	1	1/3x1	4,7	1,17%
6. SERVICIO DE VENTILACIÓN												
Ventiladores CCMM	2	18	0,87	20,7	400	0,9	33,2	59,3	16	1/3x16	1,9	0,46%
Ventilación de espacios	18	1,2	0,78	1,5	400	0,9	2,5	4,4	1	1/3x1	2,2	0,55%
Ventiladores cocina	2	2,5	0,82	3,0	400	0,9	4,9	8,7	1	1/3x1	4,4	1,10%
7. AUXILIARES DE CUBIERTA												
Molinetes	2	26,1	0,9	29,0	400	0,9	46,5	83,1	25	1/3x25	1,7	0,42%
Grúas cubierta de trabajo	3	10	-	10,0	400	0,9	16,0	28,6	6	6/3x6	2,4	0,60%
8. SERVICIO DE SENTINAS												
Bomba de sentinas	4	4	0,82	4,9	400	0,9	7,8	14,0	1,5	1/3x1,5	4,7	1,17%
9. SERVICIO DE LASTRE												
Bomba de lastre	2	2,35	0,8	2,9	400	0,9	4,7	8,4	1	1/3x1	4,2	1,06%

10. SERVICIO SANITARIO												
Bombas de suministro	2	3	0,81	3,7	400	0,9	5,9	10,6	1	1/3x1	5,3	1,33%
Bomba de recirculación de agua fría	1	0,13	0,65	0,2	400	0,9	0,3	0,6	1	1/3x1	0,3	0,07%
Bomba de recirculación de agua caliente	1	0,08	0,65	0,1	400	0,9	0,2	0,4	1	1/3x1	0,2	0,04%
Calentador	1	40	-	40,0	400	0,9	64,2	114,6	50	1/3x50	1,2	0,29%
Planta TAR	1	2	-	2,0	400	0,9	3,2	5,7	1	1/3x1	2,9	0,72%
Generador A.D.	1	3	-	3,0	400	0,9	4,8	8,6	1	1/3x1	4,3	1,08%
11. SERVICIO CONTRA INCENDIO												
Bombas CI general	3	15	0,85	17,6	400	0,9	28,3	50,5	16	1/3x16	1,6	0,40%
Bomba CI CCMM	3	1	0,78	1,3	400	0,9	2,1	3,7	1	1/3x1	1,8	0,46%
Bombas CI Helicubierta	3	6,6	0,82	8,0	400	0,9	12,9	23,1	4	1/3x4	2,9	0,72%
12. A/C												
Compresores de A/C	1	21	0,8	26,3	400	0,9	42,1	75,2	25	1/3x25	1,5	0,38%
13. EQUIPOS DE FONDA Y HOTEL												
Cocina	2	7	-	7,0	230	0,8	22,0	39,2	10	1/3x10	1,8	0,76%
Incinerador	1	12,7	-	12,7	230	0,8	39,8	71,2	25	1/3x25	1,3	0,55%
Horno	1	3	-	3,0	230	0,8	9,4	16,8	2,5	1/3x2,5	3,0	1,30%
Pelapatatas	1	0,5	-	0,5	230	0,8	1,6	2,8	1	1/3x1	1,3	0,54%
Lavavajillas	1	3	-	3,0	230	0,8	9,4	16,8	2,5	1/3x2,5	3,0	1,30%
Microondas	2	2	-	2,0	230	0,8	6,3	11,2	1	1/3x1	5,0	2,17%
Cafetera	2	2	-	2,0	230	0,8	6,3	11,2	1	1/3x1	5,0	2,17%
Freidora	1	4,5	-	4,5	230	0,8	14,1	25,2	4	1/3x4	2,8	1,22%
Frigorífico	2	1,5	-	1,5	230	0,8	4,7	8,4	1	1/3x1	3,8	1,63%
Trituradora de basura	1	1	-	1,0	230	0,8	3,1	5,6	1	1/3x1	2,5	1,09%
Lavadora	3	2,5	-	2,5	230	0,8	7,8	14,0	1,5	1/3x1,5	4,2	1,81%
Secadora	3	2,5	-	2,5	230	0,8	7,8	14,0	1,5	1/3x1,5	4,2	1,81%
Compresores gambuza refrigerada	1	10	-	10,0	230	0,8	31,4	56,0	16	1/3x16	1,6	0,68%
Máquina de planchar	1	5	-	5,0	230	0,8	15,7	28,0	4,0	1/3x4	3,1	1,36%
Ascensor	1	6	-	6,0	230	0,8	18,8	33,6	6	1/3x6	2,5	1,09%
TV	19	0,3	-	0,3	230	0,8	0,9	1,7	1,0	1/3x1	0,8	0,33%
14. EQUIPOS DE NAVEGACIÓN Y COMUNICACIONES												
Equipos de radio	1	4	-	4,0	230	0,9	11,2	19,9	2,5	1/3x2,5	4,0	1,74%
Equipos y ayudas a la navegación	1	8	-	8,0	230	0,9	22,3	39,8	10	1/3x10	2,0	0,87%
15. ALUMBRADO												
Alumbrado exterior	1	13,00	-	13,0	230	0,9	36,3	64,7	16	1/3x16	2,0	0,88%
Alumbrado interior	1	10,93	-	10,9	230	0,9	30,5	54,4	16	1/3x16	1,7	0,74%
Alumbrado de emergencia	1	13,90	-	13,9	230	0,9	38,8	69,2	25	1/3x25	1,4	0,60%

7.1. Intensidad de corte de los interruptores automáticos

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

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

Donde:

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

Por lo tanto, si la potencia activa de los generadores instalados es de 960 kW:

$$S = \frac{P}{\cos \varphi} = \frac{1280}{0,8} = 1200 \text{ kVA}$$

Por lo que se obtiene una I_g :

$$I_g = 1,004 \text{ kA}$$

A ello hay que añadirle la reactancia transitoria, que para el caso estudiado ha de tener un valor del 16%. Además, se debe considerar la existencia de dos generadores:

$$I_{cu} > I_{kg} = \frac{1,004 \times 100}{16} \times (2 - 1)$$

$$I_{cu} > 6,27 \text{ kA}$$

Se escogen interruptores automáticos de ABB Tmax XT de hasta 1600 A con el poder de corte anteriormente expuesto.

8. BIBLIGRAFÍA

- Apuntes de asignatura “Proyecto de buques y arte actos marinos II”, Vicente Día Casás, Basilio Puente Varela, Javier Bouza Fernández, Ingeniería Naval y Oceánica, Universidade da Coruña, Escola Politécnica Superior.
- Apuntes de asignatura “Sistemas Eléctricos y Electrónicos del Buque”, Javier Bou a Fernández, Ingeniería Naval y Oceánica, Universidade da Coruña, Escola Politécnica Superior.
- Páginas web
 - <https://www.volvopenta.com/marine/products/marine-genset/>
 - <https://www.wartsila.com/marine/engine-configurator>