



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

Trabajo Fin de Máster
CURSO 2017/2018

BUQUE BULKCARRIER DE 44.500 T.P.M.

Máster en Ingeniería Naval y Oceánica

ALUMNA

Lucía Cachaza Vázquez

TUTORAS/ES

Luis Manuel Carral Couce

FECHA

SEPTIEMBRE 2018



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

**TRABAJO FIN DE MÁSTER
CURSO 2017/2018**

BUQUE BULKCARRIER DE 44.500 T.P.M.

Máster en Ingeniería Naval y Oceánica

CUADERNO 11

DEFINICIÓN DE LA PLANTA ELÉCTRICA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA
PROYECTO FIN DE MASTER

CURSO 2.017-2.018

PROYECTO NÚMERO 18-03

TIPO DE BUQUE: Bulkcarrier

CLASIFICACIÓN, COTA Y REGLAMENTOS DE APLICACIÓN: ABS SOLAS
MARPOL. DOBLE CASCO

CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA: 44.500 T.P.M. Grano, mineral, carbón

VELOCIDAD Y AUTONOMÍA: 15 nudos en servicio AL 85% MCR +15%. MM
15.000 millas a la velocidad de servicio.

SISTEMAS Y EQUIPOS DE CARGA / DESCARGA: Escotillas de accionamiento
hidráulico.

PROPULSIÓN: Motor diesel acoplado a una hélice de paso fijo

TRIPULACIÓN Y PASAJE: 28 personas

OTROS EQUIPOS E INSTALACIONES: Los habituales en este tipo de buque

Ferrol, Octubre de 2.017

ALUMNO: D^a Lucía Cachaza

ÍNDICE

1	Introducción	5
2	Elección de las características de la distribución eléctrica	6
2.1	Tipo de corriente	6
2.2	Tensiones y frecuencias	6
2.2.1	Instalaciones de fuerza y calefacción	6
2.2.2	Instalaciones de alumbrado	6
2.2.3	Instalaciones especiales	6
3	Balance eléctrico	7
3.1	Estimación de la potencia consumida	7
3.2	Alumbrado	8
3.3	Cálculo del balance eléctrico	12
3.4	Resumen balance eléctrico	21
4	Elección de los grupos generadores	22
5	Diagrama unifilar de la planta eléctrica	25
6	Referencias	26
	ANEXO I. Características de los diésel generadores	27
	ANEXO II. Características diésel generador de emergencia	28
	ANEXO III. Diagrama unifilar de la planta eléctrica	29

1 INTRODUCCIÓN

En este cuaderno se obtendrá el dimensionamiento de la planta eléctrica del buque. Se determinará la cantidad de energía eléctrica que consumirán todos los equipos del buque y a partir de aquí, se seleccionarán los generadores de energía que nos proporcionen esa energía necesaria.

Además, se dimensionará un generador de emergencia, el cual deberá entrar en funcionamiento si se produce una caída de la planta principal, alimentando los sistemas esenciales para la supervivencia del buque.

Finalmente, se realizará un diagrama unifilar básico.

Las características principales de nuestro buque son:

$$DWT = 44.500 \text{ t}$$

$$Lpp = 180,14 \text{ m}$$

$$B = 29,66 \text{ m}$$

$$D = 16,13 \text{ m}$$

$$T = 12,07 \text{ m}$$

2 ELECCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA

2.1 Tipo de corriente

El suministro de energía eléctrica al buque desde los generadores se realizará a través de corriente trifásica. Este tipo de sistema tiene una serie de ventajas, entre las que se encuentran: los transformadores que se precisan son de menor tamaño por lo que se traduce en un ahorro de espacio y de costes, menor mantenimiento de generadores y motores, los cables utilizados para el transporte de energía son de menor sección, permite utilizar tensiones más elevadas a menor coste...

2.2 Tensiones y frecuencias

2.2.1 Instalaciones de fuerza y calefacción

En lo referente a la tensión y frecuencia de distribución, se plantean dos tipos: 380V/50Hz y 440V/60Hz.

Un criterio de elección determinante es la ruta que va a realizar el buque ya que el primer tipo de distribución es propio de Europa y el segundo de América.

En este caso, la ruta se realizará tanto en Europa como en América. Ya que se trata de un buque español nos quedamos con 380/50Hz, además para nosotros será más sencillo encontrar equipos que trabajen a esta frecuencia.

2.2.2 Instalaciones de alumbrado

Se alimentarán con una tensión de 220V y 50 Hz de frecuencia. Mediante una distribución monofásica en paralelo.

Esta corriente se obtendrá por medio de un transformador.

2.2.3 Instalaciones especiales

Se dispondrá de una red continua de 24V que alimentará las luces de navegación, las luces de señales, las luces de morse, los aparatos de navegación y comunicaciones y el motor de arranque del generador de emergencia. Esta corriente será obtenida a partir de baterías de acumuladores, que se cargan de la red de 380V mediante rectificadores.

3 BALANCE ELÉCTRICO

Debemos considerar las distintas condiciones de funcionamiento del buque, lo que nos permite diferenciar las posibles demandas de potencia en cada una de estas condiciones. El consumo de potencia variará sustancialmente en cada una de las mismas. Las condiciones consideradas serán las siguientes:

- Navegación
- Maniobra
- Puerto
- Emergencia

3.1 Estimación de la potencia consumida

Para el cálculo de la potencia consumida se definirán una serie de coeficientes, los cuales ayudarán a establecer la potencia consumida para cada equipo.

- Factor de utilización (K_u)

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

donde:

K_u : factor de utilización.

K_n : factor de simultaneidad en marcha.

- Factor de simultaneidad de marcha (K_n)

Se define a partir de la relación entre número de aparatos simultáneamente en servicio y número de aparatos instalados a bordo.

$$K_n = \frac{\text{en funcionamiento}}{\text{instalados}}$$

- Factor de servicio y régimen (K_{sr})

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

donde:

K_s : factor de servicio. Representa el número de horas que está en marcha a lo largo del día. Cociente entre el número de horas, N, y 24.

K_r : factor de régimen. Relación entre la potencia consumida por el equipo y la potencia instalada a bordo.

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

$$P_u = K_u \times P$$

P_u : potencia consumida por el equipo.

P : potencia total instalada del equipo.

3.2 Alumbrado

Alumbrado interior

Para el cálculo del alumbrado interior se ha seguido la teoría desarrollada en el libro “*Electricidad aplicada al buque*” de D. Manuel Baquerizo, en el que se emplea la siguiente expresión:

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

donde:

L : Flujo luminoso en lúmenes (lm)

E : Iluminancia en luxes (lx)

S : Superficie a iluminar (m²)

F_d : Factor de suciedad

F_u : Factor de utilización, fijado en 0,5 para alumbrado directo.

Los datos obtenidos para la iluminación interior de nuestro buque teniendo en cuenta las medidas de las superficies de cada compartimento son:

ESPACIO	S (m ²)	E (lx)	Fu	Fd	Potencia flujo luminoso - L (lm)	Potencia eléctrica, kW
Gambuza seca	35,20	250	0,5	1,5	26400	0,352
Gambuza refrigerada	35,20	250	0,5	1,5	26400	0,352
Gambuza de productos estibados	41,70	250	0,5	1,5	31275	0,417
Camarote Babor (3 plazas)	41,28	200	0,5	1,5	24768	0,330
Camarote Estribor (3 plazas)	41,28	200	0,5	1,5	24768	0,330
Vestuarios	13,11	200	0,5	1,75	9177	0,122
Aseos comunes con duchas	13,19	200	0,5	1,5	7914	0,106
Troncos Br.	4,80	125	0,5	1,25	1500	0,020
Tronco Estrb.	4,80	125	0,5	1,25	1500	0,020
Tronco de escaleras	4,80	125	0,5	1,25	1500	0,020
Tronco Ascensor	7,20	100	0,5	1,75	2520	0,034

Cocina y zona de fregaderos	23,20	300	0,5	1,75	24360	0,325
Gambuza de platos del día	13,97	250	0,5	1,5	10477,5	0,140
Oficio del comedor de tripulación	6,92	250	0,5	1,75	6055	0,081
Oficio del comedor de oficiales	6,92	250	0,5	1,75	6055	0,081
Comedor tripulación con sala de estar anexa	70,24	250	0,5	1,4	49168	0,656
Comedor oficiales con sala de estar anexa	70,24	250	0,5	1,4	49168	0,656
4 Camarotes individuales	57,60	250	0,5	1,5	43200	0,576
Enfermería	28,79	500	0,5	1,5	43185	0,576
Lavandería y planchado con sala anexa	32,80	300	0,5	1,75	34440	0,459
Tronco Ascensores	7,20	100	0,5	1,75	2520	0,034
Tronco de escaleras	12,00	125	0,5	1,25	3750	0,050
2 Troncos de conductos de tuberías	9,60	125	0,5	1,25	3000	0,040
Gimnasio	39,15	250	0,5	1,25	24468,75	0,326
Salón de juegos tripulación	34,8	200	0,5	1,75	24360	0,325
Sala de estar - biblioteca	34,8	250	0,5	1,25	21750	0,290
4 camarotes individuales	60	250	0,5	1,5	45000	0,600
2 camarotes dobles	57,2	200	0,5	1,5	34320	0,458
Tronco Ascensores	7,2	100	0,5	1,75	2520	0,034
Tronco escaleras	12	125	0,5	1,25	3750	0,050
2 Troncos de conductos	9,6	125	0,5	1,25	3000	0,040

Lavandería tripulación	34,8	125	0,5	2	17400	0,232
Sala de juegos oficiales	32	200	0,5	1,75	22400	0,299
2 camarotes dobles	57,2	200	0,5	1,5	34320	0,458
4 camarotes individuales	60	250	0,5	1,5	45000	0,600
Tronco de ascensores	7,2	100	0,5	1,75	2520	0,034
Tronco de escaleras	12	125	0,5	1,25	3750	0,050
2 Troncos de conductos	9,6	125	0,5	1,25	3000	0,040
Lavandería oficiales	34,8	300	0,5	1,75	36540	0,487
Camarote del armador con despacho anterior	31,32	250	0,5	1,5	23490	0,313
Camarote del capitán con despacho anterior	28,7	250	0,5	1,5	21525	0,287
Camarote jefe de máquinas con despacho anterior	28,7	250	0,5	1,5	21525	0,287
4 camarotes individuales de oficiales	77,6	250	0,5	1,5	58200	0,776
Sala de reuniones	31,32	250	0,5	1,25	19575	0,261
Tronco de ascensores	7,2	100	0,5	1,75	2520	0,034
Tronco de escaleras	12	125	0,5	1,25	3750	0,050
Tronco de conductos	9,6	125	0,5	1,25	3000	0,040
Puente de gobierno	114,84	500	0,5	1,5	172260	2,297
Sala de derrota	20,8	300	0,5	1,5	18720	0,250
Aseo del puente	3,72	200	0,5	1,5	2232	0,030
Local de baterías	11,6	250	0,5	1,75	10150	0,135

Local de maquinaria para ascensor	3,42	250	0,5	1,75	2992,5	0,040
Tronco ascensor	7,2	100	0,5	1,75	2520	0,034
Tronco escaleras	12	125	0,5	1,25	3750	0,050
Tronco de conductos	0,94	125	0,5	1,25	293,75	0,004
Cámara de máquinas	578,37	350	0,5	2,5	1012147,5	13,495
				Σ	1123702,500	28,478

Se utilizarán lámparas fluorescentes, ya que su consumo es menor y su rendimiento mayor. Su rendimiento es de entre 60 a 95 lm/W. En este caso se ha tomado un valor de 75 lm/W.

Alumbrado exterior

Dentro del alumbrado exterior diferenciamos las proyecciones y las luces de navegación.

Las **proyecciones** que se dispondrán en el exterior del buque para maniobras de amarre y fondeo o para trabajos en la cubierta principal o en la toldilla, entre otros servicios.

Situación	Zona a iluminar	Potencia unitaria (W)	Número	Potencia total (kW)
Proa	Maniobras de amarre y puerta	1000	4	4
Chimenea	Cubierta de carga	1000	2	2
Popa	Maniobras de amarre	500	2	1
Real, a cada banda	Accesos al buque	200	2	0,4
En las bandas	Cubierta de botes y balsas	200	10	2
				9,4

Proyector LED 500w»2.500W 40.000Lm 6000K PREMIUM XL



Foco proyector LED 200W 90L/W IP66 resistente al agua



Para las **luces de navegación** se han tomado potencias aproximadas, consultando en internet algunas marcas de luces como Lopolight, Attwood y Perko son las que se definen a continuación:

Situación	Color	Arco de visibilidad	Millas	Potencia, W
De tope	Blanca	225°	6	12
De costado	Verde	112,5°	3	4
De costado	Roja	112,5°	3	4
De alcance	Blanca	135°	3	4
De remolque	Amarilla	135°	3	4
De todo horizonte	Branca	360°	3	4
				32

3.3 Cálculo del balance eléctrico

Previamente, para obtener el balance eléctrico debemos de calcular las potencias absorbidas por todos los aparatos de nuestro buque que consumen energía eléctrica.

El balance eléctrico está desglosado en una serie de partidas:

- Servicios auxiliares de la cámara de máquinas.
- Auxiliares varios.
- Servicios de fonda y hotel
- Aire acondicionado y ventilación
- Equipos de fondeo, amarre y gobierno
- Equipo de alumbrado y navegación

A continuación, el balance eléctrico obtenido para cada equipo considerando las condiciones anteriormente nombradas:

BALANCE EN NAVEGACIÓN

	Consumidor	Nº UNIDADES	Nº SERVICIO	Potencia nominal (unidad), kW	Potencia nominal instalada, kW	kn	ks	kr	ksr	ku	P, kW
SERVICIOS AUXILIARES CÁMARA DE MÁQUINAS	Bomba agua salada	2	1	37,00	74,00	0,50	1,00	0,85	0,85	0,43	31,45
	Bomba agua dulce	2	1	37,00	74,00	0,50	1,00	0,85	0,85	0,43	31,45
	Bomba refrigeración camisas	2	1	30,00	60,00	0,50	1,00	0,85	0,85	0,43	25,50
	Bomba aceite lubricación	2	1	30,00	60,00	0,50	1,00	0,85	0,85	0,43	25,50
	Bomba suministro de FO	2	1	0,37	0,74	0,50	1,00	0,85	0,85	0,43	0,31
	Bomba circulación de FO	2	1	0,55	1,10	0,50	1,00	0,85	0,85	0,43	0,47
	Bomba trasiego de combustible	2	1	0,42	0,84	0,50	1,00	0,85	0,85	0,43	0,36
	Compresores de aire de arranque	2	0	1,10	2,20	0,00	0,00	0,85	0,00	0,00	0,00
	TOTAL					272,88					
AUXILIARES VARIOS	Bomba de lastre	2	1	36,00	72,00	0,50	0,25	0,85	0,21	0,11	7,65
	Bomba de achique de sentinas	2	1	30,00	60,00	0,50	0,25	0,85	0,21	0,11	6,38
	Bomba contraincendios	2	0	26,00	52,00	0,00	0,00	0,85	0,00	0,00	0,00
	Bomba contraincendios emergencia	2	0	26,00	52,00	0,00	0,00	0,85	0,00	0,00	0,00
	Bomba agua nebulizada	2	1	18,50	37,00	0,50	0,50	0,85	0,43	0,21	7,86
	Generador de agua dulce	1	1	6,70	6,70	1,00	1,00	0,85	0,85	0,85	5,70
	Tratamiento aguas sucias	1	1	2,85	2,85	1,00	1,00	0,85	0,85	0,85	2,42
	Tratamiento de lastre	1	0	11	11,00	0,00	0,00	0,85	0,00	0,00	0,00
	Trituradora	1	1	3,6	3,60	1,00	1,00	0,85	0,85	0,85	3,06
	Compactadora	1	1	3,6	3,60	1,00	1,00	0,85	0,85	0,85	3,06
	Incinerador	1	1	190	190,00	1,00	1,00	0,85	0,85	0,85	161,50
	TOTAL					490,75					

SERVICIOS DE FONDA Y HOTEL	Cocina eléctrica	1	1	18,00	18,00	1,00	0,50	0,85	0,43	0,43	7,65
	Frigorífico	2	1	0,90	1,80	0,50	1,00	0,85	0,85	0,43	0,77
	Horno	2	1	6,00	12,00	0,50	0,50	0,85	0,43	0,21	2,55
	Microondas	2	1	1,20	2,40	0,50	0,50	0,85	0,43	0,21	0,51
	Lavaplatos	2	1	12,30	24,60	0,50	0,50	0,85	0,43	0,21	5,23
	Electrodomésticos varios	1	1	60	60,00	1,00	0,50	0,85	0,43	0,43	25,50
	Gambuza refrigerada	1	1	16	16,00	1,00	1,00	0,85	0,85	0,85	13,60
	TOTAL					118,80					
AIRE ACONDICIONADO Y VENTILACIÓN	Aire acondicionado o habilitación	1	1	4,50	4,50	1,00	1,00	0,85	0,85	0,85	3,83
	Ventilación CCMM	9	4	5	45,00	0,44	1,00	0,85	0,85	0,38	17,00
	TOTAL					49,50					
EQUIPO DE FONDEO, AMARRE Y GOBIERNO	Molinete de anclas	2	0	180,00	360,00	0,00	0,00	0,85	0,00	0,00	0,00
	Chigres	4	0	109,00	436,00	0,00	0,00	0,85	0,00	0,00	0,00
	Servomotor	2	1	126	252,00	0,50	0,5	0,85	0,43	0,21	53,55
	TOTAL					1048,00					
EQUIPO DE ALUMBRADO Y NAVEGACIÓN	Equipo de navegación	1	1	50,00	50,00	1,00	0,50	0,85	0,43	0,43	21,25
	Equipo de comunicaciones exteriores	1	1	4,00	4,00	1,00	0,50	0,85	0,43	0,43	1,70
	Equipo de comunicaciones interiores	1	1	2,00	2,00	1,00	0,50	0,85	0,43	0,43	0,85
	Alumbrado habilitación	1	1	14,98	14,98	1,00	1,00	0,85	0,85	0,85	12,74
	Alumbrado CCMM	1	1	13,50	13,50	1,00	1,00	0,85	0,85	0,85	11,47
	Alumbrado exterior (luces de navegación)	1	1	32,00	32,00	1,00	0,50	0,85	0,43	0,43	13,60
	Alumbrado exterior (proyectores)	1	0	9,40	9,40	0,00	0,00	0,85	0,00	0,00	0,00
	TOTAL					125,88					
TOTAL					2105,81						490,85

BALANCE EN MANIOBRA

	Consumidor	Nº UNIDADES	Nº SERVICIO	Potencia nominal (unidad), kW	Potencia nominal instalada, kW	kn	ks	kr	ksr	ku	P, kW
SERVICIOS AUXILIARES CÁMARA DE MÁQUINAS	Bomba agua salada	2	1	37,00	48,62	0,50	1,00	0,85	0,85	0,43	20,66
	Bomba agua dulce	2	1	37,00	42,99	0,50	1,00	0,85	0,85	0,43	18,27
	Bomba refrigeración camisas	2	1	30,00	14,33	0,50	1,00	0,85	0,85	0,43	6,09
	Bomba aceite lubricación	2	1	30,00	81,25	0,50	1,00	0,85	0,85	0,43	34,53
	Bomba suministro de FO	2	1	0,37	5,28	0,50	1,00	0,85	0,85	0,43	2,25
	Bomba circulación de FO	2	1	0,55	47,39	0,50	1,00	0,85	0,85	0,43	20,14
	Bomba trasiego de combustible	2	1	0,42	0,84	0,50	1,00	0,85	0,85	0,43	0,36
	Compresores de aire de arranque	2	0	1,10	81,25	0,00	0,00	0,85	0,00	0,00	0,00
	TOTAL					321,94					
AUXILIARES VARIOS	Bomba de lastre	2	0	36,00	72,00	0,00	0,00	0,85	0,00	0,00	0,00
	Bomba de achique de sentinas	2	0	30,00	60,00	0,00	0,00	0,85	0,00	0,00	0,00
	Bomba contraincendios	2	1	26,00	52,00	0,50	1,00	0,85	0,85	0,43	22,10
	Bomba contraincendios emergencia	2	0	26,00	52,00	0,00	0,00	0,85	0,00	0,00	0,00
	Bomba agua nebulizada	2	1	18,50	37,00	0,50	1,00	0,85	0,85	0,43	15,73
	Generador de agua dulce	1	1	6,70	6,70	1,00	1,00	0,85	0,85	0,85	5,70
	Tratamiento aguas sucias	1	1	2,85	2,85	1,00	1,00	0,85	0,85	0,85	2,42
	Tratamiento de lastre	1	1	11,00	11,00	1,00	1,00	0,85	0,85	0,85	9,35
	Trituradora	1	1	3,6	3,60	1,00	1,00	0,85	0,85	0,85	3,06
	Compactadora	1	1	3,6	3,60	1,00	1,00	0,85	0,85	0,85	3,06
	Incinerador	1	1	190	190,00	1,00	1,00	0,85	0,85	0,85	161,50
	TOTAL					490,75					

SERVICIOS DE FONDA Y HOTEL	Cocina eléctrica	1	1	18,00	18,00	1,00	0,50	0,85	0,43	0,43	7,65
	Frigorífico	2	1	0,90	1,80	0,50	1,00	0,85	0,85	0,43	0,77
	Horno	2	1	6,00	12,00	0,50	0,50	0,85	0,43	0,21	2,55
	Microondas	2	1	1,20	2,40	0,50	0,50	0,85	0,43	0,21	0,51
	Lavaplatos	2	1	12,30	24,60	0,50	0,58	0,85	0,50	0,25	6,10
	Electrodomésticos varios	1	1	60	60,00	1,00	0,58	0,85	0,50	0,50	29,75
	Gambuza refrigerada	1	1	16	16,00	1,00	1,00	0,85	0,85	0,85	13,60
	TOTAL					118,80					
AIRE ACONDICIONADO Y VENTILACIÓN	Aire acondicionado o habilitación	1	1	4,50	4,50	1,00	1,00	0,85	0,85	0,85	3,83
	Ventilación CCMM	9	4	5	45,00	0,44	1,00	0,85	0,85	0,38	17,00
	TOTAL					49,50					
EQUIPO DE FONDEO, AMARRE Y GOBIERNO	Molinete de anclas	2	1	180,00	360,00	0,50	1,00	0,85	0,85	0,43	153,00
	Chigres	4	1	109,00	436,00	0,25	0,50	0,85	0,43	0,11	46,33
	Servomotor	2	1	126	252,00	0,50	1,00	0,85	0,85	0,43	107,10
	TOTAL					1048,00					
EQUIPO DE ALUMBRADO Y NAVEGACIÓN	Equipo de navegación	1	1	50,00	50,00	1,00	1,00	0,85	0,85	0,85	42,50
	Equipo de comunicaciones exteriores	1	1	4,00	4,00	1,00	1,00	0,85	0,85	0,85	3,40
	Equipo de comunicaciones interiores	1	1	2,00	2,00	1,00	1,00	0,85	0,85	0,85	1,70
	Alumbrado habilitación	1	1	14,98	14,98	1,00	1,00	0,85	0,85	0,85	12,74
	Alumbrado CCMM	1	1	13,50	13,50	1,00	1,00	0,85	0,85	0,85	11,47
	Alumbrado exterior (luces de navegación)	1	1	32,00	32,00	1,00	1,00	0,85	0,85	0,85	27,20
	Alumbrado exterior (proyectores)	1	0	9,40	9,40	0,00	0,00	0,85	0,00	0,00	0,00
	TOTAL					125,88					
TOTAL					2154,86						798,79

BALANCE EN PUERTO

	Consumidor	Nº UNIDADES	Nº SERVICIO	Potencia nominal (unidad), kW	Potencia nominal instalada, kW	kn	ks	kr	ksr	ku	P, kW
SERVICIOS AUXILIARES CÁMARA DE MÁQUINAS	Bomba agua salada	2	0	37,00	48,62	0,00	0,00	0,85	0,00	0,00	0,00
	Bomba agua dulce	2	1	37,00	42,99	0,50	1,00	0,85	0,85	0,43	18,27
	Bomba refrigeración camisas	2	0	30,00	14,33	0,00	0,00	0,85	0,00	0,00	0,00
	Bomba aceite lubricación	2	0	30,00	81,25	0,00	0,00	0,85	0,00	0,00	0,00
	Bomba suministro de FO	2	0	0,37	5,28	0,00	0,00	0,85	0,00	0,00	0,00
	Bomba circulación de FO	2	0	0,55	47,39	0,00	0,00	0,85	0,00	0,00	0,00
	Bomba trasiego de combustible	2	0	0,42	0,84	0,00	0,00	0,85	0,00	0,00	0,00
	Compresores de aire de arranque	2	1	1,10	81,25	0,50	0,04	0,85	0,04	0,02	1,44
	TOTAL					321,94					
AUXILIARES VARIOS	Bomba de lastre	2	1	36,00	72,00	0,50	1,00	0,85	0,85	0,43	30,60
	Bomba de achique de sentinas	2	1	30,00	60,00	0,50	1,00	0,85	0,85	0,43	25,50
	Bomba contraincendios	2	0	26,00	52,00	0,00	0,00	0,85	0,00	0,00	0,00
	Bomba contraincendios emergencia	2	0	26,00	52,00	0,00	0,00	0,85	0,00	0,00	0,00
	Bomba agua nebulizada	2	0	18,50	37,00	0,00	0,00	0,85	0,00	0,00	0,00
	Generador de agua dulce	1	1	6,70	6,70	1,00	1,00	0,85	0,85	0,85	5,70
	Tratamiento aguas sucias	1	0	2,85	2,85	0,00	0,00	0,85	0,00	0,00	0,00
	Tratamiento de lastre	1	0	11	11,00	0,00	0,00	0,85	0,00	0,00	0,00
	Trituradora	1	0	3,6	3,60	0,00	0,00	0,85	0,00	0,00	0,00
	Compactadora	1	0	3,6	3,60	0,00	0,00	0,85	0,00	0,00	0,00
	Incinerador	1	0	190	190,00	0,00	0,00	0,85	0,00	0,00	0,00
	TOTAL					490,75					

SERVICIOS DE FONDA Y HOTEL	Cocina eléctrica	1	1	18,00	18,00	1,00	0,50	0,85	0,43	0,43	7,65
	Frigorífico	2	1	0,90	1,80	0,50	1,00	0,85	0,85	0,43	0,77
	Horno	2	1	6,00	12,00	0,50	0,50	0,85	0,43	0,21	2,55
	Microondas	2	1	1,20	2,40	0,50	0,50	0,85	0,43	0,21	0,51
	Lavaplatos	2	1	12,30	24,60	0,50	0,50	0,85	0,43	0,21	5,23
	Electrodomésticos varios	1	1	60	60,00	1,00	0,50	0,85	0,43	0,43	25,50
	Gambuza refrigerada	1	1	16	16,00	1,00	1,00	0,85	0,85	0,85	13,60
	TOTAL					118,80					
AIRE ACONDICIONADO Y VENTILACIÓN	Aire acondicionado o habilitación	1	1	4,50	4,50	1,00	1,00	0,85	0,85	0,85	3,83
	Ventilación CCMM	9	4	5	45,00	0,44	1,00	0,85	0,85	0,38	17,00
	TOTAL					49,50					
EQUIPO DE FONDEO, AMARRE Y GOBIERNO	Molinete de anclas	2	0	180,00	360,00	0,00	0,00	0,85	0,00	0,00	0,00
	Chigres	4	0	109,00	436,00	0,00	0,00	0,85	0,00	0,00	0,00
	Servomotor	2	0	126	252,00	0,00	0	0,85	0,00	0,00	0,00
	TOTAL					1048,00					
EQUIPO DE ALUMBRADO Y NAVEGACIÓN	Equipo de navegación	1	0	50,00	50,00	0,00	0,00	0,85	0,00	0,00	0,00
	Equipo de comunicaciones exteriores	1	1	4,00	4,00	1,00	1,00	0,85	0,85	0,85	3,40
	Equipo de comunicaciones interiores	1	1	2,00	2,00	1,00	1,00	0,85	0,85	0,85	1,70
	Alumbrado habilitación	1	1	14,98	14,98	1,00	1,00	0,85	0,85	0,85	12,74
	Alumbrado CCMM	1	1	13,50	13,50	1,00	1,00	0,85	0,85	0,85	11,47
	Alumbrado exterior (luces de navegación)	1	0	32,00	32,00	0,00	0,00	0,85	0,00	0,00	0,00
	Alumbrado exterior (proyectores)	1	1	9,40	9,40	1,00	1,00	0,85	0,85	0,85	7,99
	TOTAL					125,88					
TOTAL					2154,86						181,83

BALANCE EN EMERGENCIA

	Consumidor	Nº UNIDADES	Nº SERVICIO	Potencia nominal (unidad), kW	Potencia nominal instalada, kW	kn	ks	kr	ksr	ku	P, kW
SERVICIOS AUXILIARES CÁMARA DE MÁQUINAS	Bomba agua salada	2	0	37,00	48,62	0,00	0,00	0,85	0,00	0,00	0,00
	Bomba agua dulce	2	0	37,00	42,99	0,00	0,00	0,85	0,00	0,00	0,00
	Bomba refrigeración camisas	2	0	30,00	14,33	0,00	0,00	0,85	0,00	0,00	0,00
	Bomba aceite lubricación	2	0	30,00	81,25	0,00	0,00	0,85	0,00	0,00	0,00
	Bomba suministro de FO	2	0	0,37	5,28	0,00	0,00	0,85	0,00	0,00	0,00
	Bomba circulación de FO	2	0	0,55	47,39	0,00	0,00	0,85	0,00	0,00	0,00
	Bomba trasiego de combustible	2	0	0,42	0,84	0,00	0,00	0,85	0,00	0,00	0,00
	Compresores de aire de arranque	2	0	1,10	81,25	0,00	0,00	0,85	0,00	0,00	0,00
	TOTAL					321,94					
AUXILIARES VARIOS	Bomba de lastre	2	0	36,00	72,00	0,00	0,00	0,85	0,00	0,00	0,00
	Bomba de achique de sentinas	2	0	30,00	60,00	0,00	0,00	0,85	0,00	0,00	0,00
	Bomba contraincendios	2	2	26,00	52,00	1,00	1,00	0,85	0,85	0,85	44,20
	Bomba contraincendios emergencia	2	0	26,00	52,00	0,00	0,00	0,85	0,00	0,00	0,00
	Bomba agua nebulizada	2	2	18,50	37,00	1,00	1,00	0,85	0,85	0,85	31,45
	Generador de agua dulce	1	0	6,70	6,70	0,00	0,00	0,85	0,00	0,00	0,00
	Tratamiento aguas sucias	1	0	2,85	2,85	0,00	0,00	0,85	0,00	0,00	0,00
	Tratamiento de lastre	1	0	11,00	11,00	0,00	0,00	0,85	0,00	0,00	0,00
	Trituradora	1	0	3,6	3,60	0,00	0,00	0,85	0,00	0,00	0,00
	Compactadora	1	0	3,6	3,60	0,00	0,00	0,85	0,00	0,00	0,00
Incinerador	1	0	190	190,00	0,00	0,00	0,85	0,00	0,00	0,00	

	TOTAL				490,75						75,65
SERVICIOS DE FONDA Y HOTEL	Cocina eléctrica	1	0	18,00	18,00	0,00	0,00	0,85	0,00	0,00	0,00
	Frigorífico	2	0	0,90	1,80	0,00	0,00	0,85	0,00	0,00	0,00
	Horno	2	0	6,00	12,00	0,00	0,00	0,85	0,00	0,00	0,00
	Microondas	2	0	1,20	2,40	0,00	0,00	0,85	0,00	0,00	0,00
	Lavaplatos	2	0	12,30	24,60	0,00	0,00	0,85	0,00	0,00	0,00
	Electrodomésticos varios	1	0	60	60,00	0,00	0,00	0,85	0,00	0,00	0,00
	Gambuza refrigerada	1	0	16	16,00	0,00	0,00	0,85	0,00	0,00	0,00
	TOTAL				118,80						0,00
AIRE ACONDICIONADO Y VENTILACIÓN	Aire acondicionado o habitación	1	0	4,50	4,50	0,00	0,00	0,85	0,00	0,00	0,00
	Ventilación CCMM	9	0	5	45,00	0,00	0,00	0,85	0,00	0,00	0,00
	TOTAL				49,50						0,00
EQUIPO DE FONDEO, AMARRE Y GOBIERNO	Molinete de anclas	2	1	180,00	360,00	0,50	0,75	0,85	0,64	0,32	114,75
	Chigres	4	0	109,00	436,00	0,00	0,00	0,85	0,00	0,00	0,00
	Servomotor	2	1	126	252,00	0,50	0,75	0,85	0,64	0,32	80,33
	TOTAL				1048,00						195,08
EQUIPO DE ALUMBRADO O Y NAVEGACIÓN	Equipo de navegación	1	1	50,00	50,00	1,00	0,75	0,85	0,64	0,64	31,88
	Equipo de comunicaciones exteriores	1	1	4,00	4,00	1,00	0,75	0,85	0,64	0,64	2,55
	Equipo de comunicaciones interiores	1	1	2,00	2,00	1,00	0,75	0,85	0,64	0,64	1,28
	Alumbrado habitación	1	1	14,98	14,98	1,00	0,75	0,85	0,64	0,64	9,55
	Alumbrado CCMM	1	1	13,50	13,50	1,00	0,75	0,85	0,64	0,64	8,60
	Alumbrado exterior (luces de navegación)	1	1	32,00	32,00	1,00	0,75	0,85	0,64	0,64	20,40
	Alumbrado exterior (proyectores)	1	1	9,40	9,40	1,00	0,13	0,85	0,11	0,11	1,00
	TOTAL				125,88						75,25
TOTAL				2154,86						345,98	

3.4 Resumen balance eléctrico

	INSTALADA (kW)	NAVEGACIÓN (kW)	MANIOBRA (kW)	PUERTO (kW)	EMERGENCIA (kW)
SERVICIOS AUXILIARES CÁMARA DE MÁQUINAS	321,94	115,04	102,29	19,71	0,00
AUXILIARES VARIOS	490,75	197,63	222,91	61,80	75,65
SERVICIOS DE FONDA Y HOTEL	118,80	42,20	47,32	42,20	0,00
AIRE ACONDICIONADO Y VENTILACIÓN	49,50	20,83	20,83	20,83	0,00
EQUIPO DE FONDEO, AMARRE Y GOBIERNO	1048,00	53,55	306,43	0,00	195,08
EQUIPO DE ALUMBRADO Y NAVEGACIÓN	125,88	61,61	99,01	37,30	75,25
TOTAL	2154,86	490,85	798,79	181,83	345,98

4 ELECCIÓN DE LOS GRUPOS GENERADORES

Según el Convenio SOLAS en todo buque se han de instalar al menos dos grupos generadores de energía eléctrica de forma que se pueda asegurar el funcionamiento de los equipos auxiliares del buque aún en caso de avería de uno de ellos.

Con el objetivo de minimizar los costes de mantenimiento y piezas a bordo se opta por elegir los diésel generadores de la misma casa y modelo.

A continuación, hacemos un resumen del consumo para cada una de las situaciones estudiadas, teniendo en cuenta un margen de un 20%, y a partir de dicho consumo analizamos la cantidad de grupos generadores que debemos seleccionar.

	INSTALADA (kW)	NAVEGACIÓN (kW)	MANIOBRA (kW)	PUERTO (kW)	EMERGENCIA (kW)
SERVICIOS AUXILIARES CÁMARA DE MÁQUINAS	321,94	115,04	102,29	19,71	0,00
AUXILIARES VARIOS	490,75	197,63	222,91	61,80	75,65
SERVICIOS DE FONDA Y HOTEL	118,80	42,20	47,32	42,20	0,00
AIRE ACONDICIONADO Y VENTILACIÓN	49,50	20,83	20,83	20,83	0,00
EQUIPO DE FONDEO, AMARRE Y GOBIERNO	1048,00	53,55	306,43	0,00	195,08
EQUIPO DE ALUMBRADO Y NAVEGACIÓN	125,88	61,61	99,01	37,30	75,25
TOTAL	2154,86	490,85	798,79	181,83	345,98

POTENCIA + 20%	589,02	958,54	218,19	415,17
-----------------------	---------------	---------------	---------------	---------------

A partir de los resultados obtenidos del balance eléctrico, se observa que la situación más desfavorable es la de maniobra -> 798,79 kW. Siguiendo las recomendaciones del libro "*Electricidad aplicada al buque*" de D. Manuel Baquerizo, se deberá distribuir la potencia total de la condición de maniobra en este caso, en un número de generadores de igual potencia y de tal manera que (N-1) puedan suministrar la antedicha potencia.

Será conveniente que los grupos generadores sean capaces de consumir combustibles pesados, esto redundará en una disminución de costes de explotación, además de poder aprovechar la misma planta de tratamiento de combustible dispuesta para los motores principales.

A continuación se estudian dos opciones. Para cada caso, se indica la potencia unitaria que tendrían que dar N-1 generadores para dar la potencia máxima requerida. En el primer caso, sólo un generador tendría que dar la potencia total y en el caso de 3 generadores, 2

generadores tendrían que dar la mitad de la potencia cada uno y nos quedaríamos con otro igual que sería capaz de dar también la mitad de la potencia, es decir, el de reserva.

		GRUPOS GENERADORES	
		2 (1+1)	3 (2+1)
Situación	kW	958,54	479,27
Navegación	490,85	51,21%	51,21%
Maniobra	798,79	83,33%	83,33%
Puerto	181,83	18,97%	37,94%

Analizando los datos obtenidos y además, teniendo en cuenta los buques de referencia, la mejor opción será la de instalar tres grupos de generadores.

La potencia mínima de cada uno de los diésel generadores será de 479,27 kW. A partir de este valor, consultando en la red, seleccionamos los grupos generadores que cumplan con la potencia adquirida por nuestro buque.

En este caso, hemos seleccionado los grupos diésel generadores MAN B&W HOLEBY 6L16/24, ya que cubren el rango de potencias necesarias.

Una de las principales ventajas que presentan los grupos generadores seleccionados es que están diseñados para operar con Fuel Oil pesado, al igual que los motores principales tal y como se indicó en el Cuaderno 10.

Cada generador está formado por un motor diésel de cuatro tiempos, de 570 kW a 1000 rpm y un alternador de 542 kW a 50Hz, con las características que se detallan en el ANEXO I. *Características de los diésel generadores* y que se resumen a continuación:

- Nº de cilindros:6 en línea
- Potencia del motor:570 kW
- Régimen de funcionamiento: 1000rpm
- Diámetro de los cilindros: 160mm
- Carrera: 240mm
- Peso del conjunto 10,5 tn

Una vez definido los grupos Diésel generadores, podremos comparar el % de carga en cada una de las situaciones estudiadas:

Condición	Motores funcionando	Potencia Total necesaria, kW	Potencia unitaria, kW	Carga Motor
Navegación	1	490,85	570	86%
Maniobra	2	798,79	570	71%
Puerto	1	181,83	570	32%

La carga óptima de los generadores eléctricos es entre 85% y 90% pero un valor entre el 70% y el 85% es admisible. Por lo que en este caso es admisible la carga obtenida.

En el caso que falle uno de los generadores los demás seguirán funcionando sin sobrecarga, de modo que sean posibles la propulsión y el gobierno del buque y se garantice la seguridad de este.

GENERADOR DE EMERGENCIA

Se seleccionará el generador de emergencia teniendo en cuenta los consumos reflejados en el apartado de balance eléctrico.

En esta situación, el consumo de energía eléctrica ha de ser suficiente para mantener los servicios de seguridad y maniobrabilidad del buque en condiciones de emergencia, por lo que dispondrá de un generador de emergencia que satisfaga con lo indicado en la Regla 43 del Capítulo II-1 del SOLAS.

El grupo de emergencia será autónomo y deberá poder arrancar fácilmente en frío, a una temperatura de 0°C, tal y cómo se cita en el SOLAS.

Este grupo generará corriente trifásica a 380V/50Hz con la que se alimentará el servo, las bombas de C.I, las bombas de achique de sentinas y la bomba de agua nebulizada, transformándose a 220V/50Hz para el alumbrado de emergencia y rectificándose a 24V para las luces y aparatos de navegación.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en el balance eléctrico, se realiza la selección del grupo de emergencia. En este caso, nos descantamos por el modelo MAN B&W HOLEBY 5L16/24 (*ANEXO II. Características diésel generador de emergencia*) de menor potencia que los auxiliares para tener posibles repuestos comunes.

Condición	Motores funcionando	Potencia Total necesaria, kW	Potencia unitaria, kW	Carga Motor
Emergencia	1	345,98	450	77%

5 DIAGRAMA UNIFILAR DE LA PLANTA ELÉCTRICA

En el *ANEXO III* se adjunta el diagrama unifilar de la planta eléctrica, que representa a grandes rasgos lo que sería la planta eléctrica de nuestro buque.

El sistema constará de tres diésel generadores que alimentan un cuadro principal a través de sus correspondientes interruptores.

Adicionalmente, se dispone de un generador diésel de emergencia para cubrir los servicios esenciales en caso de emergencia.

Por necesidades de seguridad y de disponibilidad, el cuadro principal de 380 V se dividirá en dos, una parte se conectará directamente a un generador principal y la otra a los otros dos. Entre ambas existe un seccionador que puede abrir y cerrar el paso de la corriente de una rama a otra.

De ambas secciones en las que se divide el cuadro principal de 380V se alimenta una línea de 220V (cuadro principal de 220V) a través de dos transformadores. Este cuadro estará dividido en dos y entre ambas partes existe un seccionador. Esta línea, suministra a los servicios de fonda y hotel, ventilación, habilitación, alumbrado y navegación que operen a esta tensión.

El cuadro de emergencia de 380 V, es alimentado por el generador diésel de emergencia que, como comentábamos anteriormente, se encargará de cubrir los servicios esenciales (bombas de achique de sentinas, bomba de accionamiento del servomotor, bombas CI y bomba de agua nebulizada). De este cuadro se alimenta una línea de 220 V de emergencia a través de dos transformadores, a la cual se conectan el equipo de alumbrado y navegación, para alimentar a estos consumidores que deben estar operativos en caso de emergencia.

Los servicios del buque se dividen en tres categorías:

Servicios esenciales: son aquellos sin los cuales el buque no podría navegar. Este tipo de servicios poseen cierta preferencia ante el resto.

Servicios no esenciales: se trata de los servicios cuyo funcionamiento no compromete el funcionamiento del sistema de propulsión, de forma que la navegabilidad no se vería comprometida en caso de que dejaran de funcionar por un posible fallo del sistema.

Servicios de emergencia: son los servicios que deben funcionar indispensablemente en caso de accidente, como pueden ser las bombas contraincendios o el equipo de gobierno. Estos servicios pueden ser alimentados tanto por los generadores principales como por el generador de emergencia.

6 REFERENCIAS

MARINE ENGINES & SYSTEMS. Man Energy Solutions 2018. https://marine.man-es.com/applications/projectguides/4stroke/manualcontent/PG_M-II_L1624.pdf

BAQUERIZO, Manuel. Selección de las características eléctricas de la instalación. Electricidad aplicada al buque. E.T.S.I.N, Madrid, 1967. ISSN: M.13.790-1967.

NauticExpo. El salón online del Sector Náutico y Marítimo.
<http://www.nauticexpo.es/fabricante-barco/luz-navegacion-barco-37077.html>

ANEXO I. CARACTERÍSTICAS DE LOS DIÉSEL GENERADORES

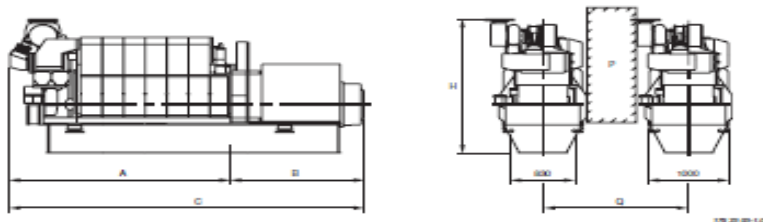
MAN Diesel

4.06

Page 1 of 3

L16/24 GenSet Data

	Bore: 160 mm		Stroke: 240 mm	
	Power layout			
	1,200 r/min Eng. kW	60 Hz Gen. kW	1,000 r/min Eng. kW	50 Hz Gen. kW
5L16/24	500	475	450	430
6L16/24	600	525	570	542
7L16/24	770	730	665	632
8L16/24	880	835	790	722
9L16/24	990	940	855	812



No. of Cyls.	A (mm)	* B (mm)	* C (mm)	H (mm)	**Dryweight GenSet (t)
5 (1,000 r/min)	2,751	1,400	4,151	2,457	9.5
5 (1,200 r/min)	2,751	1,400	4,151	2,457	9.5
6 (1,000 r/min)	3,026	1,490	4,516	2,457	10.5
6 (1,200 r/min)	3,026	1,490	4,516	2,457	10.5
7 (1,000 r/min)	3,501	1,585	5,086	2,457	11.4
7 (1,200 r/min)	3,501	1,585	5,086	2,457	11.4
8 (1,000 r/min)	3,776	1,680	5,456	2,495	12.4
8 (1,200 r/min)	3,776	1,680	5,456	2,457	12.4
9 (1,000 r/min)	4,151	1,680	5,731	2,495	13.1
9 (1,200 r/min)	4,151	1,680	5,731	2,495	13.1

P Free passage between the engines, width 600 mm and height 2,000 mm
Q Min. distance between engines: 1,800 mm

* Depending on alternator

**Weight incl. standard alternator (based on a Leroy Somer alternator)

All dimensions and masses are approximate and subject to change without prior notice.

Fig. 4.05.01: Power and outline of L16/24

MAN Diesel

4.06

Page 2 of 3

L16/24 GenSet Data

		Cyl.	5	6	7	8	9
Max. continuous rating at	1,000 rpm	kW	450	540	630	720	810
Engine Driven Pumps:							
H.T. cooling water pump	(2.0 bar)**	m ³ /h	10.9	12.7	14.5	16.3	18.1
L.T. cooling water pump	(1.7 bar)**	m ³ /h	15.7	18.9	22.0	25.1	28.3
Lubricating oil	(3-5.0 bar)	m ³ /h	21	23	24	26	28
External Pumps:							
Diesel oil pump	(5 bar at fuel oil Inlet A1)	m ³ /h	0.31	0.38	0.44	0.50	0.57
Fuel oil supply pump	(4 bar discharge pressure)	m ³ /h	0.15	0.18	0.22	0.25	0.28
Fuel oil circulating pump	(8 bar at fuel oil Inlet A1)	m ³ /h	0.32	0.38	0.45	0.51	0.57
Cooling Capacities:							
Lubricating oil		kW	79	95	110	126	142
Charge air L.T.		kW	43	51	60	68	77
*Flow L.T. at 36°C Inlet and 44°C outlet		m ³ /h	13.1	15.7	18.4	21.0	23.6
Jacket cooling		kW	107	129	150	171	193
Charge air H.T.		kW	107	129	150	171	193
Gas Data:							
Exhaust gas flow		kg/h	3,321	3,985	4,649	5,314	5,978
Exhaust gas temp.		°C	330	330	330	330	330
Max. allowable back press.		bar	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025
Air consumption		kg/h	3,231	3,877	4,523	5,170	5,816
Starting Air System:							
Air consumption per start		Nm	0.47	0.50	0.55	0.75	0.84
Air consumption per start		Nm	0.80	0.95	1.12	1.28	1.44
Heat Radiation:							
Engine		kW	11	13	15	17	19
Alternator		kW	(see separate data from the alternator maker)				

The stated heat balances are based on tropical conditions, the flows are based on ISO ambient condition.

* The outlet temperature of the H.T. water is fixed to 80°C, and 44°C for L.T. water. At different inlet temperatures the flow will change accordingly.

Example: If the inlet temperature is 25°C, then the L.T. flow will change to $(44-36)/(44-25) \times 100 = 42\%$ of the original flow. If the temperature rises above 36°C, then the L.T. outlet will rise accordingly.

** Max. permission inlet pressure 2.0 bar.

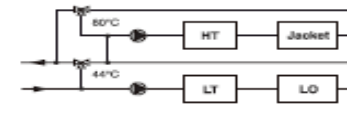


Fig. 4.05.02a: List of capacities for L16/24 1,000 rpm, IMO Tier I. Thor II values available on request.

ANEXO II. CARACTERÍSTICAS DIÉSEL GENERADOR DE EMERGENCIA

MAN Holeby L16/24

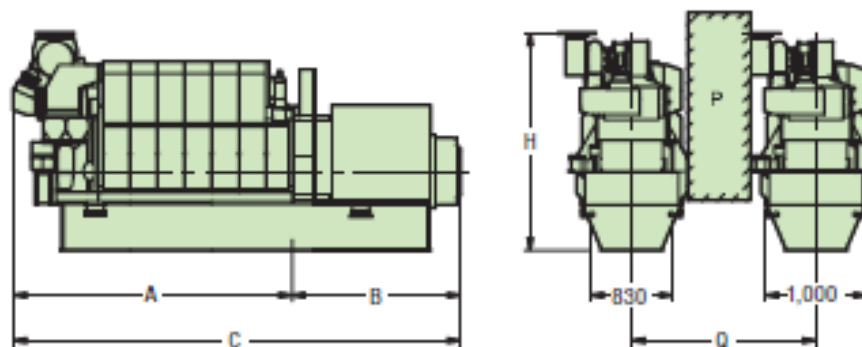
Bore: 160 mm, Stroke: 240 mm

Speed	r/min	1,200		1,000	
Frequency	Hz	60		50	
		Eng. kW	Gen. kW*	Eng. kW	Gen. kW*
5L16/24		500	475	450	428
6L16/24		660	627	570	542
7L16/24		770	732	665	632
8L16/24		880	836	760	722
9L16/24		990	941	855	812

Dimensions

Cyl. No.	r/min	5	6	7	8	9
		1200/1000	1200/1000	1200/1000	1200/1000	1200/1000
A	mm	2,751	3,026	3,501	3,776	4,051
B	mm	1,400	1,490	1,585	1,680	1,680
C	mm	4,151	4,516	5,086	5,456	5,731
H	mm	2,457	2,457	2,495/2,457	2,495	2,495
Dry Mass	t	9.5	10.5	11.4	12.4	13.1

* Based on nominal generator efficiencies of 95%.



P Free passage between the engines, width 600 mm and height 2,000 mm
 Q -Min. distance between centre of engines: 1,800 mm.

ANEXO III. DIAGRAMA UNIFILAR DE LA PLANTA ELÉCTRICA

