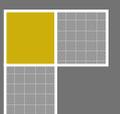


Diseño de la Instalación Eléctrica de un Petrolero para Transporte de Crudo

Autor: Iván Peral Pérez
Director: Ricard Bosch Tous
Abril 2013



Índice

1. Introducción	3
1.1 Objetivo	
2. Especificaciones de proyecto	4
3. Normativa aplicable	5
4. Definición de la planta eléctrica	6
4.1 Tipo de corriente	
4.2 Frecuencia eléctrica	
4.3 Tensión eléctrica	
4.4 Régimen de neutro	
5. Estudio de los consumidores de energía eléctrica a bordo	8
6. Balance Eléctrico de la Instalación	10
7. Cálculo y selección de los generadores eléctricos	16
8. Cuadro eléctrico principal	21
9. Cuadro eléctrico de emergencia	24
10. Transformadores y baterías	25
11. Conductores eléctricos	26
11.1 Embarrado cuadro principal	
11.2 Embarrado cuadro emergencia	
11.3 Cableado red eléctrica	
12. Esquema unifilar	39
13. Presupuesto	40
14. Bibliografía	49
15. Conclusiones	49
16. Planos	51

1. Introducción

El papel que juega la electricidad a bordo del buque moderno es fundamental e insustituible, donde es raro el servicio que de una u otra forma no hace uso de ella. El presente proyecto se plantea como un anteproyecto de la instalación eléctrica de un buque petrolero, destinado al transporte de crudo, como parte constituyente del proyecto integral de éste. Para ello se realiza un estudio de los consumidores eléctricos que se instalarán para determinar las necesidades de energía eléctrica que tendrá el buque a lo largo de su vida operativa, y con ello determinar los equipos necesarios para poder suplir estas necesidades.

Posteriormente, se plantea la problemática de cómo transportar y en qué condiciones la energía eléctrica que genera el buque hasta sus puntos de consumo, en las condiciones técnicas, de seguridad y económicas adecuadas. Para ello se aborda el estudio de los cuadros eléctricos, la aparamenta eléctrica y los conductores eléctricos.

Finalmente, se realiza un estudio económico de la instalación propuesta, pues el presupuesto es un factor determinante en el estudio de la viabilidad del proyecto del buque. En una fase de anteproyecto la obtención del presupuesto puede constituir la finalidad de éste.

No obstante, el diseño integral de la instalación eléctrica de un petrolero es una tarea que supera el alcance de este proyecto. Por ello, lo que aquí se expone se limita a la generación y transporte de electricidad sin entrar en el control, regulación ni señalización.

1.1 Objetivo

El objetivo del presente proyecto es definir la potencia y características técnicas de los generadores principales de un petrolero para transporte de crudo, determinar las características del cuadro eléctrico principal de la planta y diseñar la red de distribución para dar servicio a los diversos consumidores instalados a bordo. Como resultado de todo ello, se realizará el esquema unifilar de la instalación eléctrica.

Se pretende resolver los problemas de suministro de las diversas situaciones de consumo eléctrico que se puedan dar durante la explotación del buque.

2. Especificaciones de proyecto

Tipo de Buque: Petrolero de transporte de crudo

Peso Muerto: 200000 TPM

Capacidad: 230000 m3

Sociedad de Clasificación: Germanischer Lloyd

Velocidad: 14,5 nudos en pruebas a plena carga al 85% MCR

Sistema de Propulsión: Motor Diesel lento directamente acoplado y hélice de paso fijo

Tripulación: 25 personas

3. Normativa aplicable

Las Sociedades de Clasificación son organizaciones no gubernamentales que se encargan de analizar los procesos relativos al diseño, construcción, mantenimiento y desguace del buque (es decir durante toda su vida), para probar que cumplen con los estándares fijados por estas organizaciones. Estos procesos son certificados por un inspector que le otorga al buque (en sus distintos apartados) una serie de categorías en función de su diseño, su construcción y de estado, obteniendo un estatus que certifica su calidad.

Para el desarrollo del proyecto se ha utilizado la normativa de la Sociedad de Clasificación Germanischer Lloyd (de aquí en adelante será mencionada como GL), disponible en la web <http://www.gl-group.com/en/group/index.php> de forma gratuita. Los apartados de la normativa en este proyecto han sido los correspondientes al bloque de Instalaciones Eléctricas (Ubicado dentro de la normativa de la GL en el libro I – Ship Technology, Part 1 Seagoing Ships, Chapter 3 – Electrical Instalations).

Por otra parte, el convenio SOLAS (International Convention for the Safety of Life at Sea), es de aplicación, pero las reglas de la GL ya lo integra, por lo que no se hará más referencia a él a lo largo de este documento.

4. Definición de la planta eléctrica

4.1 Tipo de corriente

La corriente a bordo de buques mercantes es mayoritariamente alterna, existiendo muy pocas salvedades que requieran el empleo exclusivo de corriente continua. El empleo de corriente alterna viene justificado por:

- El control de los motores eléctricos con corriente alterna es realizable a través de electrónica de potencia, eliminando la necesidad de empleo de corriente continua para motores que precisen control de velocidad.
- Menor coste de compra y mantenimiento, peso y empacho de los generadores y motores eléctricos en su variante para corriente alterna.
- Mayor robustez y fiabilidad de los elementos instalados, lo que redundará en un menor coste de mantenimiento.
- Mayor disponibilidad comercial de equipos.
- Posibilidad de alimentar los sistemas del buque en puerto directamente de la red terrestre, sin necesidad de rectificar la corriente recibida.
- Permite el empleo de tensiones más elevadas, reduciéndose así las pérdidas en la red de distribución y el peso del cobre empleado a reducirse la sección necesaria.
- Las necesidades de corriente de corriente continua a bordo se suplen con una línea rectificadora a 24 voltios tomada de la red general. Mediante un juego de baterías, se elimina el rizado de tensión y se cubre los posibles fallos de suministro en la alimentación.
- El empleo de corriente alterna permite escalonar las tensiones empleadas mediante la instalación de transformadores.

Para maximizar los beneficios del uso de corriente alterna, sobre todo desde el punto de vista de la generación, la corriente generada a bordo será alterna trifásica de neutro aislado. Esta red del buque estará compuesta por:

- Planta Generadora: Donde la energía mecánica se transforma en energía eléctrica mediante generadores acoplables en paralelo según los requerimientos de energía en cada situación.
- Cuadros de Distribución Principal: Permite el accionamiento, acoplamiento y selección de los generadores a emplear en cada caso.
- Red de distribución: Permite el enlace del cuadro principal con los cuadros y subcuadros de distribución. Dentro de la red de distribución se dispondrá de una subred de fuerza para los consumidores principales y otra subred destinada al alumbrado, comunicaciones, sistemas de navegación y otros pequeños consumidores.
- Red de emergencia en caso de fallo de la red principal

4.2 Frecuencia eléctrica

La frecuencia de generación de la corriente eléctrica influye en los generadores, en la velocidad de giro de los motores eléctricos, su peso y empacho así como la geometría de los conductores (efecto skin a frecuencias elevadas). Sin embargo no se debe adoptar un valor arbitrario puesto que la frecuencia establecida determina la compatibilidad con equipos disponibles en el mercado y con redes externas.

Las frecuencias más extendidas son 60 Hz en América y 50 Hz en Europa. Por falta de datos, se asume en un principio un tráfico mayoritariamente europeo para el buque proyecto, lo que hace que la generación a bordo sea a 50 Hz.

Las redes de distribución a bordo transportarán corriente alterna a 50 Hz a los diferentes consumidores. Esto sólo se verá modificado en casos concretos de regulación de velocidad de algunos motores eléctricos, donde se empleará electrónica de potencia para variar la frecuencia, y en la red de corriente continua, que será alimentada a través de un rectificador con baterías.

4.3 Tensión eléctrica

Dentro de la red de distribución a bordo se suelen considerar dos subredes. Por un lado la de fuerza, que se encarga de los consumidores de mayor potencia, como los motores eléctricos de los diversos equipos a bordo. Por otro lado la red de alumbrado, que alimenta tanto el alumbrado interior como exterior, así como pequeños consumidores de la zona de habilitación y los sistemas electrónicos de navegación, control, etc.

Respecto a la red de fuerza, la tensión más utilizada es 400 V en Europa y 440V en América. Como ya se ha comentado anteriormente, la zona de operación más probable del buque es Europa, por lo que se opta por el primer valor, 400 V, que será más adecuado para su integración con equipos de tierra.

Para la red de alumbrado, el valor más usual es el de 230 V en monofásica. Para obtenerla se dispondrá de un transformador 400/230 V.

También se dispondrá de una red de corriente continua a 24 V que alimentará las luces de navegación, las luces de señales, los aparatos de navegación y comunicaciones y el motor de arranque del generador de emergencia. Se obtendrá a través de un rectificador y de baterías.

4.4 Régimen de neutro

GL establece que para buques tanque el régimen de neutro será aislado (IT). Ello implica el empleo de un controlador permanente de aislamiento que emita una señal visible y acústica cuando se produzca un defecto de aislamiento en alguna parte de la instalación eléctrica.

5. Estudio de los consumidores de energía eléctrica a bordo

Para la adecuada realización del balance eléctrico es necesario conocer todos los consumidores eléctricos que se van a instalar a bordo junto con sus características eléctricas, en especial la potencia consumida por éstos.

Al tratarse de un anteproyecto de la parte eléctrica del buque y no disponerse de las características técnicas de los diversos equipos, los valores de potencia de los consumidores a bordo se han obtenido por estimación y por comparación con datos de buques semejantes ya construidos.

Los distintos consumidores del buque se han clasificado en las siguientes categorías:

- Servicio de combustible
- Servicio de lubricación
- Sistema de refrigeración y agua salada
- Sistema de aire comprimido
- Servicio de ventilación
- Sistema generador de vapor
- Servicio de baldeo y contra incendios
- Servicio de sentinas y lastre
- Servicio de gobierno
- Otros consumidores de cámara de máquinas
- Servicios de la carga
- Servicios de cubierta
- Servicios de ayuda a la navegación
- Equipos y servicios de la habitación
- Iluminación

En la tabla 1, mostrada en la siguiente página, se relacionan los distintos consumidores de energía eléctrica que integran los diferentes servicios considerados, el número a instalar y la potencia eléctrica nominal unitaria consumida por cada uno.

	n	P (kW)		n	P(kW)
Servicio de Combustible			Servicio Baldeo y Contra Incendios		
Bombas de Trasiego de HFO	2	10,5	Bbas. Contra incendio	2	67,4
Bbas Alimentación Purificadoras HFO	2	3,5	Bba Emergencia Contra incendio	1	18,9
Purificadoras HFO	2	15,0	Bba Rociadores	1	15,0
Bbas Alimentación Purificadoras DO	2	4,0	Servicio de Sentinas y Lastre		
Purificadoras DO	1	8,0	Bbas de Sentina	2	53,3
Bbas Baja Combustible MP	2	2,0	Bba de Reachique	1	12,5
Bbas Alta Combustible MP	2	2,5	Bba Separador de Sentinas	1	1,0
Servicio de Lubricación			Separador de Sentinas	1	3,0
Bba de Trasiego	2	5,2	Bbas de Lastre	3	68,5
Bbas Aceite Cojinetes	2	53,0	Servicio de Gobierno		
Bbas Aceite Pistones	2	5,5	Servo del Timón	1	22,0
Purificadora de Aceite	1	8,0	Otros Consumidores de Cámara de Maquinas		
Sistema Refrigeración y AS			Equipos de Izado y Maniobra	1	15,0
Bbas de Agua Salada	2	63,6	Virador Motor Principal	1	6,6
Bba Agua Salada Puerto	1	22,0	Taller	1	15,0
Bbas Agua Dulce Baja Temperatura	2	60,5	Servicios de la Carga		
Bbas Agua Dulce Alta Temperatura	2	30,4	Equipos de Limpieza de los Tks.	15	5,0
Bba Agua Dulce Puerto	1	34,1	Generador de Gas Inerte	1	49,0
Sistema Aire comprimido			Servicios de Cubierta		
Compresores Principales	2	58,3	Molinete	2	100,0
Compresor Auxiliar	1	5,1	Chigres	7	64,5
Compresor de Servicio	1	4,4	Grúa Aprovisionamiento	2	10,2
Servicio de Ventilación			Grúa Manifold	2	30,0
Ventiladores de Cámara de Máquinas	6	39,7	Servicios de Ayuda a la Navegación		
Extractores de Cámara de Máquinas	4	49,0	Equipos de Navegación y Com.	1	25,0
Ventiladores Sala Purificadoras	2	10,4	Equipos y Servicios Habilitación		
Ventiladores Sala Compresores	2	2,0	Plta. de Tratto. de Aguas Residuales	1	8,5
Ventiladores Cámara de Bombas	3	52,6	Maquinaria Frigorífica Gambuzas	3	15,0
Aire Acondicionado	1	65	Electrodomésticos Cocina	1	20,0
Sistema Generador de Vapor			Equipo Lavandería	1	15,6
Bba Alimentación Agua Caldera	3	46,3	Tomas de corriente	1	300,0
Bba Al. Agua Caldera Gases de Exh.	1	6,3	Iluminación		
Bbas Extracción Condensados	2	62,0	Luces de Navegación	1	1,5
			Alumbrado Exterior	1	8,5
			Alumbrado Interior	1	45,5
			Iluminación de Emergencia	1	5,0

Tabla 1. Relación de Consumidores a Instalar

6. Balance Eléctrico de la Instalación

El balance eléctrico tiene como objetivo principal definir la planta de generación de energía eléctrica del buque a partir de un análisis de la demanda de dicha energía en las distintas situaciones que se presentan durante la explotación del mismo. A partir de este análisis se determina el número y potencia de los grupos generadores que han de instalarse en el buque.

Las situaciones de consumo eléctrico son específicas y particulares para cada tipo de buque y hay que definir las en cada caso. Las reglas de la GL establecen que se debe hacer un estudio para las situaciones navegación, maniobra, carga y descarga, estancia en puerto y emergencia. Así pues, el balance eléctrico se centra en las siguientes situaciones:

- Navegación: se incluyen en esta situación todos los servicios de navegación en condiciones normales.
- Maniobra: se incluyen en esta situación todos los servicios necesarios para las maniobras de atraque y desatraque. Es la situación en la que el consumo de energía suele ser mayor con respecto al resto de situaciones.
- Carga y descarga: se incluyen en esta situación todos los servicios necesarios para la maniobra de carga y descarga.
- Estancia en puerto: se incluyen los servicios en funcionamiento durante la estancia en puerto del buque.
- Emergencia: se incluyen los servicios de emergencia. Las reglas de la GL establecen que los servicios mínimos en situación de emergencia son:
 - Iluminación de emergencia
 - Luces de navegación
 - Comunicaciones interiores y exteriores, ayudas a la navegación, sistemas de alarma y control de incendios
 - Bomba contra incendios de emergencia
 - Sistema de rociadores
 - Bomba de achique
 - Servomotor

Para la elaboración del balance eléctrico se ha confeccionado una tabla de doble entrada en la que en las filas se disponen los distintos consumidores, agrupados según el criterio indicado en el apartado anterior, y en las columnas las distintas situaciones de consumo eléctrico. Para determinar la potencia demandada en cada situación de carga, se multiplica la potencia nominal de

cada consumidor (o grupo de consumidores) por un coeficiente de utilización (ku) que es igual al producto de otros dos denominados:

- Coeficiente de simultaneidad (kn) que refleja que en muchos casos existen equipos de reserva, fundamentalmente en los servicios esenciales. Es decir, indica la probabilidad de que dos o más consumidores funcionen simultáneamente. Por su carácter, para un equipo dado es igual para todas las situaciones de consumo eléctrico
- Coeficiente de servicio y régimen (ksr) que representa el grado de probabilidad de que una máquina esté trabajando a su potencia máxima. Como su nombre indica depende por tanto:
 - Del servicio del aparato (o conjunto) considerado que representa qué fracción del tiempo se espera que esté funcionando en esa situación de consumo eléctrico.
 - Del régimen. Indica cual es la fracción de potencia con respecto a la nominal previsible.

Para la elección del coeficiente ksr de los equipos en cada situación de consumo, se ha optado por la adopción de valores con saltos normalizados de 0, 0,2, 0,5, 0,8 y 1 a falta de otros datos.

Resumiendo, en cada situación de consumo eléctrico habrá para cada consumidor (o conjunto de éstos) una potencia demandada que será igual a:

$$P=P_n \cdot k_u = P_n \cdot k_n \cdot k_{sr}$$

La suma de todas las potencias de cada situación de consumo dará la potencia activa total a suministrar por la planta principal.

La determinación de la potencia aparente de los alternadores se realiza considerando un factor de potencia promedio de 0,8 (inductivo), valor ampliamente aceptado.

A continuación se presenta una tabla resumen del balance eléctrico (tabla 2) en la que se refleja la demanda de energía eléctrica en las situaciones de consumo eléctrico indicadas. El balance completo se muestra en las tablas 3.1 a 3.4.

	P (kW)	S (kVA)
Navegación	836,6	1045,8
Maniobra	1068,7	1335,9
Carga y Descarga	901,8	1127,2
Estancia en Puerto	436,1	545,1
Emergencia	140,7	175,9

Tabla 2 Resumen del Balance Eléctrico

BALANCE ELÉCTRICO														
		Navegación				Maniobra		C/D		Puerto		Emergencia		
	n	Pn (kW)	kn	ksr	P (kW)	ksr	P (kW)	ksr	P (kW)	ksr	P (kW)	kn	ksr	P (kW)
Servicio de Combustible														
Bombas de Trasiego de HFO	2	10,5	0,5	1	10,5	0,2	2,1	0,2	2,1	0,2	2,1	0	0	0,0
Bbas Alimentación Purificadoras HFO	2	3,5	1	1	7,0	1	7,0	0,2	1,4	0,2	1,4	0	0	0,0
Purificadoras HFO	2	15,0	1	1	30,0	1	30,0	0,2	6,0	0,2	6	0	0	0,0
Bbas Alimentación Purificadoras DO	2	4,0	0,5	0,2	0,8	1	4,0	0,2	0,8	0,2	0,8	0	0	0,0
Purificadoras DO	1	8,0	1	0,2	1,6	1	8,0	0,2	1,6	0,2	1,6	0	0	0,0
Bbas Baja Combustible MP	2	2,0	0,5	1	2,0	1	2,0	0,2	0,4	0,2	0,4	0	0	0,0
Bbas Alta Combustible MP	2	2,5	0,5	1	2,5	1	2,5	0,2	0,5	0,2	0,5	0	0	0,0
Servicio de Lubricación														
Bba de Trasiego	2	5,2	0,5	1	5,2	1	5,2	0,2	1,0	0,2	1,04	0	0	0,0
Bbas Aceite Cojinetes	2	53,0	0,5	1	53,0	1	53,0	0,2	10,6	0	0	0	0	0,0
Bbas Aceite Pistones	2	5,5	0,5	1	5,5	1	5,5	0,2	1,1	0	0	0	0	0,0
Purificadora de Aceite	1	8,0	1	0,5	4,0	1	8,0	0,2	1,6	0,2	1,6	0	0	0,0
Sistema Refrigeración y AS														
Bbas de Agua Salada	2	63,6	0,5	0,8	50,9	1	63,6	0	0,0	0	0	0	0	0,0
Bba Agua Salada Puerto	1	22,0	1	0	0,0	0	0,0	1	22,0	1	22	0	0	0,0
Bbas Agua Dulce Baja Temperatura	2	60,5	0,5	0,8	48,4	1	60,5	0,5	30,3	0	0	0	0	0,0
Bbas Agua Dulce Alta Temperatura	2	30,4	0,5	0,8	24,3	1	30,4	0	0,0	0	0	0	0	0,0
Bba Agua Dulce Puerto	1	34,1	1	0	0,0	0	0,0	1	34,1	0,5	17,05	0	0	0,0
Sistema Aire comprimido														
Compresores Principales	2	58,3	0,5	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0	0	0	0,0
Compresor Auxiliar	1	5,1	1	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0	1	0	0,0
Compresor de Servicio	1	4,4	1	0,5	2,2	1	4,4	1	4,4	0,2	0,88	0	0	0,0

Tabla 3.1 Balance Eléctrico

BALANCE ELÉCTRICO														
		Navegación				Maniobra		C/D		Puerto		Emergencia		
	n	Pn (kW)	kn	ksr	P (kW)	ksr	P (kW)	ksr	P (kW)	ksr	P (kW)	kn	ksr	P (kW)
Servicio de Ventilación														
Ventiladores de Cámara de Máquinas	6	39,7	0,7	1	159,6	1	159,6	0,5	79,8	0,5	79,797	0	0	0,0
Extractores de Cámara de Máquinas	4	49,0	0,5	1	98,0	1	98,0	0,5	49,0	0,5	49	0	0	0,0
Ventiladores Sala Purificadoras	2	10,4	0,5	1	10,4	1	10,4	0,5	5,2	0,5	5,2	0	0	0,0
Ventiladores Sala Compresores	2	2,0	0,5	1	2,0	1	2,0	0,5	1,0	0,5	1	0	0	0,0
Ventiladores Cámara de Bombas	3	52,6	1	0,2	31,6	0,2	31,6	1	157,8	0,2	31,56	0	0	0,0
Aire Acondicionado	1	65,0	0,5	0,8	26,0	0,8	26,0	0,8	26,0	0,8	26	0	0	0,0
Sistema Generador de Vapor														
Bba Alimentación Agua Caldera	3	46,3	0,7	0,2	18,6	0,8	74,5	0,8	74,5	0,2	18,6126	0	0	0,0
Bba Al. Agua Caldera Gases de Exh.	1	6,3	1	0,8	5,0	0,8	5,0	0,5	3,2	0,5	3,15	0	0	0,0
Bbas Extracción Condensados	2	62,0	0,5	0	0,0	0,8	49,6	0,8	49,6	0	0	0	0	0,0
Servicio Baldeo y Contra Incendios														
Bbas. Contra Incendio	2	67,4	0,5	0,2	13,5	0	0,0	0,2	13,5	0,2	13,48	0	0	0,0
Bba Emergencia Contra Incendio	1	18,9	1	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0	1	1	18,9
Bba Rociadores	1	15,0	1	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0	1	1	15,0
Servicio de Sentinas y Lastre														
Bbas de Sentina	2	53,3	2	0,2	42,6	0,2	42,6	0,2	42,6	0,2	42,64	0,5	1	53,3
Bba de Reachique	1	12,5	1	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0	0	0	0,0
Bba Separador de Sentinas	1	1,0	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,2	0,2	0,2	0,2	0	0	0,0
Separador de Sentinas	1	3,0	1	0,5	1,5	0,5	1,5	1	3,0	0,2	0,6	0	0	0,0
Bbas de Lastre	3	68,5	0,7	0,5	68,8	0,5	68,8	0,8	110,1	0	0	0	0	0,0
Servicio de Gobierno														
Servo del Timón	1	22,0	1	0,5	11,0	1	22,0	0	0,0	0	0	1	1	22,0

Tabla 3.2 Balance Eléctrico

BALANCE ELÉCTRICO														
			Navegación			Maniobra		C/D		Puerto		Emergencia		
	n	Pn (kW)	kn	ksr	P (kW)	ksr	P (kW)	ksr	P (kW)	ksr	P (kW)	kn	ksr	P (kW)
Otros Consumidores de Cámara de Máquinas														
Equipos de Izado y Maniobra	1	15,0	1	0	0,0	0	0,0	0,5	7,5	0	0	0	0	0,0
Virador Motor Principal	1	6,6	1	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0	0	0	0,0
Taller	1	15,0	1	0,2	3,0	0	0,0	0,2	3,0	0,2	3	0	0	0,0
Servicios de la Carga														
Equipos de Limpieza de los Tanques	15	5,0	0,5	0,2	7,5	0,5	18,8		0,0	0	0	0	0	0,0
Generador de Gas Inerte	1	49,0	1	0,2	9,8	0,2	9,8	1	49,0	0,2	9,8	0	0	0,0
Servicios de Cubierta														
Molinete	2	100,0	0,5	0	0,0	0,2	20,0	0	0,0	0	0	0	0	0,0
Chigres	7	64,5	0,5	0	0,0	0,2	45,2	0	0,0	0	0	0	0	0,0
Grúa Aprovisionamiento	2	10,2	0,5	0	0,0	0	0,0	0,2	2,0	0	0	0	0	0,0
Grúa Manifold	2	30,0	0,5	0	0,0	0	0,0	0,2	6,0	0	0	0	0	0,0
Servicios de Ayuda a la Navegación														
Equipos de Navegación y Comunicaciones	1	25,0	1	0,8	20,0	0,8	20,0	0,8	20,0	0,8	20	1	1	25,0

Tabla 3.3 Balance Eléctrico

BALANCE ELÉCTRICO														
			Navegación			Maniobra		C/D		Puerto		Emergencia		
	n	Pn (kW)	kn	ksr	P (kW)	ksr	P (kW)	ksr	P (kW)	ksr	P (kW)	kn	ksr	P (kW)
Equipos y Servicios Habilitación														
Planta de Tratamiento de Aguas Residuales	1	8,5	1	0,2	1,7	0,2	1,7	0,2	1,7	0,2	1,7	0	0	0,0
Maquinaria Frigorífica Gambuzas	3	15,0	0,7	0,2	6,0	0,2	6,0	0,2	6,0	0,2	6,03	0	0	0,0
Electrodomésticos Cocina	1	20,0	1	0,2	4,0	0,2	4,0	0,2	4,0	0,2	4	0	0	0,0
Equipo Lavandería	1	15,6	1	0,2	3,1	0,2	3,1	0,2	3,1	0,2	3,12	0	0	0,0
Tomas de corriente	1	300,0	0,2	0,2	12,0	0,2	12,0	0,2	12,0	0,2	12	0	0	0,0
Iluminación														
Luces de Navegación	1	1,5	1	0,2	0,3	1	1,5	1	1,5	1	1,5	1	1	1,5
Alumbrado Exterior	1	8,5	1	0,2	1,7	0,5	4,3	1	8,5	0,5	4,25	0	0	0,0
Alumbrado Interior	1	45,5	1	0,2	9,1	0,5	22,8	0,5	22,8	0,5	22,75	0	0	0,0
Iluminación de Emergencia	1	5,0	1	0,8	4,0	0,8	4,0	0,8	4,0	0,8	4	1	1	5,0
Otros														
5 % Potencia Total Instalada	1	86,5	1	0,2	17,3	0,2	17,3	0,2	17,3	0,2	17,304	0	0	0,0
Total (kW)					836,6		1068,7		901,8		436,064			140,7
Total (kVA)					1045,8		1335,9		1127,2		545,08			175,9

Tabla 3.4 Balance Eléctrico

7. Cálculo y selección de los generadores eléctricos

A partir del balance eléctrico se ha determinado la potencia de la que se deberá disponer de la planta generadora en los distintos estados de carga en los que el buque va a estar sometido. A esta potencia mínima habrá que sumarle un margen razonable por los siguientes motivos:

- La posibilidad de instalar nuevos consumidores en el futuro
- El aumento de consumo de los receptores a instalar debido al desgaste a lo largo de los años
- La distorsión armónica por cargas no lineales
- Arranque de grandes motores

Un margen aceptable es que los generadores se encuentren al 85% de su potencia nominal cuando se demande la máxima carga.

También se estima el factor de potencia medio de la instalación. Para ello los fabricantes de motores suministran el valor del factor de potencia a plena carga, pero como estos no mantienen su régimen de plena carga permanentemente, el factor de potencia en servicio disminuirá, aplicando un valor medio de 0,8.

En la tabla 3 se muestra el resumen de la potencia necesaria en cada situación de consumo en la que el buque se va a ver sometido, obtenido del balance eléctrico. Partiendo de este resumen, se estudiarán las necesidades reales de la planta principal y se seleccionará entre las posibles soluciones que las satisfagan.

	Nav.	Man.	C/D	Puerto	Em.
Total (kVA)	1045,8	1335,9	1127,2	545,1	175,9
Total+Margen17,6%(kVA)	1230,3	1571,6	1326,2	641,3	206,9

Tabla 4 Necesidades Eléctricas en cada Situación de Consumo

Las directrices que llevan a la elección de la planta eléctrica son las siguientes:

- Mínimo número de generadores auxiliares independientes, con el propósito de abaratar la inversión inicial en el buque.
- Con n-1 grupos generadores se debe ser capaz de proporcionar energía eléctrica suficiente en la situación de mayor demanda. El objetivo es disponer de un generador de reserva.
- Los generadores serán del mismo tamaño, modelo y prestaciones con objeto de reducir costes de mantenimiento, aumentar la disponibilidad de piezas de repuesto y facilitar la instalación.

Del estudio de las potencias necesarias en cada situación de consumo (excluyendo la de emergencia) y de las directrices de diseño, se opta por

instalar un número de 3 diesel generadores de potencia mínima igual a $1571,6/2=785,8$ kVA y de los cuales 1 será de respeto.

n	Pmin (kW)	Smin (kVA)
3	628,6	785,8

Tabla 5 Número de Generadores a Instalar

El régimen de utilización de estos tres generadores se muestra en la tabla 5.

	Navegación	Maniobra	C/D	Puerto
nº Generadores en funcionamiento	2	2	2	1

Tabla 6 Régimen de funcionamiento de los Diesel Generadores

Atendiendo a lo mencionado hasta ahora, se selecciona el modelo **670W4L20** de la marca comercial Wärtsilä. Sus características técnicas se pueden consultar en las tablas 8.1 y 8.2.

En lo que respecta al generador de emergencia, éste debe ser capaz de entregar 206,9 kVA de potencia aparente. El diesel generador marino de menor potencia que figura en el catálogo de la casa Wärtsilä es de 651 kVA, correspondiente al modelo **520W4L20**, por lo que se opta por instalar este modelo. Esto supone un margen de más del 200% de la potencia mínima necesaria. No obstante, es práctica habitual a bordo de buques que los generadores de emergencia aparte de alimentar los servicios mínimos en situación de emergencia también alimenten otros servicios, en especial los relativos a la protección del motor principal (bombas de lubricación, refrigeración, etc.), por lo que este margen de potencia se podrá utilizar para este fin en una fase más avanzada del proyecto del buque. Para ello será necesario un estudio detallado de las necesidades en situación de emergencia aparte de las mínimas indicadas por la normativa, lo cual queda fuera del alcance de este proyecto.

Se puede consultar las características técnicas del modelo **520W4L20** en las tablas 8.1 y 8.2

A modo de resumen, en la tabla 8 se muestran los equipos generadores a instalar.

Tipo	Marca	Modelo	n	P (kW)	S (kVA)
Diesel Generador	Wärtsilä	670W4L20	3	670	838
Diesel Generador	Wärtsilä	520W4L20	1	520	651

Tabla 7 Equipos Generadores a Instalar

3.2 Wärtsilä Auxpac 1000 rpm / 50 Hz

Wärtsilä Auxpac		520W4L20 / 50 Hz IMO Tier 2	670W4L20 / 50 Hz IMO Tier 2	790W6L20 / 50 Hz IMO Tier 2	860W6L20 / 50 Hz IMO Tier 2
Engine speed	rpm	1000	1000	1000	1000
Engine output	kW	548	705	832	905
Mean effective pressure	MPa	1.87	2.41	1.89	2.06
Combustion air system					
Flow of air at 100% load	kg/s	1.17	1.44	1.78	1.92
Temperature at turbocharger intake, max	°C	45	45	45	45
Temperature after air cooler (TE 601)	°C	50...70	50...70	50...70	50...70
Exhaust gas system (Note 1)					
Flow at 100% load	kg/s	1.2	1.48	1.83	1.97
Flow at 85% load	kg/s	1.04	1.29	1.59	1.71
Temp. after turbocharger at 100% load (TE 517)	°C	338	337	322	320
Temp. after turbocharger at 85% load (TE 517)	°C	346	335	330	326
Backpressure, max.	kPa	3.0	3.0	3.0	3.0
Calculated exhaust diameter for 35 m/s	mm	274	304	334	346
Heat balance at 100% load (Note 2)					
Jacket water	kW	133	155	201	212
Charge air (LT-circuit)	kW	138	222	215	253
Lubricating oil	kW	100	114	136	141
Radiation, etc	kW	33	33	49	49
Fuel system (Note 3)					
Pressure before injection pumps (PT 101)	kPa	700±50	700±50	700±50	700±50
Pressure before injection pumps, unifuel system	kPa	1000±50	1000±50	1000±50	1000±50
HFO viscosity before injection pumps	cSt	16...24	16...24	16...24	16...24
HFO viscosity before injection pumps, unifuel system	cSt	12...24	12...24	12...24	12...24
Max. HFO temperature before engine (TE 101)	°C	140	140	140	140
MDF viscosity, min.	cSt	1.8	1.8	1.8	1.8
Max. MDF temperature before engine (TE 101)	°C	45	45	45	45
Fuel consumption at 100% load	g/kWh	198	197	194	194
Fuel consumption at 85% load	g/kWh	200	198	196	195
Fuel consumption at 75% load	g/kWh	202	199	198	197
Fuel consumption at 50% load	g/kWh	213	208	207	205
Clean leak fuel quantity, MDF at 100% load	kg/h	2.3	2.9	3.4	3.7
Clean leak fuel quantity, HFO at 100% load	kg/h	0.5	0.6	0.7	0.7
Lubricating oil system					
Pressure before engine, nom. (PT 201)	kPa	450	450	450	450
Priming pressure, nom. (PT 201)	kPa	80	80	80	80
Temperature before bearings, nom. (TE 201)	°C	66	66	66	66
Temperature after engine, about	°C	78	78	78	78
Pump capacity (main), engine driven	m³/h	28	28	35	35
Priming pump capacity	m³/h	8.6	8.6	8.6	8.6
Oil volume, nom.	m³	0.64	0.64	0.76	0.76
Filter fineness, mesh size	microns	25	25	25	25
Oil consumption at 100% load, about	g/kWh	0.5	0.5	0.5	0.5
Crankcase ventilation flow rate at full load	l/min/cyl	130	130	130	130
Crankcase ventilation backpressure, max.	kPa	0.3	0.3	0.3	0.3
High temperature cooling water system					
Pressure at engine, after pump, nom. (PT 401)	kPa	250 + static	250 + static	250 + static	250 + static
Pressure at engine, after pump, max. (PT 401)	kPa	500	500	500	500
Temperature before cylinders, approx. (TE 401)	°C	83	83	83	83
Temperature after engine, nom.	°C	91	91	91	91
Capacity of engine driven pump, nom.	m³/h	20.0	20.0	30.0	30.0
Pressure drop over engine	kPa	90	90	90	90
Pressure drop in external system, max.	kPa	120	120	120	120
Pressure from expansion tank	kPa	70...150	70...150	70...150	70...150
Engine water volume	m³	0.08	0.08	0.105	0.105
Low temperature cooling water system					
Pressure at engine, after pump, nom. (PT 451)	kPa	250 + static	250 + static	250 + static	250 + static
Pressure at engine, after pump, max. (PT 451)	kPa	500	500	500	500
Temperature before engine (TE 451)	°C	25...38	25...38	25...38	25...38
Capacity of engine driven pump, nom.	m³/h	24.0	24.0	36.0	36.0
Pressure drop over charge air cooler	kPa	30	30	30	30

Tabla 8.1 Características Técnicas Grupos Wärtsilä

Wärtsilä Auxpac		520W4L20 / 50 Hz IMO Tier 2	670W4L20 / 50 Hz IMO Tier 2	790W6L20 / 50 Hz IMO Tier 2	860W6L20 / 50 Hz IMO Tier 2
Pressure drop over thermostatic valve	kPa	30	30	30	30
Pressure drop over oil cooler	kPa	30	30	30	30
Pressure drop in the external system, max.	kPa	120	120	120	120
Pressure from expansion tank	kPa	70...150	70...150	70...150	70...150
Starting air system					
Pressure, nom.	kPa	3000	3000	3000	3000
Pressure, max	kPa	3000	3000	3000	3000
Pressure, min	kPa	1800	1800	1800	1800
Air consumption, start (remote)	Nm ³	1.2	1.2	1.2	1.2
Generator data (Note 4)					
Generator brand		Fenxi	Fenxi	Fenxi	Fenxi
Frequency	Hz	50	50	50	50
Rated output	kVa	651	838	988	1075
Voltage	V	400	400	400	400
Rated current	A	940	1210	1426	1552
Power factor		0.8	0.8	0.8	0.8
CT/Ratio		1500/5 5P10, 20 VA	2000/5 5P10, 20 VA	2000/5 5P10, 20 VA	2000/5 5P10, 20 VA
Temperature rise		F	F	F	F
Insulation class		F	F	F	F
X _d (Unsaturated)	p.u	3.22	4.16	4.12	3.57
X' _d (Saturated)	p.u	0.14	0.17	0.17	0.13
X'' _d (Saturated)	p.u	0.08	0.09	0.09	0.07
Td'	s	0.054	0.054	0.053	0.051
Td''	s	0.0030	0.0030	0.0030	0.0030
Ta	s	0.015	0.015	0.019	0.015
Heat dissipation of air cooled generator	kW	32	47	51	51

Notes:

Note 1 At an ambient temperature of 25°C.

Note 2 ISO-optimized engine at ambient conditions according to ISO 3046/1. With engine driven pumps. Fuel net calorific value: 42700 kJ/kg. Radiation includes gen

Note 3 According to ISO 3046/1, lower calorific value 42 700 kJ/kg at constant engine speed, with engine driven pumps. Tolerance 5%.

Note 4 Acc. to IEC 34.

Note 5 VIC = Variable Inlet valve Closing. With VIC is better load acceptance, better SFOC and better smoke behavior at low engine loads obtained.

Subject to revision without notice.

Tabla 8.2 Características Técnicas Grupos Wärtsilä

Los generadores se instalarán en una base común montada elásticamente en la estructura del buque y se usarán conexiones flexibles en los sistemas de tuberías de los motores.

La condición principal que se le exige a un alternador es que mantenga la tensión en bornes dentro de unos límites muy próximos al valor nominal y que la frecuencia no varíe sensiblemente. En un alternador normal, la caída de tensión en bornes se debe principalmente al desplazamiento del flujo que se produce al incrementar la carga. Los alternadores de nuestra instalación son autorregulables, cumpliendo así con lo exigido por la Sociedad de Clasificación que, teniendo en cuenta la regulación de velocidad de las máquinas de accionamiento, dice que las características de tensión de los generadores de corriente alterna deberán satisfacer las siguientes condiciones:

- El regulador de tensión del alternador debe ser tal que en todas las cargas a las que se encuentre sometido, el voltaje suministrado se mantenga constante con una variación máxima de 2,5%

- Cuando el generador, accionado a su velocidad nominal y suministrando su tensión nominal, esté sometido a una variación brusca de carga, la tensión no deberá caer por debajo del 85 % de la nominal, o exceder del 120%, de forma que ésta deberá restablecerse a su valor de régimen con una tolerancia del 3% en no más de 1,5 segundos
- En caso de cortocircuito, la máquina deberá poder mantener una corriente igual a 3 veces su valor nominal durante 2 segundos. Así mismo, partiendo de un régimen establecido y cualquiera que sea la carga inicial del generador, cuando se suprima parcial o totalmente la carga, la tensión no deberá aumentar en más del 115% de la tensión nominal
- El equipo excitador está instalado en el mismo alternador. Los alternadores están provistos de excitación estática y regulación automática de voltaje. Tienen sistema diferencial de desexcitación automática para caso de cortocircuito interno
- Los alternadores vienen equipados en su regulador con dispositivos para su trabajo en paralelo
- El control de velocidad de los motores diesel (el control de frecuencia) también está preparado para la operación en paralelo. Su variación de velocidad natural es del 4% de la velocidad a plena carga.

Sobre su emplazamiento, los locales donde se instalarán los distintos grupos electrógenos a bordo estarán convenientemente ventilados y situados de forma que las máquinas que los componen no corran ningún riesgo de golpes o salpicaduras de agua, aceite, vapor, etc. Tampoco están próximos a ningún tipo de material combustible que no esté debidamente protegido. En lo que respecta al generador de emergencia, se situará en un local situado por encima de la cubierta resistente más alta.

8. Cuadro Eléctrico Principal

La misión del cuadro principal es múltiple:

- Es el centro de conexión de los distintos generadores a la red, incorporando su aparamenta de protección, maniobra, medida y, en parte, de regulación y control.
- Aloja a los elementos del equipo de sincronización, reparto de carga y protecciones de sobreintensidad y aislamiento.
- Incorpora los elementos de distribución de primer nivel de la red, incluyendo sus elementos de medida y aparamenta de protección.
- Incorpora los convertidores de medida analógicos y digitales, que sirven para transmitir el estado de la planta eléctrica al sistema de automatización.

El cuadro principal de distribución de la energía eléctrica se situará en el local anexo a la sala de control. Este cuadro se utiliza para alimentar todos los servicios del buque, y en condiciones normales, también el cuadro de emergencia.

Será “de frente muerto” y construido con perfiles y paneles de acero, con puertas frontales y posteriores de acceso a los elementos interiores.

El cuadro principal estará dividido en paneles para los diferentes servicios del buque, siguiendo una distribución en la que en el centro se situarán los paneles destinados a los generadores y sincronización para el adecuado acoplamiento de los mismos. A ambos lados se situarán los servicios esenciales y no esenciales con la mayor simetría posible. Todos los elementos irán identificados, indicando el servicio al que pertenecen.

En el cuadro se encontrarán las barras de conexión, dimensionadas para permitir soportar la carga máxima sin que se produzca un calentamiento excesivo, ni deformaciones debido a las altas corrientes que se produzcan en caso de cortocircuito, durante el tiempo de reacción de los elementos de protección. Serán de cobre electrolítico de alta conductividad recubiertos de estaño.

En condiciones normales, desde este cuadro se alimentarán los servicios esenciales a través del cuadro de emergencia. En caso de caída de planta, el generador de emergencia, se controlará desde el propio cuadro de emergencia.

El cuadro principal albergará los elementos de protección e interruptores de los generadores eléctricos, de la red de alumbrado y de la red de fuerza. Los de los servicios de emergencia se encontrarán en el cuadro de emergencia.

Dispondrá los instrumentos de medida (amperímetro, voltímetro, vatímetro y frecuencímetro), los elementos indicadores (de conexión, desconexión por cortocircuito, desconexión por sobrecarga continua) y una alarma indicadora de desconexión de servicios no esenciales, empotrados en las puertas. Para cada generador el cuadro dispondrá de los siguientes elementos:

- Un interruptor automático al aire, de disparo libre y provisto de relés instantáneos y de pequeño retardo para protección contra cortocircuitos y bobina de mínima tensión (85% de la nominal), mando manual y mando automático motorizado.
- Un relé para protección contra sobrecarga continua
- Un relé para protección contra inversión de potencia
- Un vatímetro
- Un amperímetro con selector de fases
- Un voltímetro con selector de fases
- Un frecuencímetro
- Un contador de horas de servicio
- Dos lámparas indicadoras de interruptor conectado y desconectado
- Una lámpara indicadora de interruptor desconectado automáticamente por cortocircuito
- Una lámpara indicadora de calefacción conectada
- Un interruptor de control de la calefacción del generador
- Una lámpara indicadora de desconexión por sobrecarga continua.

En el panel de sincronización se instalará:

- Un sincronoscopio de aguja acompañado de dos lámparas de sincronización
- Un voltímetro doble y un frecuencímetro doble
- Un selector que permita escoger el generador a acoplar
- Un selector que permita controlar la velocidad de los generadores
- Un potenciómetro que permita controlar la tensión de los generadores

El controlador permanente de aislamiento también debe instalarse en el cuadro principal.

Desde el punto de vista de la seguridad, los consumidores de energía eléctrica a bordo pueden clasificarse en:

- Servicios no esenciales, que en caso de fallo no se ve afectada la operación segura del buque.
- Servicios esenciales, imprescindibles para mantener unas condiciones normales de navegación y seguridad y con un mínimo mantenimiento de habitabilidad y conservación de la carga.

Las reglas de la GL indican que los consumidores pertenecientes a servicios esenciales deben alimentarse directamente del cuadro principal. Esta norma ha sido determinante a la hora de diseñar la estructura topológica de la red de distribución, la cual queda representada en el esquema unifilar de los planos 5 a 11.

Normalmente existe una redundancia de los equipos correspondientes a servicios esenciales. Éstos tendrán una alimentación doble desde el cuadro principal con tendidos lo más separados posible.

9. Cuadro eléctrico de emergencia

Análogamente al cuadro principal, existe un cuadro de emergencia al que se conecta el generador destinado a este fin (diesel de emergencia). El generador de emergencia se instalará junto con el cuadro correspondiente en el mismo local del diesel de emergencia, situado en la cubierta principal.

El cuadro de emergencia está conectado con el principal, de forma que durante la navegación normal, los elementos que constituyen el servicio de emergencia sean alimentados desde el cuadro principal, pues el grupo de emergencia no puede trabajar en paralelo con los de la planta principal.

La desconexión del cuadro de emergencia y paro de su grupo se realizara únicamente de forma manual. El cuadro de emergencia será análogo al principal en lo que se refiere a sus características.

10. Transformadores y baterías

La transformación de 400 a 230 V se realizará mediante transformadores, al no disponer la instalación de neutro, aprovechando así las ventajas del aislamiento galvánico entre instalaciones de tensiones diferentes. Se instalarán dos transformadores, uno de servicio y otro de reserva.

La red que requiere 230V es la de alumbrado, equipos de fonda y hotel, cargadores de baterías y la red de corriente continua que obtiene la energía de la red de 230V.

La potencia consumida por los elementos considerados es de 47 KW, por lo tanto la potencia aparente (teniendo en cuenta que el factor de potencia es de 0,8) será de 58,8 KVA. El valor normalizado inmediatamente superior es de 75 kVA, por lo que se instalarán dos transformadores de 75 KVA (400/230 V, 50Hz). Preferentemente se emplearán configuraciones estrella-triángulo para compensar los posibles armónicos múltiplos de 3, procedentes de cargas no lineales, como cargadores de baterías y lámparas de descarga.

Los servicios a 24 V se alimentarán mediante baterías o desde los cargadores de las mismas. Estas baterías se cargarán gracias a dos rectificadores (uno en servicio y otro en reserva).

11. Conductores eléctricos

11.1 Cálculo embarrado cuadro principal

Para el cálculo de la sección de las barras se va a considerar el caso más desfavorable, es decir, en maniobra (dos grupos trabajando en paralelo). Por lo tanto, las barras se calcularán para la suma de las potencias máximas de dos grupos. De esta forma resulta:

$$I = \frac{P_T}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \varphi}$$

$$P_T=670 \times 2=1340 \text{ kW}$$

$$V= 400 \text{ V}$$

$$\cos \varphi=0,8$$

$$I= 2417,7 \text{ A}$$

Las reglas de la GL establecen las corrientes máximas admisibles en función de las dimensiones de la barra y para una temperatura ambiente de 45 °C. Consultando la tabla 9, extraída de las normas de la GL, y considerando conductores desnudos en paralelo, resulta que se deben tomar 3 juegos de barras de 2x(80x10) mm.

Dimensiones barras= 2X(80x10) mm

Se opta por barras en paralelo por los siguientes motivos:

- Mejor refrigeración
- Mejor aguante ante esfuerzos electrodinámicos
- Facilidad de manipulación

11.2 Cálculo embarrado cuadro emergencia

De forma análoga al apartado anterior, pero tomando directamente el valor de la corriente nominal del generador de emergencia, y para conductores desnudos y temperatura ambiente de 45 °C, tenemos que

$$I_n=940 \text{ A}$$

Dimensiones barras= 50x10 mm

Table 5.1 Permissible loading of copper main busbars and section busbars of rectangular cross-section at 45°C ambient temperature (45 K temperature rise)

Width × Thickness [mm]	Maximum permissible loading [A] with 50/60 Hz							
	painted (mat-black)				bare			
	Number of bars				Number of bars			
	1 	2 	3 	4 	1 	2 	3 	4
15 × 3	230	390	470	–	200	350	445	–
20 × 3	290	485	560	–	250	430	535	–
20 × 5	395	690	900	–	340	620	855	–
20 × 10	615	1145	1635	–	530	1020	1460	–
25 × 3	355	580	650	–	300	510	615	–
25 × 5	475	820	1040	–	405	725	985	–
30 × 3	415	670	735	–	350	590	700	–
30 × 5	555	940	1170	–	470	830	1110	–
30 × 10	835	1485	2070	–	710	1310	1835	–
40 × 5	710	1180	1410	–	595	1035	1350	–
40 × 10	1050	1820	2480	3195	885	1600	2195	2825
50 × 5	860	1410	1645	2490	720	1230	1560	2380
50 × 10	1260	2130	2875	3655	1055	1870	2530	3220
60 × 5	1020	1645	1870	2860	850	1425	1785	2740
60 × 10	1460	2430	3235	4075	1220	2130	2850	3595
80 × 5	1320	2080	2265	3505	1095	1795	2170	3370
80 × 10	1860	2985	3930	4870	1535	2615	3460	4275
100 × 10	2240	3530	4610	5615	1845	3075	4040	4935
120 × 10	2615	4060	5290	6360	2155	3545	4635	5580
160 × 10	3348	5121	6646	7836	2752	4451	5803	6857
200 × 10	4079	6162	7973	9287	3335	5344	6956	8109

Note
The maximum permissible loading applies to switchboards not closed at the rear. In the case of fully enclosed switchboards adequate ventilation is to be ensured, or the loading values stated are to be reduced.

Tabla 9 Corrientes Admisibles en Barras

11.3 Cálculo cableado red eléctrica

A la hora de calcular la sección mínima tecnológicamente admisible de los cables que conforman la red de distribución, se han seguido dos criterios técnicos:

- Calentamiento
- Caída de tensión

El proceso de cálculo a seguir consiste en primero hacer el cálculo de sección por calentamiento y luego comprobar que con esta sección se cumple con el criterio de caída de tensión. Si no lo hace, entonces se aumenta la sección en saltos normalizados hasta que cumple con el criterio.

11.3.1 Calentamiento

El criterio de calentamiento determina la corriente máxima que admite un conductor sin que su aislamiento sufra degradación. Las normas de la GL proporcionan unas tablas con las corrientes máximas admisibles en cada sección normalizada en función del tipo de cable, aislamiento y servicio del consumidor, para una temperatura ambiente de 45 °C. En la tabla 10 figura la tabla de la GL para cables de temperaturas máximas admisibles de 80 y 85 °C. Estas mismas normas también establecen que siempre que sea posible se emplearán cables multiconductores.

La corriente que ha de circular por la línea se establece a partir de la potencia eléctrica nominal del consumidor al que alimenta. No obstante, la sección de cable no se debe escoger en función de la corriente prevista, si no del calibre de la protección que protege a la línea.

Para el cálculo de la sección de cada línea se ha tenido en cuenta:

- Temperatura ambiente de 45 °C, por lo que no es necesario realizar corrección por temperatura
- Empleo de cables multiconductores siempre que sea posible, es decir, siempre que existan secciones de cable multiconductor capaces de soportar la corriente de cálculo
- Cuando sea necesario emplear cables unipolares, se valora el empleo de cables en paralelo de igual sección siempre y cuando ésta sea superior a 10 mm². Esto redundará en una mayor facilidad de instalación, en un menor coste de adquisición y en un menor peso de cable, pues al refrigerarse mejor la línea, ésta requiere menor sección
- Tipo de servicio del consumidor
- Agrupación de cables. La norma establece que cuando por una canalización circule un número de cables superior a 6, el límite de corriente admisible deberá reducirse al 85%
- Calibre de la protección de la línea
- La sección mínima será de 1 mm², por requerimiento de GL
- Los cables a instalar serán de cobre y aislamiento EPR, el cual admite una temperatura máxima de 85 °C sin sufrir degradación
- GL no hace distinción del tipo de instalación de la línea
- GL no hace prescripciones relativas al tipo de consumidor que se alimenta

Table 12.7 Current-carrying capacity of cables, max. permissible conductor operating temperature of 80 °C and 85 °C

Nominal cross-section		Current carrying based on a maximum conductor operating temperature of					
		80 °C			85 °C		
		S 1 cont. operation	S 2- 30 min	S 2- 60 min	S 1 cont. operation	S 2- 30 min	S 2- 60 min
mm ²	AWG/MCM	A max.	A max.	A max.	A max.	A max.	A max.
Single-core cables							
1,0	17	15	16	16	16	17	17
1,5	15	19	20	20	20	21	21
2,5	13	26	28	28	28	30	30
4	11	35	37	37	38	40	40
6	9	45	48	43	48	51	51
10	7	63	67	67	67	71	71
16	5	84	89	89	90	95	95
25	3	110	118	117	120	128	127
35	2	140	151	148	145	157	154
50	0	165	180	175	180	196	191
70	2/0	215	239	228	225	250	239
95	4/0	260	294	278	275	311	294
120	250	300	348	321	320	371	342
150	300	340	401	367	365	431	394
185	400	390	476	425	415	506	452
240	500	460	580	511	490	617	544
300	600	530	694	599	560	734	633
2-core cables							
1,0	17	13	13	13	14	14	14
1,5	15	16	17	17	17	18	18
2,5	13	22	24	23	24	26	25
4	11	30	32	32	32	35	34
6	9	38	41	40	41	45	43
10	7	53	59	56	57	63	60
16	5	71	80	76	76	86	81
25	3	93	111	100	102	121	110
3- or 4-core cables							
1,0	17	10	11	11	11	12	12
1,5	15	13	14	14	14	15	15
2,5	13	18	19	19	20	22	21
4	11	24	26	25	27	29	29
6	9	31	34	33	34	37	36
10	7	44	49	47	47	53	50
16	5	59	67	63	63	72	67
25	3	77	92	84	84	101	92
35	2	98	122	108	101	125	111
50	0	115	150	129	126	164	141
70	2/0	150	206	173	157	215	181
95	4/0	182	262	217	192	276	228
120	250	210	315	256	224	336	273
Multi-core cables							
5 × 1,5	5 × 15	11			12		
7 × 1,5	7 × 15	11			10		
10 × 1,5	10 × 15	9			9		
12 × 1,5	12 × 15	8			8		
14 × 1,5	14 × 15	8			8		
16 × 1,5	16 × 15	7			7		
19 × 1,5	19 × 15	7			7		
24 × 1,5	24 × 15	7					
AWG: American Wire Gauge							
MCM: Mille Circular Mil							

Tabla 10 Corrientes Máximas Admisibles en Cables

11.3.2 Caída de tensión

El criterio de caída de tensión tiene como fin asegurar que no haya un exceso de caída de tensión en la línea que provoque un mal funcionamiento del consumidor. En concreto, GL establece un límite del 6% para la caída de tensión, sin hacer distinción de líneas de fuerza o alumbrado, salvo para las luces de navegación, donde el límite se establece en un 5%.

Para el cálculo de la caída de tensión, se ha empleado la siguiente fórmula:

$$\varepsilon(\%) = \frac{100 \cdot P \cdot l}{\sigma \cdot s \cdot V^2}$$

ε = caída de tensión (%)

P= Potencia activa (kW)

l= longitud de la línea (m)

σ = conductividad eléctrica del material ($m/\Omega \cdot mm^2$)

s= sección del conductor (mm^2)

V= tensión de línea (V)

Para determinar la longitud de las líneas, es necesario conocer la situación de cada consumidor. En los planos 2 a 4 se muestra la situación de los receptores instalados a bordo. Aunque no se ha realizado un estudio detallado de las canalizaciones eléctricas, la medida de las longitudes se ha realizado siguiendo un recorrido razonable. Además, a todos los servicios esenciales duplicados se les ha supuesto alimentación por recorridos diferentes y lo más separados posible, como exige la norma.

11.3.3 Cálculos

En las tablas 11.1 a 11.8 se presentan las hojas de cálculo de la sección de todos los cables a instalar, siguiendo los preceptos explicados en los dos apartados anteriores. En estas hojas también se han calculado los calibres de las protecciones magnetotérmicas y que aparecen en el esquema unifilar con sus características más relevantes. En particular, para la selección de las protecciones magnetotérmicas se ha tenido en cuenta:

- La tensión nominal
- Corriente en régimen estacionario: para la determinación del calibre
- El número de polos: monofásico o trifásico
- Curva de disparo. Tipo D para motores y tipo C para el resto de consumidores
- Poder de corte. Aunque no se han realizado cálculos de cortocircuito, se han tomado dispositivos de alto poder de corte
- Selectividad: aquellos dispositivos que trabajan en serie se han seleccionado de manera que la selectividad amperimétrica quede garantizada.

CUADRO GENERAL														
DENOMINACIÓN	LÍNEA	P (W)	S	E (V)	Cosφ	I (A)	CONDUCTOR				PIA (A)	L (m)	CAÍDA DE TENSIÓN	
							Material	Aislamiento	nº	S(mm ²)			Parcial(%)	Total(%)
LÍNEAS CUADROS Y PANELES														
Generador 1	GEN1	670000	S1	400	0,8	1208,8	Cu	EPR (85°C)	9x(1x)	300	1250	27	0,29	0,29
Generador 2	GEN2	670000	S1	400	0,8	1208,8	Cu	EPR (85°C)	9x(1x)	300	1250	30	0,32	0,32
Generador 3	GEN3	670000	S1	400	0,8	1208,8	Cu	EPR (85°C)	9x(1x)	300	1250	24	0,25	0,25
Emergencia	C EM	140700	S1	400	0,8	240,3	Cu	EPR (85°C)	3x(1x)	95	250	37	0,78	0,78
Servicios Cubierta	SC CUB	100000	S1	400	0,8	180,4	Cu	EPR (85°C)	3x	95	200	32	0,38	0,38
Taller	SC TALL	5000	S1	400	0,8	9,0	Cu	EPR (85°C)	3x	1	10	22	1,56	1,56
Conexión a Tierra Estribor	CTE	450000	S1	400	0,8	811,9	Cu	EPR (85°C)	6x(1x)	185	1000	35	0,61	0,61
Conexión a Tierra Babor	CTB	450000	S1	400	0,8	811,9	Cu	EPR (85°C)	6x(1x)	185	1000	39	0,67	0,67
Equipos y Servicios Habilitación	SC HAB	20000	S1	230	0,8	62,8	Cu	EPR (85°C)	3x	16	63	35	1,88	1,88
Alumbrado	SC AL	27000	S1	230	0,8	84,7	Cu	EPR (85°C)	3x	35	90	10	0,3	0,33
LÍNEAS DE CONSUMO														
Bomba Trasiego HFO 1	THFO1	10500	S1	400	0,8	18,9	Cu	EPR (85°C)	3x	2,5	20	27	1,61	1,61
Bomba Trasiego HFO 2	THFO2	10500	S1	400	0,8	18,9	Cu	EPR (85°C)	3x	2,5	20	42	2,51	2,51
Bba Alimentación Purificadora HFO 1	BPHFO1	3500	S1	400	0,8	6,3	Cu	EPR (85°C)	3x	1	10	23	1,14	1,14
Bba Alimentación Purificadora HFO 2	BPHFO2	3500	S1	400	0,8	6,3	Cu	EPR (85°C)	3x	1	10	38	1,89	1,89
Purificadora HFO 1	PHFO1	15000	S1	400	0,8	27,1	Cu	EPR (85°C)	3x	6	32	25	0,89	0,89
Purificadora HFO 2	PHFO2	15000	S1	400	0,8	27,1	Cu	EPR (85°C)	3x	6	32	42	1,49	1,49
Bba Alimentación Purificadora DO 1	BPDO1	4000	S1	400	0,8	7,2	Cu	EPR (85°C)	3x	1	7,5	19	1,08	1,08

Tabla 11.1 Cálculo de Secciones en Conductores

CUADRO GENERAL

DENOMINACIÓN	LÍNEA	P (W)	S	E(V)	Cosφ	I (A)	Material	Aislamiento	nº	S(mm ²)	PIA(A)	L(m)	Parcial(%)	Total(%)
Bba Alimentación Purificadora DO 2	BPDO2	4000	S1	400	0,8	7,2	Cu	EPR (85°C)	3x	1	7,5	31	1,76	1,76
Purificadora DO	PDO	8000	S1	400	0,8	14,4	Cu	EPR (85°C)	3x	2,5	16	19	0,86	0,86
Bba Baja Combustible MP 1	BBC1	2000	S1	400	0,8	3,6	Cu	EPR (85°C)	3x	1	5	30	0,85	0,85
Bba Baja Combustible MP 2	BBC2	2000	S1	400	0,8	3,6	Cu	EPR (85°C)	3x	1	5	46	1,31	1,31
Bba Alta Combustible MP 1	BAC1	2500	S1	400	0,8	4,5	Cu	EPR (85°C)	3x	1	5	32	1,14	1,14
Bba Alta Combustible MP 2	BAC2	2500	S1	400	0,8	4,5	Cu	EPR (85°C)	3x	1	5	44	1,56	1,56
Bba de Trasiego Aceite 1	TA1	5200	S1	400	0,8	9,4	Cu	EPR (85°C)	3x	1	10	43	3,18	3,18
Bba de Trasiego Aceite 2	TA2	5200	S1	400	0,8	9,4	Cu	EPR (85°C)	3x	1	10	56	4,14	4,14
Bba Aceite Cojinetes 1	LC1	53000	S1	400	0,8	95,6	Cu	EPR (85°C)	3x	35	100	46	0,99	0,99
Bba Aceite Cojinetes 2	LC2	53000	S1	400	0,8	95,6	Cu	EPR (85°C)	3x	35	100	60	1,29	1,29
Bba Aceite Pistones 1	LP1	5500	S1	400	0,8	9,9	Cu	EPR (85°C)	3x	1	10	48	3,75	3,75
Bba Aceite Pistones 2	LP2	5500	S1	400	0,8	9,9	Cu	EPR (85°C)	3x	1	10	58	4,54	4,54
Purificadora de Aceite	PA	8000	S1	400	0,8	14,4	Cu	EPR (85°C)	3x	2,5	16	19	0,86	0,86
Bba de Agua Salada 1	BAS1	63600	S1	400	0,8	114,7	Cu	EPR (85°C)	3x	50	125	61	1,10	1,10
Bba de Agua Salada 2	BAS2	63600	S1	400	0,8	114,7	Cu	EPR (85°C)	3x	50	125	78	1,41	1,41
Bba Agua Salada Puerto	BAS3	22000	S1	400	0,8	39,7	Cu	EPR (85°C)	3x	10	40	67	2,10	2,10
Bba Agua Dulce Baja Temperatura 1	BADL1	60500	S1	400	0,8	109,2	Cu	EPR (85°C)	3x	50	125	67	1,15	1,15
Bba Agua Dulce Baja Temperatura 2	BADL2	60500	S1	400	0,8	109,2	Cu	EPR (85°C)	3x	50	125	83	1,43	1,43
Bba Agua Dulce Alta Temperatura 1	BADH1	30400	S1	400	0,8	54,8	Cu	EPR (85°C)	3x	16	63	71	1,92	1,92
Bba Agua Dulce Alta Temperatura 2	BADH2	30400	S1	400	0,8	54,8	Cu	EPR (85°C)	3x	16	63	86	2,32	2,32
Bba Agua Dulce Puerto	BADL3	34100	S1	400	0,8	61,5	Cu	EPR (85°C)	3x	16	63	65	1,97	1,97

CUADRO GENERAL

DENOMINACIÓN	LÍNEA	P (W)	S	E(V)	Cosφ	I (A)	Material	Aislamiento	nº	S(mm ²)	PIA(A)	L(m)	Parcial(%)	Total(%)
Compresor Principal 1	COMP1	58300	S1	400	0,8	105,2	Cu	EPR (85°C)	3x	50	125	40	0,66	0,66
Compresor Principal 2	COMP2	58300	S1	400	0,8	105,2	Cu	EPR (85°C)	3x	50	125	57	0,94	0,94
Compresor Auxiliar	COMP3	5100	S1	400	0,8	9,2	Cu	EPR (85°C)	3x	1	10	44	3,19	3,19
Compresor de Servicio	COMP4	4400	S1	400	0,8	7,9	Cu	EPR (85°C)	3x	1	10	47	2,94	2,94
Ventilador Cámara de Máquinas 1	VCM1	39700	S1	400	0,8	71,6	Cu	EPR (85°C)	3x	35	90	36	0,58	0,58
Ventilador Cámara de Máquinas 2	VCM2	39700	S1	400	0,8	71,6	Cu	EPR (85°C)	3x	35	90	26	0,42	0,42
Ventilador Cámara de Máquinas 3	VCM3	39700	S1	400	0,8	71,6	Cu	EPR (85°C)	3x	35	90	16	0,26	0,26
Ventilador Cámara de Máquinas 4	VCM4	39700	S1	400	0,8	71,6	Cu	EPR (85°C)	3x	35	90	56	0,90	0,90
Ventilador Cámara de Máquinas 5	VCM5	39700	S1	400	0,8	71,6	Cu	EPR (85°C)	3x	35	90	46	0,74	0,74
Ventilador Cámara de Máquinas 6	VCM6	39700	S1	400	0,8	71,6	Cu	EPR (85°C)	3x	35	90	36	0,58	0,58
Extractor Cámara de Máquinas 1	ECM1	49000	S1	400	0,8	88,4	Cu	EPR (85°C)	3x	35	90	30	0,60	0,60
Extractor Cámara de Máquinas 2	ECM2	49000	S1	400	0,8	88,4	Cu	EPR (85°C)	3x	35	90	10	0,20	0,20
Extractor Cámara de Máquinas 3	ECM3	49000	S1	400	0,8	88,4	Cu	EPR (85°C)	3x	35	90	50	1,00	1,00
Extractor Cámara de Máquinas 4	ECM4	49000	S1	400	0,8	88,4	Cu	EPR (85°C)	3x	35	90	30	0,60	0,60
Ventilador Sala Purificadoras 1	VSP1	10400	S1	400	0,8	18,8	Cu	EPR (85°C)	3x	2,5	20	20	1,18	1,18
Ventilador Sala Purificadoras 2	VSP2	10400	S1	400	0,8	18,8	Cu	EPR (85°C)	3x	2,5	20	25	1,48	1,48
Ventilador Sala Compresores 1	VSC1	2000	S1	400	0,8	3,6	Cu	EPR (85°C)	3x	1	5	20	0,57	0,57
Ventilador Sala Compresores 2	VSC2	2000	S1	400	0,8	3,6	Cu	EPR (85°C)	3x	1	5	25	0,71	0,71
Ventilador Cámara de Bombas 1	VCB1	52600	S1	400	0,8	94,9	Cu	EPR (85°C)	3x	35	100	28	0,60	0,60
Ventilador Cámara de Bombas 2	VCB2	52600	S1	400	0,8	94,9	Cu	EPR (85°C)	3x	35	100	33	0,71	0,71
Ventilador Cámara de Bombas 3	VCB3	52600	S1	400	0,8	94,9	Cu	EPR (85°C)	3x	35	100	38	0,81	0,81

CUADRO GENERAL

DENOMINACIÓN	LÍNEA	P (W)	S	E(V)	Coφ	I (A)	Material	Aislamiento	nº	S(mm ²)	PIA(A)	L(m)	Parcial(%)	Total(%)
Aire Acondicionado	AA	65000	S1	400	0,8	117,3	Cu	EPR (85°C)	3x	50	125	54	1,00	1,00
Bba Alimentación Agua Caldera 1	CALD1	46300	S1	400	0,8	83,5	Cu	EPR (85°C)	3x	35	90	49	0,92	0,92
Bba Alimentación Agua Caldera 2	CALD2	46300	S1	400	0,8	83,5	Cu	EPR (85°C)	3x	35	90	53	1,00	1,00
Bba Alimentación Agua Caldera 3	CALD3	46300	S1	400	0,8	83,5	Cu	EPR (85°C)	3x	35	90	70	1,32	1,32
Bba Al. Agua Caldera Gases de Exh.	CALD4	6300	S1	400	0,8	11,4	Cu	EPR (85°C)	3x	2,5	16	55	1,97	1,97
Bba Extracción Condensados 1	COND1	62000	S1	400	0,8	111,9	Cu	EPR (85°C)	3x	50	125	24	0,42	0,42
Bba Extracción Condensados 2	COND2	62000	S1	400	0,8	111,9	Cu	EPR (85°C)	3x	50	125	36	0,63	0,63
Bba Contra Incendios 1	CI1	67400	S1	400	0,8	121,6	Cu	EPR (85°C)	3x	50	125	30	0,57	0,57
Bba Contra Incendios 2	CI2	67400	S1	400	0,8	121,6	Cu	EPR (85°C)	3x	50	125	48	0,92	0,92
Bba de Sentina 1	SENT1	53300	S1	400	0,8	96,2	Cu	EPR (85°C)	3x	35	100	42	0,91	0,91
Bba de Reachique	SENT3	12500	S1	400	0,8	22,6	Cu	EPR (85°C)	3x	4	25	62	2,75	2,75
Bba Separador de Sentinas	BSENT	1000	S1	400	0,8	1,8	Cu	EPR (85°C)	3x	1	3	51	0,73	0,73
Separador de Sentinas	SSENT	3000	S1	400	0,8	5,4	Cu	EPR (85°C)	3x	1	7,5	44	1,88	1,88
Bba de Lastre 1	LAST1	68500	S1	400	0,8	123,6	Cu	EPR (85°C)	3x	50	125	58	1,13	1,13
Bba de Lastre 2	LAST2	68500	S1	400	0,8	123,6	Cu	EPR (85°C)	3x	50	125	65	1,27	1,27
Bba de Lastre 3	LAST3	68500	S1	400	0,8	123,6	Cu	EPR (85°C)	3x	50	125	71	1,38	1,38
Equipos de Izado y Maniobra	EIM	15000	S1	400	0,8	27,1	Cu	EPR (85°C)	3x	6	32	25	0,89	0,89
Virador Motor Principal	VMP	6600	S1	400	0,8	11,9	Cu	EPR (85°C)	3x	2,5	16	52	1,95	1,95
Generador Gas Inerte	GGI	49000	S1	400	0,8	88,4	Cu	EPR (85°C)	3x	35	90	31	0,62	0,62
Planta Aguas Residuales	TAR	8500	S1	400	0,8	15,3	Cu	EPR (85°C)	3x	2,5	16	40	1,93	1,93

Tabla 11.4 Cálculo de Secciones en Conductores

CUADRO DE EMERGENCIA														
DENOMINACIÓN	LÍNEA	P (W)	S	E (V)	Cosφ	I (A)	CONDUCTOR				PIA(A)	L(m)	CAÍDA DE TENSIÓN	
							Material	Aislamiento	nº	S(mm ²)			Parcial(%)	Total(%)
LÍNEA CUADRO														
Cuadro de Emergencia	C EM	140700	S1	400	0,8	241,8	Cu	EPR (85°C)	3x(1x)	95	250	37	0,78	0,78
LÍNEAS DE CONSUMO														
Servo del Timón	ST	22000	S1	400	0,8	39,7	Cu	EPR (85°C)	3x	10	40	65	2,03	2,81
Bba Emergencia Contra Incendios	CI3	18900	S1	400	0,8	34,1	Cu	EPR (85°C)	3x	10	40	52	1,40	2,18
Bba Rociadores	CI4	15000	S1	400	0,8	27,1	Cu	EPR (85°C)	3x	6	32	55	1,95	2,73
Bba de Sentina 2	SENT2	53300	S1	400	0,8	96,2	Cu	EPR (85°C)	3x	35	100	58	1,26	2,03
SAI	SAI	25000	S1	400	0,8	45,1	Cu	EPR (85°C)	3x	10	50	20	0,71	1,49

Tabla 11.5 Cálculo de Secciones en Conductores

SUBCUADRO SERVICIOS CUBIERTA														
DENOMINACIÓN	LÍNEA	P (W)	S	E(V)	Cosφ	I (A)	CONDUCTOR				PIA(A)	L(m)	CAÍDA DE TENSIÓN	
							Material	Aislamiento	nº	S(mm ²)			Parcial(%)	Total(%)
LÍNEA CUADRO														
Subcuadro Servicios Cubierta	SC CUB	100000	S1	400	0,8	180,4	Cu	EPR (85°C)	3x	120	200	32	0,38	0,38
LÍNEAS DE CONSUMO														
Equipo Limpieza Tanques 1	LTK1	5000	S1	400	0,8	9,0	Cu	EPR (85°C)	3x	6	10	300	3,55	3,93
Equipo Limpieza Tanques 2	LTK2	5000	S1	400	0,8	9,0	Cu	EPR (85°C)	3x	6	10	315	3,73	4,11
Equipo Limpieza Tanques 3	LTK3	5000	S1	400	0,8	9,0	Cu	EPR (85°C)	3x	6	10	315	3,73	4,11
Equipo Limpieza Tanques 4	LTK4	5000	S1	400	0,8	9,0	Cu	EPR (85°C)	3x	4	10	250	4,44	4,82
Equipo Limpieza Tanques 5	LTK5	5000	S1	400	0,8	9,0	Cu	EPR (85°C)	3x	4	10	265	4,71	5,09
Equipo Limpieza Tanques 6	LTK6	5000	S1	400	0,8	9,0	Cu	EPR (85°C)	3x	4	10	265	4,71	5,09
Equipo Limpieza Tanques 7	LTK7	5000	S1	400	0,8	9,0	Cu	EPR (85°C)	3x	4	10	200	3,55	3,93
Equipo Limpieza Tanques 8	LTK8	5000	S1	400	0,8	9,0	Cu	EPR (85°C)	3x	4	10	215	3,82	4,20
Equipo Limpieza Tanques 9	LTK9	5000	S1	400	0,8	9,0	Cu	EPR (85°C)	3x	4	10	215	3,82	4,20
Equipo Limpieza Tanques 10	LTK10	5000	S1	400	0,8	9,0	Cu	EPR (85°C)	3x	2,5	10	150	4,27	4,64
Equipo Limpieza Tanques 11	LTK11	5000	S1	400	0,8	9,0	Cu	EPR (85°C)	3x	2,5	10	165	4,69	5,07
Equipo Limpieza Tanques 12	LTK12	5000	S1	400	0,8	9,0	Cu	EPR (85°C)	3x	2,5	10	165	4,69	5,07
Equipo Limpieza Tanques 13	LTK13	5000	S1	400	0,8	9,0	Cu	EPR (85°C)	3x	1,5	10	100	4,74	5,12
Equipo Limpieza Tanques 14	LTK14	5000	S1	400	0,8	9,0	Cu	EPR (85°C)	3x	1,5	10	115	5,45	5,83

Tabla 11.6 Cálculo de Secciones en Conductores

SUBCUADRO SERVICIOS CUBIERTA														
DENOMINACIÓN	LÍNEA	P (W)	S	E (V)	Cosφ	I (A)	Material	Aislamiento	nº	S (mm ²)	PIA (A)	L (m)	Parcial (%)	Total (%)
Equipo Limpieza Tanques 15	LTK15	5000	S1	400	0,8	9,0	Cu	EPR (85°C)	3x	1,5	10	115	5,45	5,83
Molinete Estribor	MNTE	100000	S2	400	0,8	180,4	Cu	EPR (85°C)	3x	120	200	314	3,72	4,10
Molinete Babor	MNTB	100000	S2	400	0,8	180,4	Cu	EPR (85°C)	3x	120	200	324	3,84	4,22
Chigre 1	CHG1	64500	S2	400	0,8	116,4	Cu	EPR (85°C)	3x	50	125	280	5,14	5,51
Chigre 2	CHG2	64500	S2	400	0,8	116,4	Cu	EPR (85°C)	3x	50	125	200	3,67	4,05
Chigre 3	CHG3	64500	S2	400	0,8	116,4	Cu	EPR (85°C)	3x	50	125	150	2,75	3,13
Chigre 4	CHG4	64500	S2	400	0,8	116,4	Cu	EPR (85°C)	3x	50	125	100	1,83	2,21
Chigre 5	CHG5	64500	S2	400	0,8	116,4	Cu	EPR (85°C)	3x	50	125	40	0,73	1,11
Chigre 6	CHG6	64500	S2	400	0,8	116,4	Cu	EPR (85°C)	3x	50	125	50	0,92	1,30
Chigre 7	CHG7	64500	S2	400	0,8	116,4	Cu	EPR (85°C)	3x	50	125	60	1,10	1,48
Grúa Aprovisionamiento Estribor	GRE	10200	S2	400	0,8	18,4	Cu	EPR (85°C)	3x	2,5	20	50	2,90	3,28
Grúa Aprovisionamiento Babor	GRB	10200	S2	400	0,8	18,4	Cu	EPR (85°C)	3x	2,5	20	50	2,90	3,28
Grúa Manifold Estribor	GRME	30000	S2	400	0,8	54,1	Cu	EPR (85°C)	3x	16	63	180	4,80	5,18
Grúa Manifold Babor	GRMB	30000	S2	400	0,8	54,1	Cu	EPR (85°C)	3x	16	63	180	4,80	5,18

Tabla 11.7 Cálculo de Secciones en Conductores

SUBCUADRO EQUIPOS Y SERVICIOS HABILITACIÓN														
DENOMINACIÓN	LÍNEA	P (W)	S	E (V)	Cosφ	I (A)	CONDUCTOR				PIA (A)	L (m)	CAÍDA DE TENSIÓN	
							Material	Aislamiento	nº	S (mm ²)			Parcial (%)	Total (%)
LÍNEA CUADRO														
Subcuadro Servicios Habilitación	SC HAB	20000	S1	230	0,8	62,8	Cu	EPR (85°C)	3x	16	63	35	1,88	1,88
LÍNEAS DE CONSUMO														
Maquinaria Frigorífica Gambuza 1	GBZ1	15000	S1	230	0,8	47,1	Cu	EPR (85°C)	3x	16	50	10	0,40	2,28
Maquinaria Frigorífica Gambuza 2	GBZ2	15000	S1	230	0,8	47,1	Cu	EPR (85°C)	3x	16	50	12	0,48	2,37
Maquinaria Frigorífica Gambuza 3	GBZ3	15000	S1	230	0,8	47,1	Cu	EPR (85°C)	3x	16	50	14	0,56	2,45
Electrodomésticos Cocina	CCN	20000	S1	230	0,8	62,8	Cu	EPR (85°C)	3x	16	63	17	0,91	2,80
Equipo Lavandería	LAV	15600	S1	230	0,8	48,9	Cu	EPR (85°C)	3x	16	50	14	0,59	2,47

Tabla 11.8 Cálculo de Secciones en Conductores

12. Esquema unifilar

En el esquema unifilar presentado en los planos 5 a 11 se representa la instalación eléctrica del buque.

Las características más significativas de la instalación son:

- La instalación es del tipo en árbol, simplificando el sistema de protecciones selectivas
- Los servicios esenciales se alimentan directamente del cuadro principal, salvo los que lo son también de emergencia, que se alimentan del cuadro de emergencia
- Hay dos cuadros de distribución: uno para los equipos de cubierta y otro para los de habilitación
- El cuadro de emergencia tiene una conexión con el cuadro principal
- El servomotor del timón no dispone de interruptor de sobrecarga, pero si de un avisador acústico de esa situación

13. Presupuesto

La finalidad de este proyecto no es sólo determinar los componentes de la instalación eléctrica y las características técnicas que éstos deben disponer, sino que lo hace desde la perspectiva del proyecto del buque y por ello busca como fin último la obtención de un presupuesto, el cual resulta un factor determinante en la viabilidad del proyecto de un buque mercante como el que aquí se trata.

Puesto que no se ha desarrollado la instalación eléctrica completa, el presupuesto que aquí se presenta lo hace como una partida de la instalación eléctrica completa. Esta partida constará como “Sistema de Potencia Eléctrica” de la instalación eléctrica.

Para la confección de la partida se ha recurrido al banco de precios BEDEC del Instituto de Tecnología de la Construcción de Cataluña (www.itec.cat)

En la tabla 12 se muestra el resultado del presupuesto para esta partida, y a continuación de la tabla 13.1 a la 13.8 aparece el presupuesto detallado.

	€
SUMA:	739261,37
BENEFICIO INDUSTRIAL (10%):	73926,137
TOTAL PRESUPUESTO EJECUCIÓN MATERIAL (PEM):	813187,506
PROYECTO ELÉCTRICO:	17000
TOTAL PEM+PROYECTO:	830187,506
IVA (21%):	174339,376
PRESUPUESTO FINAL:	1004526,88

Tabla 12 Presupuesto

Código	Tipo	Ud.	Resumen	Cantidad	Precio Ud.	Importe
P1	Partida	m	Cable monopolar EPR de sección 1x95 mm2, colocado	111,000	9,311	1033,509
	Material	m	Cable monopolar EPR de sección 1x95 mm2	1,020	5,540	5,651
	Mano de obra	h	Oficial 1ª electricista	0,100	18,980	1,898
	Mano de obra	h	Ayudante electricista	0,100	17,080	1,708
		%	Gastos auxiliares sobre la mano de obra	0,015	3,606	0,054
P2	Partida	m	Cable monopolar EPR de sección 1x185 mm2, colocado	444,000	12,705	5640,804
	Material	m	Cable monopolar EPR de sección 1x185 mm2	1,020	7,970	8,129
	Mano de obra	h	Oficial 1ª electricista	0,125	18,980	2,373
	Mano de obra	h	Ayudante electricista	0,125	17,080	2,135
		%	Gastos auxiliares sobre la mano de obra	0,015	4,508	0,068
P3	Partida	m	Cable monopolar EPR de sección 1x300 mm2, colocado	729,000	17,860	13019,763
	Material	m	Cable monopolar EPR de sección 1x300 mm2	1,020	11,230	11,455
	Mano de obra	h	Oficial 1ª electricista	0,175	18,980	3,322
	Mano de obra	h	Ayudante electricista	0,175	17,080	2,989
		%	Gastos auxiliares sobre la mano de obra	0,015	6,311	0,095
P4	Partida	m	Cable multipolar EPR de sección 3x1 mm2, colocado	721,000	2,640	1903,450
	Material	m	Cable multipolar EPR de sección 3x1 mm2	1,020	2,050	2,091
	Mano de obra	h	Oficial 1ª electricista	0,015	18,980	0,285
	Mano de obra	h	Ayudante electricista	0,015	17,080	0,256
		%	Gastos auxiliares sobre la mano de obra	0,015	0,541	0,008
P5	Partida	m	Cable multipolar EPR de sección 3x1,5 mm2, colocado	330,000	3,323	1096,726
	Material	m	Cable multipolar EPR de sección 3x1,5 mm2	1,020	2,720	2,774
	Mano de obra	h	Oficial 1ª electricista	0,015	18,980	0,285
	Mano de obra	h	Ayudante electricista	0,015	17,080	0,256
		%	Gastos auxiliares sobre la mano de obra	0,015	0,541	0,008

Tabla 13.1 Presupuesto Detallado

Código	Tipo	Ud.	Resumen	Cantidad	Precio Ud.	Importe
P6	Partida	m	Cable multipolar EPR de sección 3x2,5 mm2, colocado	879,000	4,078	3584,750
	Material	m	Cable multipolar EPR de sección 3x2,5 mm2	1,020	3,460	3,529
	Mano de obra	h	Oficial 1ª electricista	0,015	18,980	0,285
	Mano de obra	h	Ayudante electricista	0,015	17,080	0,256
		%	Gastos auxiliares sobre la mano de obra	0,015	0,541	0,008
P7	Partida	m	Cable multipolar EPR de sección 3x4 mm2, colocado	1472,000	5,557	8180,218
	Material	m	Cable multipolar EPR de sección 3x4 mm2	1,020	4,910	5,008
	Mano de obra	h	Oficial 1ª electricista	0,015	18,980	0,285
	Mano de obra	h	Ayudante electricista	0,015	17,080	0,256
		%	Gastos auxiliares sobre la mano de obra	0,015	0,541	0,008
P8	Partida	m	Cable multipolar EPR de sección 3x6 mm2, colocado	1077,000	7,900	8508,554
	Material	m	Cable multipolar EPR de sección 3x6 mm2	1,020	6,310	6,436
	Mano de obra	h	Oficial 1ª electricista	0,040	18,980	0,759
	Mano de obra	h	Ayudante electricista	0,040	17,080	0,683
		%	Gastos auxiliares sobre la mano de obra	0,015	1,442	0,022
P9	Partida	m	Cable multipolar EPR de sección 3x10 mm2, colocado	204,000	11,246	2294,151
	Material	m	Cable multipolar EPR de sección 3x10 mm2	1,020	9,590	9,782
	Mano de obra	h	Oficial 1ª electricista	0,040	18,980	0,759
	Mano de obra	h	Ayudante electricista	0,040	17,080	0,683
		%	Gastos auxiliares sobre la mano de obra	0,015	1,442	0,022
P10	Partida	m	Cable multipolar EPR de sección 3x16 mm2, colocado	684,000	10,571	7230,868
	Material	m	Cable multipolar EPR de sección 3x16 mm2	1,020	8,570	8,741
	Mano de obra	h	Oficial 1ª electricista	0,050	18,980	0,949
	Mano de obra	h	Ayudante electricista	0,050	17,080	0,854
		%	Gastos auxiliares sobre la mano de obra	0,015	1,803	0,027

Tabla 13.2 Presupuesto Detallado

Código	Tipo	Ud.	Resumen	Cantidad	Precio Ud.	Importe
P11	Partida	m	Cable multipolar EPR de sección 3x35 mm2, colocado	854,000	23,320	19914,988
	Material	m	Cable multipolar EPR de sección 3x35 mm2	1,020	20,530	20,941
	Mano de obra	h	Oficial 1ª electricista	0,065	18,980	1,234
	Mano de obra	h	Ayudante electricista	0,065	17,080	1,110
		%	Gastos auxiliares sobre la mano de obra	0,015	2,344	0,035
P12	Partida	m	Cable multipolar EPR de sección 3x50 mm2, colocado	1652,000	31,245	51616,837
	Material	m	Cable multipolar EPR de sección 3x50 mm2	1,020	28,300	28,866
	Mano de obra	h	Oficial 1ª electricista	0,065	18,980	1,234
	Mano de obra	h	Ayudante electricista	0,065	17,080	1,110
		%	Gastos auxiliares sobre la mano de obra	0,015	2,344	0,035
P13	Partida	m	Cable multipolar EPR de sección 3x120 mm2, colocado	670,000	43,413	29086,752
	Material	m	Cable multipolar EPR de sección 3x120 mm2	1,020	40,050	40,851
	Mano de obra	h	Oficial 1ª electricista	0,070	18,980	1,329
	Mano de obra	h	Ayudante electricista	0,070	17,080	1,196
		%	Gastos auxiliares sobre la mano de obra	0,015	2,524	0,038
P14	Partida	Ud	Interruptor magnetotérmico 3A 3 polos curva D, colocado	1,000	82,263	82,263
	Material	Ud	Interruptor magnetotérmico 3A 3 polos curva D	1,000	74,360	74,360
	Material	Ud	Parte proporcional de accesorios para interruptores magnetotérmicos	1,000	0,390	0,390
	Mano de obra	h	Oficial 1ª electricista	0,210	18,980	3,986
	Mano de obra	h	Ayudante electricista	0,200	17,080	3,416
		%	Gastos auxiliares sobre la mano de obra	0,015	7,402	0,111
P15	Partida	Ud	Interruptor magnetotérmico 5A 3 polos curva D, colocado	6,000	84,703	508,217
	Material	Ud	Interruptor magnetotérmico 5A 3 polos curva D	1,000	76,800	76,800
	Material	Ud	Parte proporcional de accesorios para interruptores magnetotérmicos	1,000	0,390	0,390
	Mano de obra	h	Oficial 1ª electricista	0,210	18,980	3,986
	Mano de obra	h	Ayudante electricista	0,200	17,080	3,416
		%	Gastos auxiliares sobre la mano de obra	0,015	7,402	0,111

Código	Tipo	Ud.	Resumen	Cantidad	Precio Ud.	Importe
P16	Partida	Ud	Interruptor magnetotérmico 7,5A 3 polos curva D, colocado	2,000	90,713	181,426
	Material	Ud	Interruptor magnetotérmico 7,5A 3 polos curva D	1,000	82,810	82,810
	Material	Ud	Parte proporcional de accesorios para interruptores magnetotérmicos	1,000	0,390	0,390
	Mano de obra	h	Oficial 1ª electricista	0,210	18,980	3,986
	Mano de obra	h	Ayudante electricista	0,200	17,080	3,416
		%	Gastos auxiliares sobre la mano de obra	0,015	7,402	0,111
P17	Partida	Ud	Interruptor magnetotérmico 3A 10 polos curva D, colocado	24,000	105,153	2523,668
	Material	Ud	Interruptor magnetotérmico 3A 10 polos curva D	1,000	97,250	97,250
	Material	Ud	Parte proporcional de accesorios para interruptores magnetotérmicos	1,000	0,390	0,390
	Mano de obra	h	Oficial 1ª electricista	0,210	18,980	3,986
	Mano de obra	h	Ayudante electricista	0,200	17,080	3,416
		%	Gastos auxiliares sobre la mano de obra	0,015	7,402	0,111
P18	Partida	Ud	Interruptor magnetotérmico 16A 3 polos curva D, colocado	4,000	107,233	428,931
	Material	Ud	Interruptor magnetotérmico 16A 3 polos curva D	1,000	99,330	99,330
	Material	Ud	Parte proporcional de accesorios para interruptores magnetotérmicos	1,000	0,390	0,390
	Mano de obra	h	Oficial 1ª electricista	0,210	18,980	3,986
	Mano de obra	h	Ayudante electricista	0,200	17,080	3,416
		%	Gastos auxiliares sobre la mano de obra	0,015	7,402	0,111
P19	Partida	Ud	Interruptor magnetotérmico 20A 3 polos curva D, colocado	6,000	109,623	657,737
	Material	Ud	Interruptor magnetotérmico 20A 3 polos curva D	1,000	101,720	101,720
	Material	Ud	Parte proporcional de accesorios para interruptores magnetotérmicos	1,000	0,390	0,390
	Mano de obra	h	Oficial 1ª electricista	0,210	18,980	3,986
	Mano de obra	h	Ayudante electricista	0,200	17,080	3,416
		%	Gastos auxiliares sobre la mano de obra	0,015	7,402	0,111

Tabla 13.4 Presupuesto Detallado

Código	Tipo	Ud.	Resumen	Cantidad	Precio Ud.	Importe
P20	Partida	Ud	Interruptor magnetotérmico 32A 3 polos curva D, colocado	4,000	117,693	470,771
	Material	Ud	Interruptor magnetotérmico 32A 3 polos curva D	1,000	109,790	109,790
	Material	Ud	Parte proporcional de accesorios para interruptores magnetotérmicos	1,000	0,390	0,390
	Mano de obra	h	Oficial 1ª electricista	0,210	18,980	3,986
	Mano de obra	h	Ayudante electricista	0,200	17,080	3,416
		%	Gastos auxiliares sobre la mano de obra	0,015	7,402	0,111
P21	Partida	Ud	Interruptor magnetotérmico 40A 3 polos curva D, colocado	3,000	134,483	403,448
	Material	Ud	Interruptor magnetotérmico 40A 3 polos curva D	1,000	126,580	126,580
	Material	Ud	Parte proporcional de accesorios para interruptores magnetotérmicos	1,000	0,390	0,390
	Mano de obra	h	Oficial 1ª electricista	0,210	18,980	3,986
	Mano de obra	h	Ayudante electricista	0,200	17,080	3,416
		%	Gastos auxiliares sobre la mano de obra	0,015	7,402	0,111
P22	Partida	Ud	Interruptor magnetotérmico 50A 3 polos curva D, colocado	1,000	140,109	140,109
	Material	Ud	Interruptor magnetotérmico 50A 3 polos curva D	1,000	130,280	130,280
	Material	Ud	Parte proporcional de accesorios para interruptores magnetotérmicos	1,000	0,390	0,390
	Mano de obra	h	Oficial 1ª electricista	0,310	18,980	5,884
	Mano de obra	h	Ayudante electricista	0,200	17,080	3,416
		%	Gastos auxiliares sobre la mano de obra	0,015	9,300	0,139
P23	Partida	Ud	Interruptor magnetotérmico 63A 3 polos curva D, colocado	6,000	157,469	944,816
	Material	Ud	Interruptor magnetotérmico 63A 3 polos curva D	1,000	147,640	147,640
	Material	Ud	Parte proporcional de accesorios para interruptores magnetotérmicos	1,000	0,390	0,390
	Mano de obra	h	Oficial 1ª electricista	0,310	18,980	5,884
	Mano de obra	h	Ayudante electricista	0,200	17,080	3,416
		%	Gastos auxiliares sobre la mano de obra	0,015	9,300	0,139

Tabla 13.5 Presupuesto Detallado

Código	Tipo	Ud.	Resumen	Cantidad	Precio Ud.	Importe
P24	Partida	Ud	Interruptor magnetotérmico 90A 3 polos curva D, colocado	15,000	189,519	2842,789
	Material	Ud	Interruptor magnetotérmico 90A 3 polos curva D	1,000	179,690	179,690
	Material	Ud	Parte proporcional de accesorios para interruptores magnetotérmicos	1,000	0,390	0,390
	Mano de obra	h	Oficial 1ª electricista	0,310	18,980	5,884
	Mano de obra	h	Ayudante electricista	0,200	17,080	3,416
		%	Gastos auxiliares sobre la mano de obra	0,015	9,300	0,139
P25	Partida	Ud	Interruptor magnetotérmico 100A 3 polos curva D, colocado	6,000	195,129	1170,776
	Material	Ud	Interruptor magnetotérmico 100A 3 polos curva D	1,000	185,300	185,300
	Material	Ud	Parte proporcional de accesorios para interruptores magnetotérmicos	1,000	0,390	0,390
	Mano de obra	h	Oficial 1ª electricista	0,310	18,980	5,884
	Mano de obra	h	Ayudante electricista	0,200	17,080	3,416
		%	Gastos auxiliares sobre la mano de obra	0,015	9,300	0,139
P26	Partida	Ud	Interruptor magnetotérmico 125A 3 polos curva D, colocado	21,000	210,179	4413,765
	Material	Ud	Interruptor magnetotérmico 125A 3 polos curva D	1,000	200,350	200,350
	Material	Ud	Parte proporcional de accesorios para interruptores magnetotérmicos	1,000	0,390	0,390
	Mano de obra	h	Oficial 1ª electricista	0,310	18,980	5,884
	Mano de obra	h	Ayudante electricista	0,200	17,080	3,416
		%	Gastos auxiliares sobre la mano de obra	0,015	9,300	0,139
P27	Partida	Ud	Interruptor magnetotérmico 200A 3 polos curva D, colocado	4,000	609,666	2438,665
	Material	Ud	Interruptor magnetotérmico 200A 3 polos curva D	1,000	590,590	590,590
	Material	Ud	Parte proporcional de accesorios para interruptores magnetotérmicos	1,000	0,390	0,390
	Mano de obra	h	Oficial 1ª electricista	0,790	18,980	14,994
	Mano de obra	h	Ayudante electricista	0,200	17,080	3,416
		%	Gastos auxiliares sobre la mano de obra	0,015	18,410	0,276

Tabla 13.6 Presupuesto Detallado

Código	Tipo	Ud.	Resumen	Cantidad	Precio Ud.	Importe
P28	Partida	Ud	Interruptor magnetotérmico 250A 3 polos curva D, colocado	2,000	711,336	1422,673
	Material	Ud	Interruptor magnetotérmico 250A 3 polos curva D	1,000	692,260	692,260
	Material	Ud	Parte proporcional de accesorios para interruptores magnetotérmicos	1,000	0,390	0,390
	Mano de obra	h	Oficial 1ª electricista	0,790	18,980	14,994
	Mano de obra	h	Ayudante electricista	0,200	17,080	3,416
		%	Gastos auxiliares sobre la mano de obra	0,015	18,410	0,276
P29	Partida	Ud	Interruptor magnetotérmico 1000A 3 polos curva D, colocado	2,000	3658,221	7316,443
	Material	Ud	Interruptor magnetotérmico 1000A 3 polos curva D	1,000	3580,870	3580,870
	Material	Ud	Parte proporcional de accesorios para interruptores magnetotérmicos	1,000	0,390	0,390
	Mano de obra	h	Oficial 1ª electricista	3,500	18,980	66,430
	Mano de obra	h	Ayudante electricista	0,550	17,080	9,394
		%	Gastos auxiliares sobre la mano de obra	0,015	75,824	1,137
P30	Partida	Ud	Interruptor magnetotérmico 1250A 3 polos curva D, colocado	3,000	4019,692	12059,076
	Material	Ud	Interruptor magnetotérmico 1250A 3 polos curva D	1,000	3915,370	3915,370
	Material	Ud	Parte proporcional de accesorios para interruptores magnetotérmicos	1,000	0,390	0,390
	Mano de obra	h	Oficial 1ª electricista	4,900	18,980	93,002
	Mano de obra	h	Ayudante electricista	0,550	17,080	9,394
		%	Gastos auxiliares sobre la mano de obra	0,015	102,396	1,536
P31	Partida	Ud	Interruptor magnetotérmico 63A 3 polos curva C, colocado	1,000	132,179	132,179
	Material	Ud	Interruptor magnetotérmico 63A 3 polos curva C	1,000	122,350	122,350
	Material	Ud	Parte proporcional de accesorios para interruptores magnetotérmicos	1,000	0,390	0,390
	Mano de obra	h	Oficial 1ª electricista	0,310	18,980	5,884
	Mano de obra	h	Ayudante electricista	0,200	17,080	3,416
		%	Gastos auxiliares sobre la mano de obra	0,015	9,300	0,139

Tabla 13.7 Presupuesto Detallado

Código	Tipo	Ud.	Resumen	Cantidad	Precio Ud.	Importe
P32	Partida	Ud	Interruptor magnetotérmico 50A 2 polos curva C, colocado	4,000	120,229	480,917
	Material	Ud	Interruptor magnetotérmico 50A 2 polos curva C	1,000	110,400	110,400
	Material	Ud	Parte proporcional de accesorios para interruptores magnetotérmicos	1,000	0,390	0,390
	Mano de obra	h	Oficial 1ª electricista	0,310	18,980	5,884
	Mano de obra	h	Ayudante electricista	0,200	17,080	3,416
		%	Gastos auxiliares sobre la mano de obra	0,015	9,300	0,139
P33	Partida	Ud	Interruptor magnetotérmico 63A 2 polos curva C, colocado	1,000	130,629	130,629
	Material	Ud	Interruptor magnetotérmico 63A 2 polos curva C	1,000	120,800	120,800
	Material	Ud	Parte proporcional de accesorios para interruptores magnetotérmicos	1,000	0,390	0,390
	Mano de obra	h	Oficial 1ª electricista	0,310	18,980	5,884
	Mano de obra	h	Ayudante electricista	0,200	17,080	3,416
		%	Gastos auxiliares sobre la mano de obra	0,015	9,300	0,139
P34	Partida	Ud	Generador de emergencia Wärtsilä 520W4L20 de 651 KVA, colocado	1,000	105187,009	105187,009
	Material	Ud	Generador de emergencia Wärtsilä 520W4L20 de 651 KVA	1,000	104821,000	104821,000
	Mano de obra	h	Oficial 1ª electricista	10,000	18,980	189,800
	Mano de obra	h	Ayudante electricista	10,000	17,080	170,800
		%	Gastos auxiliares sobre la mano de obra	0,015	360,600	5,409
P35	Partida	Ud	Generador auxiliar Wärtsilä 670W4L20 de 858 KVA, colocado	3,000	143087,009	429261,027
	Material	Ud	Generador de emergencia Wärtsilä 670W4L20 de 858 KVA	1,000	142721,000	142721,000
	Mano de obra	h	Oficial 1ª electricista	10,000	18,980	189,800
	Mano de obra	h	Ayudante electricista	10,000	17,080	170,800
		%	Gastos auxiliares sobre la mano de obra	0,015	360,600	5,409
P36	Partida	Ud	Transformador marino de 75 KVA 400/230 V 50 Hz, colocado	2,000	6476,332	12952,664
	Material	Ud	Transformador marino de 75 KVA 400/230 V 50 Hz	1,000	6328,000	6328,000
	Mano de obra	h	Oficial 1ª electricista	5,000	18,980	94,900
	Mano de obra	h	Ayudante electricista	3,000	17,080	51,240
		%	Gastos auxiliares sobre la mano de obra	0,015	146,140	2,192

14. Bibliografía

BAQUERIZO, M. **Lecciones de Electricidad aplicada al buque**. Madrid: Fondo editorial de Ingeniería Naval, 1976

Boix, O. ; Sainz, L. ; Córcoles, F. ; Suelves, F., **Tecnología Eléctrica**. Barcelona: Ed. Ceysa, 2002

CASALS, Pau i BOSCH, Ricard . **Máquinas Eléctricas, aplicaciones de ingeniería eléctrica a instalaciones navales y marinas. Prácticas**. Barcelona: Edicions UPC, 2005

Faure, R. **Máquinas y Accionamientos Eléctricos**. Madrid: Fondo editorial de Ingeniería Naval, 2000

HALL, D.T. **Practical Marine Electrical Knowledge**. London: M.I.E.E., 1992

López, A. **Sistemas Eléctricos y Electrónicos a Bordo, Diseño General de la Planta Eléctrica**. Madrid: ETSIN, 2007

López, A. **Sistemas Eléctricos y Electrónicos a Bordo, Distribución Eléctrica a Bordo**. Madrid: ETSIN, 2007

Páginas Web:

<http://www.gl-group.com/en/group/index> (enero 2013)

www.itec.cat (marzo 2013)

15. Conclusiones

De la realización del presente proyecto se ha obtenido una serie de conclusiones. Se ha constatado que la aplicación de una normativa a la hora de realizar un proyecto, aunque por un lado limita y restringe, por otro facilita la toma de decisiones y simplifica en muchos casos los cálculos, a la vez que guía en la realización del proyecto.

Por otro lado, se ha estudiado la sistemática de diseño de instalaciones eléctricas a bordo de buques. Del análisis de la normativa se han diferenciado las necesidades que se requieren en función del tipo de buque y de las características de éste.

Finalmente, de la realización del presupuesto, también se ha podido constatar el factor predominante que impone el coste del proyecto sobre criterios técnicos a la hora de seleccionar equipos y materiales.

PLANOS