

UNIVERSIDADE DA CORUÑA

CUADERNO 11:

BALANCE ELÉCTRICO



AUTOR: Pablo Rodríguez Díaz

PROYECTO:

TÍTULO: Remolcador de puerto de 55 TPF

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	- 2 -
2.	DEFINICIÓN DE LA PLANTA ELÉCTRICA.....	- 3 -
3.	SELECCIÓN DEL TIPO DE CORRIENTE	- 4 -
4.	REDES DE DISTRIBUCIÓN.....	- 5 -
5.	CONSUMIDORES DE ENERGÍA ELÉCTRICA	- 8 -
5.1	Instalaciones de alumbrado.....	- 8 -
5.2	Equipos de comunicaciones y auxiliares	- 15 -
5.3	Consumidores de fuerza, ventilación y calefacción.....	- 16 -
6.	DISPOSICIÓN GENERAL DE CÁMARA DE MÁQUINAS	- 16 -
7.	PLANTA GENERADORA.....	- 18 -
8.	FUENTE DE ENERGÍA DE EMERGENCIA	- 19 -
	ANEXO I: BALANCE ELÉCTRICO	
	ANEXO II: DIAGRAMA UNIFILAR	
	ANEXO III: GENERADORES	

**PROYECTO
REMOLCADOR DE PUERTO**

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

Tiro a punto fijo	55 tn
Eslora tota	25 m
Manga de trazado	11,0 m
Puntal a la cubierta principal	5,00 m
Velocidad	10 nudos
Tripulación	6 personas
Autonomía	2.000 millas

1. INTRODUCCIÓN

En este cuaderno procederemos a definir la instalación eléctrica del buque en proyecto, desde los parámetros más globales hasta los detalles de cada situación de navegación originados por cada consumidor. Se trata de un cuaderno en el que recuperaremos muchos datos de otros ya que, de cada equipo que se ha decidido instalar en el buque, ahora será el momento de estudiar su característica eléctrica así como la instalación que se precisará para el correcto funcionamiento de toda la instalación que los engloba y que será de vital importancia en la seguridad intrínseca del buque.

La importancia de la Planta Eléctrica en los buques actuales es muy grande, debido a la gran cantidad de consumidores que de ella dependen, que pueden llegar a alcanzarse porcentajes bastante altos de la potencia propulsora total instalada.

A su vez, este cuaderno de Planta Eléctrica, servirá de consulta con abundante frecuencia en la espiral de proyecto debido a los datos que contiene y a la importancia de diseñar una planta equilibrada, en la que se interrelacionan obligadamente las potencias absorbidas, las generadas, la

disposición de equipos y la elección de estos. Los valores aquí recogidos son, junto a otros tantos, parámetros definitivos y definatorios, de las más básicas y generales características del buque proyectado.

Por tanto, lo primero que se definirá será el tipo de corriente que va a ser instalada, la frecuencia y la tensión según la operatividad del buque. Para el cálculo de la potencia necesaria de la instalación habrá que hacer un estudio de todos los consumidores en las distintas situaciones en la que se encontrará el barco en su vida útil. Una vez obtenida esta potencia, se elegirán los grupos auxiliares y de emergencia necesarios para dicha demanda.

A partir de aquí, ya estamos en disposición de poder describir los elementos principales que constituyen la planta eléctrica del buque como son los cuadros, transformadores y cables. Finalmente se detallará la situación de emergencia.

La planta de generación de energía eléctrica del buque es un servicio diferenciado del de propulsión, y que mediante un grupo de Diesel-Generadores va a suministrar la electricidad necesaria por todos los equipos de a bordo.

Los elementos generadores serán dos motores Diesel acoplados a un alternador.

Al final del cuaderno se presentarán los cálculos de la planta eléctrica

2. DEFINICIÓN DE LA PLANTA ELÉCTRICA

La planta propulsora de nuestro buque estará compuesta principalmente por:

- ❖ Planta generadora: que transforma la energía mecánica en eléctrica
- ❖ Cuadro de distribución principal: permite el accionamiento, acoplamiento y selección de generadores correspondientes.
- ❖ Red de distribución: enlaza el cuadro principal con las estaciones y subestaciones de distribución.
- ❖ Consumidores: elementos que consumen la energía eléctrica.

Existen tres plantas generadoras a bordo:

- ❖ Planta principal: dicha planta está compuesta por dos o más generadores, con capacidad para funcionamiento en paralelo y para suministrar la potencia necesaria en las distintas condiciones de operación, aún con uno fuera de servicio.
- ❖ Planta de emergencia: suele estar constituida por un pequeño grupo dieselgenerador, dimensionado para atender a los consumidores de emergencia y, en algunos casos para atender a las necesidades en puerto.
- ❖ Planta transitoria de energía: a base de baterías recargables, que puede estar centralizada o distribuida para cada consumidor o grupo de consumidores. Su misión es proporcionar continuidad a los sistemas electrónicos vitales.

A la hora de realizar este cuadernillo tendremos que tener en cuenta las consideraciones que hace de estos temas el reglamento del DNV-GL, así como la reglamentación de SEVIMAR capítulo II.1, parte C.

3. SELECCIÓN DEL TIPO DE CORRIENTE

Existen diferentes alternativas para elegir la corriente eléctrica instalada en un buque, lo habitual es que sea alterna ya que presenta grandes ventajas para la transmisión sobre la continua.

Dentro de la corriente alterna se pueden elegir distintos niveles de tensión de acuerdo con la norma UNE 21-135/201 las tensiones que se pueden encontrar a bordo son las siguientes:

- Tensión de seguridad: Menor de 50V.
- Baja tensión: Entre 50 y 500V.
- Media tensión: Entre 500 y 1000V.
- Alta tensión: Mayor de 1000V.

Las ventajas que presenta la corriente alterna frente a la continua son las siguientes:

- Menor coste económico, tanto a la hora de la compra como del mantenimiento.
- Menor peso y empacho, muy importante cuando el espacio y el peso es limitado
- Posibilidad de tensiones mayores, y por tanto de menores intensidades, por lo que será necesaria una sección menor de cable
- Facilidad para transformar la tensión mediante el uso de transformadores estáticos
- Mayor seguridad de funcionamiento al no tener colectores en los motores de inducción y alternadores.
- Mayor compatibilidad con la corriente en el puerto.

El principal inconveniente que presenta la corriente alterna es que en los motores de este tipo de corriente la velocidad es más difícil de regular y tienen menor par de arranque. Esto se solucionará con motores de doble jaula. Además, la mayoría de los equipos funcionan a velocidad constante y cuando no sea el caso usaremos motores de rotor bobinados.

4. REDES DE DISTRIBUCIÓN

Los sistemas de distribución de energía pueden ser:

Corriente continua:

- Dos conductores

Corriente alterna:

- Monofásica con dos conductores
- Trifásica con tres conductores
- Trifásica con cuatro conductores (tres más el neutro)

Las redes de distribución de baja tensión comprenden dos subredes:

- Red de fuerza: Suele venir condicionada por las características de los más importantes consumidores, ya que los consumidores de grandes potencias

requieren tensiones de trabajo altas para que las intensidades en su interior no sean excesivamente altas.

La disyuntiva que se plantea es la elección del tipo de tensión y frecuencia que bien puede ser 440V/60Hz ó 380V/50Hz. En las especificaciones iniciales de proyecto no están detallados los tráficos en los que operará el buque, ni los puertos en los que hará escala, lo cual sería decisivo a la hora de elegir la tensión y la frecuencia a usar. Es por ello que se tienen que ponderar las ventajas e inconvenientes de cada alternativa.

La de 440V y 60Hz tiene la ventaja de que a mayor tensión y frecuencia el peso de cobre necesario es menor y los equipos resultan más baratos; sin embargo presenta el inconveniente de que 60Hz es una frecuencia cuyo uso se limita a los puertos norteamericanos lo que obligaría a que si el buque se saliera de ese circuito, no se podría conectar a puerto durante ninguna estancia en los mismos.

Las ventajas e inconvenientes de la opción 380V/50Hz son opuestas a las anteriores.

Debido a estas suposiciones:

- El tráfico fundamental en el que participará este buque será europeo.
- Se da unas mayores ofertas en cuanto a equipos se refiere.

La tensión que se seleccionará será de 380V con una frecuencia de 50Hz.

- Red de alumbrado: A pesar de que la tensión principal de generación y distribución de la planta va a ser la indicada, existen sin embargo muchos consumidores que requieren una alimentación con diferentes características. Por ello se van a disponer de los correspondientes transformadores para la red de alumbrado.

Se alimentarán con una tensión de 220V y 50Hz. mediante una distribución monofásica en paralelo. Esta corriente se obtendrá por medio de un transformador de 380/220 V.

Existen otros consumidores de baja potencia que requieren tensiones más reducidas, como los sistemas electrónicos de navegación, las luces de señales,

los aparatos de navegación y comunicaciones y el motor de arranque del generador de emergencia. Se dispondrá de una red de baja de 24V para la alimentación de estos equipos, recargada a partir de baterías de acumuladores, que se cargan de la red de 380 V mediante rectificadores

Así pues resumiendo:

SERVICIOS	TIPO DE CORRIENTE	TENSIÓN/FRECUENCIA
Instalaciones de fuerza y calefacción	Alterna trifásica	380V/50Hz
Alumbrado y habilitación	Alterna monofásica	220V/50Hz
Emergencia	Continua	24V

De la red de fuerza dependerán los diferentes equipos clasificados en:

- Auxiliares de navegación
- Planta hidráulica
- Servicio de fonda
- Servicio de agua
- Aire Acondicionado y ventilación
- Talleres
- Diversos

De la red de alumbrado (220V a 50Hz), obtenida a partir de dos transformadores (uno en 'stand-by') desde la red de fuerza, colgarán:

- Luces de señales
- Red de enchufes de habilitación
- Alumbrado exterior
- Alumbrado de locales

Finalmente todos los equipos electrónicos así como alumbrado de emergencia, alarmas etc., se alimentarán con corriente continua a 24V obtenida mediante un rectificador.

Para terminar, debemos dotar el buque con una toma a tierra, de modo que cuando está en puerto pueda tomar energía del exterior si le es necesario. Irá conectada al cuadro de distribución.

5. CONSUMIDORES DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Basándonos en las potencias requeridas por los diferentes consumidores eléctricos que forman parte de nuestro barco, desarrollaremos el denominado Balance Eléctrico.

Para aquellos consumidores de los que no contamos con referencias sobre sus consumos, emplearemos el método de extrapolación de otros buques similares.

5.1 Instalaciones de alumbrado

- Alumbrado interior
- Alumbrado exterior y proyectores
- Alumbrado de emergencia

5.1.1 Alumbrado interior

Podemos diferenciar tres tipos de alumbrado:

- Normal: está alimentado por los generadores principales del buque y se encargará de alumbrar los diferentes locales. La tensión será de 220V y se alimentará de uno de los transformadores 380/220V, con salida bifásica. Los puntos de luz interiores serán fluorescentes, tanto en alojamientos como en la Cámara de Máquinas, pañoles y Puente.
- De socorro: estará alimentado por los generadores principales o el de emergencia y su misión será la de iluminar:
 - Pasillos y escaleras
 - Salidas de compartimentos estancos
 - Indicadores de rutas de escape
 - Cámara de Máquinas
 - Puente de Gobierno
 - Compartimento del generador de emergencia

- Puntos de reunión para el embarque de botes
- De Salvaguarda: alimentado por medio de acumuladores. Su misión será la de dar iluminación reducida a:
 - Estación de radio
 - Puente de gobierno
 - Local del generador de emergencia
 - Cámara de Máquinas
 - Acceso a pasos vitales

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

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

Donde:

- L: flujo luminoso en lúmenes (lm)
- E: iluminancia o intensidad de iluminación requerida por el local en luxes (lux)
- S: superficie a iluminar (m²)
- F_d: factor de suciedad (como media tomaremos 1,5)
- F_u: factor de utilización del local iluminado, que expresa el rendimiento de la instalación

El factor de utilización F_u se obtiene en función del índice del local K, entrando en la tabla XXVIII de la Referencia (7):

$$K = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)}$$

Siendo:

- a: longitud del local (m)
- b: anchura del local (m)

- h: altura del local (m)

Además se ha tomado los siguientes rendimientos luminosos dependiendo de los tipos de lámparas utilizadas:

- 0,03 W/lm: alumbrado fluorescente
- 0,11 W/lm: alumbrado mediante lámparas incandescentes
- 0,018 W/lm: de mercurio a alta presión
- 0,008 W/lm: de sodio

En nuestro caso usaremos sólo lámparas fluorescentes, que consumen menos que las incandescentes (menos potencia para igual flujo) y son más económicas que las de sodio o mercurio. Por lo tanto, el rendimiento usado será de 0,03 W/lm.

La iluminación aconsejada para cada local será:

Iluminaciones aconsejadas		
	Iluminancia (lux)	
	Mínimo	Máximo
Camarote oficialidad	200	250
Camarote tripulación	150	200
Pasillo tripulación	100	150
Local reunión tripulación	200	400
Local servicio	250	300
Enfermería	500	1000
Puente descubierta	20	40
Puente de botes	10	20
Máquinas	300	450
Puesto de maniobra	500	750
Calderas	250	350
Túneles	100	150
Taller de montaje	1000	2000
Taller de maquinaria	500	1000
Sala de dibujo	750	1500
Oficina	400	750

Los valores de F_u según la tabla del libro mencionado serán:

VALORES DE F_u

Alumbrado	Directo		Semidirecto		Semi-indirecto		Indirecto	
Flujo hacia el techo %	0		40-10		60-90		100	
Flujo hacia el suelo %	100		60-90		40-10		0	
Local	Claro	Oscuro	Claro	Oscuro	Claro	Oscuro	Claro	Oscuro
Índice del local K								
0,6	0,34	0,24	0,30	0,22	0,21	0,08	0,13	0,03
0,8	0,42	0,33	0,38	0,27	0,26	0,12	0,16	0,05
1,0	0,46	0,39	0,44	0,34	0,30	0,13	0,19	0,05
1,25	0,50	0,42	0,50	0,38	0,32	0,15	0,22	0,06
1,5	0,53	0,45	0,54	0,41	0,36	0,17	0,24	0,07
2,0	0,58	0,51	0,60	0,47	0,41	0,19	0,27	0,08
2,5	0,62	0,56	0,63	0,50	0,44	0,21	0,30	0,10
3,0	0,64	0,58	0,66	0,52	0,47	0,22	0,32	0,10
4,0	0,67	0,61	0,69	0,55	0,51	0,24	0,35	0,12
5,0	0,69	0,63	0,71	0,57	0,53	0,25	0,36	0,12

En nuestro proyecto utilizaremos siempre alumbrado directo.

Una vez que hemos calculado el flujo luminoso, deduciremos la potencia eléctrica empleando el concepto de rendimiento luminoso (Lumen/Watio), valor característico de cada tipo de lámpara. Aproximadamente podemos emplear los siguientes valores:

Lámpara fluorescente: 75 (lm/W)

Lámpara incandescente: 6 (lm/W)

El alumbrado del primer tipo será el adecuado por tener un rendimiento mayor a las de incandescencia y por trabajar en espacios interiores, cuya temperatura es adecuada para las lámparas fluorescentes. Los tubos fluorescentes que elegimos según la tabla 8.1/4, serán los tubulares rectos estándar con las siguientes características:

Potencia con balastro	109 W
Eficacia	95 lm/W
Longitud	1500 mm
Diámetro	26 mm

Potencia con balastro	69 W
Eficacia	93 lm/W
Longitud	1200 mm
Diámetro	26 mm

Tabla 8.1/4 Principales tipos de lámparas fluorescentes

Consumo de potencia		Flujo nominal según el color de la luz; hasta lm	Aprovechamiento de la luz, con balastro; hasta aproximadamente lm/W	Longitud mm	Diámetro del tubo mm				
sin balastro W	con balastro W								
Tubo recto									
1)	2)	3)	4)	5)	6)	3)/4)	5)/6)		
4		10				12		136	16
6		12				20		212	16
8		14				25		288	16
10		14				45		470	26
13		19				50		517	16
15		25	19,5			40/51		438	26
16		21				62		720	26
18	16	30	23	19	35	48/63	71/77	590	26
20		32	26			36/44		590	38
30		40				60		895	26
36	32	46		36	69	75	89/93	1200	26
38	34	50		38	75	64	78/79	1047	26
40		50				60		1200	38
58	50	71		55	109	76	95/95	1500	26
65		78				64		1500	38

Los cálculos realizados se resumen en la siguiente tabla:

ESPACIO	a (m)	b (m)	h (m)	ÁREA (m ²)	E (lux)	Fd	K	Fu	L (lm)	P (W)	Punitaria	Luces	Cons. W
Puente	4,5	3,6	2,3	16,2	600	1,8	0,87	0,4	40313,4	424,4	109	4	424
CUBIERTA PRINCIPAL													
Camarote del capitán	2,9	1,6	2,3	4,64	225	1,8	0,45	0,3	5527,1	58,2	69	1	58
Camarote jefe de máquinas	2,9	1,6	2,3	4,64	225	1,8	0,45	0,3	5527,1	58,2	69	1	58
Baño Capitán	1,4	1,4	2,3	1,96	275	1,8	0,30	0,3	2853,5	30,0	69	0	30
Baño Jefe de máquinas	1,4	1,4	2,3	1,96	275	1,8	0,30	0,3	2853,5	30,0	69	0	30
Pasillo	0,9	5,6	2,3	5,04	150	1,8	0,34	0,3	4002,4	42,1	109	0	42
Oficina	2,8	1,55	2,3	4,34	500	1,8	0,43	0,3	11488,2	120,9	109	1	121
Pasillo	2	1	2,3	2	150	1,8	0,29	0,3	1588,2	16,7	109	0	17
Comedor	2	1,7	2,3	3,4	300	1,8	0,40	0,3	5400,0	56,8	109	1	57
Salon	2,8	2	2,3	5,6	300	1,8	0,51	0,3	8894,1	93,6	69	1	94
Cocina	2	2,15	2,3	4,3	300	1,8	0,45	0,3	6829,4	71,9	109	1	72
BAJO CUBIERTA PRINCIPAL													
Camarote doble	2,4	3,3	2,3	7,92	175	1,8	0,60	0,3	7337,6	77,2	109	1	77
Baño camarotes	1,45	1,4	2,3	2,03	275	1,8	0,31	0,3	2955,4	31,1	69	0	31
Camarote doble	2,4	3,3	2,3	7,92	175	1,8	0,60	0,3	7337,6	77,2	109	1	77

Pasillo	2,4	3	2,3	7,2	175	1,8	0,58	0,3	6670,6	70,2	69	1	70
Pañol pique de proa	2	5,9	2,3	11,8	175	1,8	0,65	0,4	10325,0	108,7	69	2	109
Local de control	4,2	2	2,3	8,4	600	1,8	0,59	0,3	26682,4	280,9	109	3	281
Local Aire acondicionado	2	1,9	2,3	3,8	200	1,8	0,42	0,3	4023,5	42,4	109	0	42
Cámara de máquinas	10	8,8	3,75	88	400	1,8	1,25	0,5	126720,0	1333,9	109	12	1334
Pañol popa CM	2,5	5,7	2	14,25	300	1,8	0,87	0,4	17730,4	186,6	69	3	187
Local propulsores	4	8,8	1,5	35,2	400	1,8	1,83	0,6	45016,0	473,9	109	4	474

Consumo total: 3,7 kW

5.1.2 Alumbrado exterior

Las luminarias para el alumbrado exterior estarán convenientemente protegidas para el trabajo en ambiente húmedo marino y han sido estudiadas para su correcto funcionamiento en atmósferas muy sucias (con niebla y humos) por lo que funcionarán correctamente para el valor del factor de depreciación de 2,5.

La zona de operación de remolque quedará convenientemente iluminada. El alumbrado exterior, en las cubiertas de superestructura, se realiza con aparatos estancos, con cableado por el interior de alojamientos. Los trozos de cable exteriores van bajo tubo.

Este alumbrado es de lámparas fluorescentes de 60 W instaladas cada 4m.

Todos los interruptores para el alumbrado exterior se colocan en el Puente.

Los proyectores para alumbrado de cubierta son lámparas de vapor de mercurio de alta presión de 1000W cada una.

Palo principal a proa	2 x 1000W
Palo principal a popa	4 x 1000 W
Cubierta de trabajo	3 x 1000W
Chimenea	1 x 1000W

La potencia total de alumbrado exterior será de 11 kW

5.1.2.1 Luces de Navegación y de señales

El servicio de luces de navegación o situación debe disponerse de manera que se asegure su suministro en cualquier estado de navegación por tratarse de un servicio vital para el buque. Para ello se podrá alimentar desde las líneas diferentes; una de ellas procederá del cuadro principal y la otra del cuadro de socorro, en el caso de que estén interconectados. Además deben estar dispuestas de forma que el cambio de una línea a otra se realice lo más rápido posible.

Respecto a las luces de señales, para señalar cualquier situación del barco distinta a la de navegación, se emplean estas luces que serán alimentadas por la red de emergencia. Según el “*Reglamento de 1972 para Prevenir Abordajes*”:

Luces (en navegación)	Alcance (millas)	Ángulo Visión	Potencia (W)
2×Luz de Tope (una en proa y otra en popa)	6	225 °	2× 100
Luces de Costado (verde ER y roja BR)	3	112.5 °	2× 80
Luz de Alcance	3	135 °	80
Total			440

Luces (remolcando)	Alcance (millas)	Ángulo Visión	Potencia (W)
2×Luz de Tope (en línea vertical) (si remolque > 200 m)	6	225 °	2× 100
3×Luz de Tope (en línea vertical) (si remolque > 200 m)	6	225 °	3× 100
Luz de Tope en Popa	6	225 °	100
Luces de Costado (verde ER y roja BR)	3	112.5 °	2× 80
Luz de Alcance	3	135 °	80
Luz de Remolque Amarilla	3	135 °	80
Total			720

Luces (fondeado)	Alcance (millas)	Ángulo Visión	Potencia (W)
Luz Blanca Todo Horizonte En Proa	3	360 °	80
Luz Blanca Todo Horizonte En Popa	3	360 °	80
Total			160

5.1.2.2 Rectificador

Tanto las luces de navegación como los equipos auxiliares de navegación y comunicaciones se alimentan con corriente continua a 24V, suministrada por baterías de acumuladores que a su vez se recargan de la red de alterna, por lo que se dispondrá de un rectificador alimentado a 380V, de la siguiente potencia:

- Potencia máxima de las luces de navegación: 0,72kW.
- Potencia de los equipos de navegación y comunicaciones: 20kW.

Potencia del rectificador = 0,72 + 20 = 20,72kW

5.1.3 Alumbrado de emergencia

El alumbrado de emergencia tiene que suministrar energía a los siguientes espacios:

- Pasillos y escaleras
- Puntos de reunión en la cubierta de botes
- Proyectoros
- Iluminación del Puente
- Iluminación de la Cámara de Máquinas
- Indicadores luminosos

5.2 Equipos de comunicaciones y auxiliares

Estimamos una potencia demandada de 6Kw para comunicaciones exteriores y ayuda a la navegación y 0,5Kw para las comunicaciones internas.

5.3 Consumidores de fuerza, ventilación y calefacción

Se estiman por otros buques similares.

6. DISPOSICIÓN GENERAL DE CÁMARA DE MÁQUINAS

Nuestro barco tendrá que contar con la potencia necesaria para poder alimentar a todos los consumidores que dependen de él. Por tanto tendremos que hacer una estimación de potencia en los diferentes estados de carga para ver siempre cubiertas nuestras necesidades.

Cada estado de carga representa una situación del buque, en la que el consumo de energía eléctrica para los distintos consumidores se considerará prácticamente constante. Los diferentes estados de carga que consideraremos serán los siguientes:

- Navegación libre: En esta situación el consumo de energía eléctrica en la mar es el necesario para atender todos los servicios normales del buque.
- Remolque: Situación en la que el consumo es el correspondiente a los consumidores que funcionan durante el remolque de otro buque.
- Contra incendios: Situación en la que el consumo es el correspondiente a los consumidores que funcionan durante las labores de lucha contra un incendio.
- Maniobra: Situación en la que el consumo es el correspondiente a los consumidores que funcionan a la entrada/salida del puerto y los consumidores normales del buque.
- Puerto: Situación en la que sólo están en funcionamiento los servicios del buque ajenos a la propulsión.
- Emergencia: Situación en la que el consumo corresponde al necesario para mantener los servicios de seguridad y maniobrabilidad en condiciones de emergencia.

Al final del balance aplicaremos un margen de crecimiento del 15 %.

A la hora de realizar la tabla de los consumidores según la situación de carga, contaremos con el denominado coeficiente de servicio cuyo valor será

uno u otro dependiendo de si el consumidor en estudio estará funcionando de forma continua o no y a pleno régimen.

Según lo anterior dividiremos en las siguientes categorías:

- Carga continua: Consumidores cuyo servicio es necesario de forma continua y a pleno régimen. El coeficiente de servicio es $K_n = 1$.
- Carga periódica: Consumidores cuyo servicio es necesario de forma discontinua y simultánea con otros. El coeficiente de servicio es $K_n = 0,5$.
- Carga eventual: Consumidores cuyo servicio es necesario de forma discontinua y simultánea con otros durante periodos de tiempo cortos. El coeficiente de servicio es $K_n = 0,2$.

En el cálculo del balance eléctrico vamos a utilizar los coeficientes multiplicadores de la potencia total instalada siguientes:

$$k_u = k_n \cdot k_{sr} = k_n \cdot k_s \cdot k_r$$

- k_n : coeficiente de simultaneidad, se utiliza debido a la existencia de equipos de reserva. Se calcula dividiendo el número de unidades en servicio entre el número de unidades instaladas.
- k_{sr} : el coeficiente de servicio y de régimen, representa el grado de probabilidad que una máquina esté trabajando a su máxima potencia, y en consecuencia que absorba de la red la potencia P_c
 - k_s : Factor de servicio = (horas al día de funcionamiento)/24
 - k_r : Factor de régimen (de cada máquina) = (potencia absorbida)/(potencia instalada)

En el cuadro de balance eléctrico que se presenta a continuación todos los consumidores han sido definidos en otros cuadernos o se han estimado a partir de datos de buques similares.

Concepto	Potencia instalada	Navegación	Maniobras	Carga y descarga	Remolcando	Puerto	Emergencia
Servicios Auxiliares de Maquinaria	215,15	52,74	52,74	52,74	81,92	19,76	23,27
Servicios Auxiliares Varios	56,80	20,71	21,32	19,00	20,71	18,52	20,71
Aparato de Gobierno	11,00	2,75	4,40	3,30	3,30	0,00	2,75
Auxiliares de Cubierta	137,97	0,00	0,00	0,00	92,46	0,13	0,00
Ventilación y A.C.	53,65	25,08	25,38	25,38	30,48	17,19	10,96
Cocina y Lavandería	8,80	4,88	5,28	5,28	5,28	5,68	0,84
Iluminación	15,41	7,47	8,44	7,47	7,70	7,01	1,29
Equipo de Navegación	20,00	13,40	10,72	10,72	13,40	0,00	13,40
TOTALES (kW)	518,77	127,03	128,28	123,89	255,25	68,29	73,22
TOTAL (+15%) (kW)		146,08	147,52	142,48	293,54	78,53	84,21

7. PLANTA GENERADORA

Para la selección de la planta generadora tomamos como referencia la mayor situación de consumo eléctrico, que es la de “Remolcando”, con 293,25 kW, de modo que cada uno de los generadores por separado, sea capaz de alimentar todos los servicios del buque sin sobrepasar el 85% de su potencia.

La opción adoptada será la instalación de dos generadores de la misma potencia (cumpliendo así la Regla 41 de la Parte I de SOLAS en la que se pide como mínimo la instalación de dos generadores), cada uno de ellos accionado por uno de los motores principales.

Como se ha estudiado en el cuaderno de propulsión, disponemos de un margen de potencia suficiente en cada motor.

Con dicha instalación tendremos un consumo unitario de:

$$Potencia\ cada\ generador\ (kW) = \frac{293,54}{2 \cdot 0,85} \approx 173kW$$

Para elegir el modelo de generador, debemos tomar uno que nos de esa potencia o algo más, siendo preferible que sean de la misma marca que el motor principal, por comodidad de mantenimiento e instrucción de la tripulación. En base a dichos condicionantes se han elegido sendos grupos generadores, formado cada uno por un motor diesel marino marca Caterpillar tipo C9, de 192 kW a 1500 r.p.m., acoplado a un alternador, también de Caterpillar. Además su velocidad nos permite generar energía eléctrica a 50 Hz, que es el objetivo de nuestra planta. Su descripción y ficha técnica se muestran como anexo.

La instalación así prevista dispone de dos alternadores de igual potencia que permite en navegación utilizar un alternador que puede dar servicio completo al buque y mediante el uso de dos alternadores acoplados en paralelo dar servicio en condiciones especiales como es el caso de suministro a otros buques.

Los porcentajes de carga y el número de generadores usados en cada condición de navegación serán los siguientes:

Condición	Potencia (kW)	Nº Generadores	% Carga de Cada Generador
Navegación	146,08	1	76,1 %
Maniobras	147,52	1	76,8 %
Carga y Descarga	142,48	1	74,2 %
Remolcando	293,54	2	76,4 %
Puerto	78,53	1	40,9 %

En dónde:

$$\% \text{ Carga Generadores} = \frac{\text{Potencia de la condición (kW)}}{n^{\circ} \text{ de generadores} \cdot \text{potencia cada generador (kW)}}$$

El sobredimensionamiento de la planta no sólo responde a requerimientos de seguridad y comodidad, sino que permite el suministro de energía eléctrica a otro buque en caso de avería de los grupos electrógenos del mismo.

8. FUENTE DE ENERGÍA DE EMERGENCIA

Para calcular la potencia necesaria para esta fuente de energía, hemos realizado junto al resto de condiciones de navegación, una de emergencia.

El reglamento SOLAS es el que define los equipos que deben poder funcionar alimentados por la fuente de energía eléctrica de emergencia bajo una situación en que haya caído la planta principal.

Según SOLAS, Capítulo II-1: Construcción - Estructura, estabilidad, instalaciones Regla 43 Fuente de energía eléctrica de emergencia en los buques de carga. Se proveerá una fuente autónoma de energía eléctrica de emergencia. La energía eléctrica disponible será suficiente para alimentar todos los servicios que sean esenciales para la seguridad en caso de

emergencia. La fuente de energía eléctrica podrá ser un generador o una batería de acumuladores.

En nuestro caso pondremos batería de acumuladores. La cual tendrá que contener la carga eléctrica de emergencia sin necesidad de recarga, manteniendo una tensión que como máximo discrepe de la nominal en un 12% de aumento o de disminución durante todo el periodo de descarga; se deberá de conectar automáticamente al cuadro de distribución de emergencia en caso de que falle la fuente de energía eléctrica principal; y alimentará inmediatamente los servicios especificados en la norma.

En el balance que adjuntamos como Anexo, podemos observar los equipos incluidos. En el resumen vemos además que la potencia requerida por la condición de emergencia es de 84,01 kW.

Por lo tanto, si la corriente de distribución es de 220 V:

- Tensión nominal: 220 v
- Tensión máxima +12% = 246,4v
- Tensión mínima -12% = 193,6v
- Intensidad a suministrar: $I = \frac{P}{V} = \frac{84010(w)}{220(v)} = 382 A$
- Autonomía 18 horas
- Coeficiente vejez 5%
- Coeficiente diseño 5%
- Coeficiente temperatura 20%

Utilizando baterías de 24v será necesario conectar $\frac{Tensión\ máxima}{Tensión\ batería(celda)} = \frac{246,4}{24} = 10,27 celdas \rightarrow 10\ baterías\ en\ serie.$

Y la batería de acumuladores deberá tener una capacidad de:

$$\begin{aligned} Capacidad (A \cdot horas) &= Intensidad\ suministrada \cdot autonomia \cdot 1,05 \cdot 1,05 \cdot 1,2 \\ &= 382 \cdot 18 \cdot 1,05 \cdot 1,05 \cdot 1,2 = 9096,95 A \cdot hora \end{aligned}$$

Se seleccionará una batería que tenga como mínimo la capacidad calculada o se conectarán en paralelo bloques de baterías para alcanzar dicha capacidad, y poder suministrar la energía requerida.

El local de las baterías se sitúa en los paños que hay bajo el puente de gobierno, en la cubierta de botes, cumpliendo lo indicado en el reglamento SOLAS.

ANEXO I

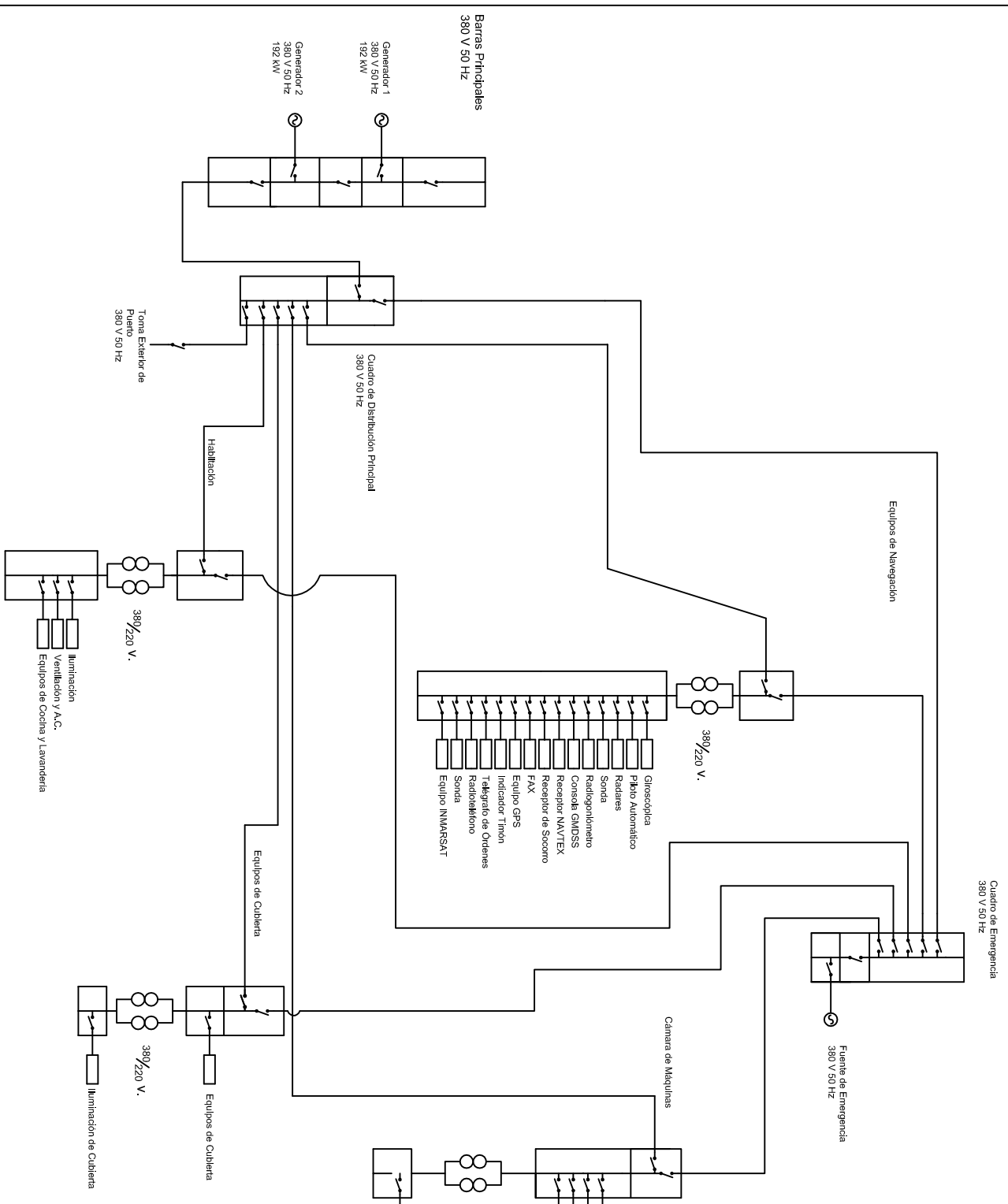
BALANCE ELÉCTRICO

Condiciones de navegación

Table with columns: Concepto, Cantidad, Potencia Unitaria (kW), Potencia Absorbida (kW), Navegación (Aparatos en Marcha, K_n, K_sr, Potencia Necesaria (kW)), Maniobras/Contra incendios (Aparatos en Marcha, K_n, K_sr, Potencia Necesaria (kW)), Carga y Descarga (Aparatos en Marcha, K_n, K_sr, Potencia Necesaria (kW)), Remolcando (Aparatos en Marcha, K_n, K_sr, Potencia Necesaria (kW)), Puerto (Aparatos en Marcha, K_n, K_sr, Potencia Necesaria (kW)), Emergencia (Aparatos en Marcha, K_n, K_sr, Potencia Necesaria). Rows include categories like Servicios Auxiliares de Maquinaria, Servicios Auxiliares Varios, Aparato de Gobierno, Auxiliares de Cubierta, Ventilación y A.C., Cocina y Lavandería, Iluminación, and Equipo de Navegación.

ANEXO II

DIAGRAMA UNIFILAR



		E.P.S.	
UNIVERSIDAD DÁVILA		GRADO EN PROPULSIÓN Y SERVICIOS	
TÍTULO DEL PROYECTO:		TRABAJO FIN DE GRADO	
REMOLCADOR DE PUERTO DE 65 TPF		NÚMERO: —	
TÍTULO DEL PLANO:		FECHA: FEBRERO-2015	
DIAGRAMA UNIFILAR		ESCALA: 1:125 /A2	
AUTOR:		FRMA:	
PABLO RODRÍGUEZ DÍAZ		PLANO N.º: 001	

ANEXO III

GENERADORES

50 Hz, 1500 rpm

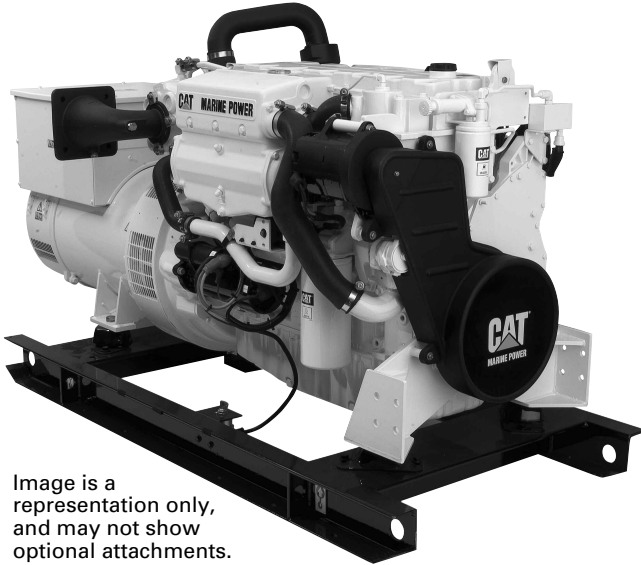


Image is a representation only, and may not show optional attachments.

CATERPILLAR® ENGINE SPECIFICATIONS

I-6, 4-Stroke-Cycle-Diesel

Emissions IMO/EPA Tier 2 compliant
Displacement 8.8 L (538 cu. in.)
Rated Engine Speed 1500
Bore 112 mm (4.41 in.)
Stroke 149 mm (5.87 in.)
Aspiration Turbocharged-Aftercooled
Governor Electronic
Cooling System Radiator
Refill Capacity
Cooling System 47.5 L (50.1 qt)
Lube Oil System 32 L (33.8 qt)
Oil Change Interval 500 hr
Caterpillar Diesel Engine Oil 10W30 or 15W40
Rotation (from flywheel end) Counterclockwise
Flywheel and flywheel housing SAE No. 1
Flywheel Teeth 113
Max. Exhaust Backpressure . . 10.0 kPa (40.2 in. water)

STANDARD EQUIPMENT

Air Inlet System

Aftercooler, air cleaner, turbocharger

Control System

Electronic governor, Hydraulically actuated Electronically controlled Unit Injection (HEUI™) fuel system, Electronic Control Unit (ECU), engine-mounted 40-pin dedicated customer connector, SAE J1939 data link

Cooling System

Radiator-cooled package (sized for up to 50°C ambient air) incorporating deaeration expansion tank, belt-driven centrifugal jacket water pump and fan

Exhaust System

Manifold and turbocharger, watercooled; 152 mm (6 in) round flanged outlet; elbow, dry

Flywheels & Flywheel Housings

Flywheel, SAE No. 1, 113 teeth; flywheel housing, SAE No. 1

Fuel System

Fuel filter, front service; fuel transfer pump; fuel priming pump

Generator

12 lead reconnectable, 3-phase brushless, separately excited from auxiliary winding to provide 300% short circuit current up to 10 seconds, 2/3 pitch, broad voltage band, IP23 water protection, solid state voltage regulator with integral voltage adjustment, Class H insulation, generator temperature rise exceeds marine society requirements for Class H insulation, 105° C @ 50° C ambient — prime, 85° C @ 50° C ambient — prime connection poles

Instrumentation

Instrument panel, electric service meter, start/stop switch, emergency stop button, maintenance due light, diagnostic light, warning light, maintenance clear switch, 15A breaker

Lube System

Crankcase breather; oil filter, RH service; oil filler, in valve cover; oil level gauge, LH service; oil pan; oil pan drain, LH; lubricating oil; engine oil pump (gear-driven)

Mounting System

Skiddable base frame, front support, anti-vibration isolators between base and engine-generator

General

Torsional vibration damper and guard; paint, Caterpillar yellow; lifting eyes; protective lifting covers; literature; variable engine wiring; battery disconnect switch; plastic wrap packaging

OPTIONAL ATTACHMENTS

Exhaust System

Elbows, pipe, flexible fittings, flange, rain caps, mufflers, shields (shields required to meet MCS certification)

Fuel System

Fuel cooler, flexible fuel lines, fuel temperature sensors, fuel and oil shielding

Lube System

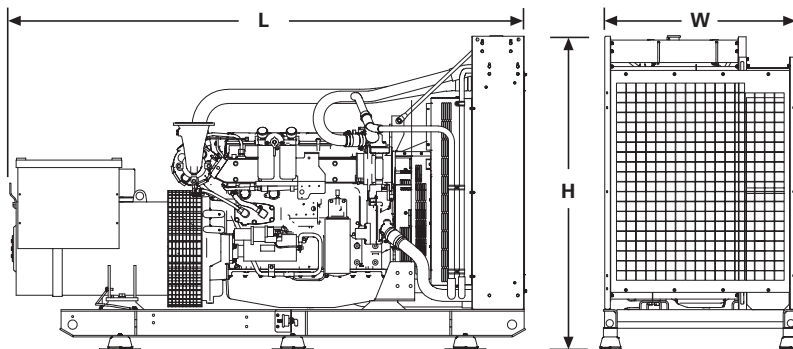
Manual sump pumps, oil filler, duplex oil filters

Marine Classification Society (MCS)

MCS approvable packages available direct from the factory through ABS, BV, DNV, GL, and LR

Power Take-offs

Crankshaft pulley



DIMENSIONS

142 ekW (178 kVA), 167 ekW (208 kVA), and 192 ekW (240 kVA) Radiator-Cooled

Length	142 ekW (178 kVA)	2755 mm (108.5 in)
	167 & 192 ekW (208 & 240 kVA)	2765 mm (108.7 in)
Width	All	1047 mm (41.2 in)
Height	All	1615 mm (63.6 in)
Weight (wet)	142 ekW (178 kVA)	2091 kg (4610 lb)
	167 ekW (208 kVA)	2176 kg (4797.3 lb)
	192 ekW (240 kVA)	2241 kg (4940.6 lb)
Weight (wet) MCS Specification	142 ekW (178 kVA)	2100 kg (4620 lb)
	167 ekW (208 kVA)	2185 kg (4807 lb)
	192 ekW (240 kVA)	2250 kg (4950 lb)

PERFORMANCE DATA

50 Hz Ratings at 1800 rpm

% load	ekW	Lph	gph
142 ekW (0.8 pf) 178 kVA — DM9841			
100	142	41.6	10.8
75	106	31.3	8.3
167 ekW (0.8 pf) 208 kVA — DM9842			
100	167	47.1	12.4
75	124	36.2	9.6
192 ekW (0.8 pf) 240 kVA — DM9839			
100	192	53.7	14.2
75	144	40.8	10.8

RATING CONDITIONS

Power at declared engine speed is in accordance with ISO3046-1:2002E. Caterpillar maintains ISO9001:1994/QS-9000 approved engine test facilities to assure accurate calibration of test equipment. Electronically controlled engines are set at the factory at the advertised power corrected to standard ambient conditions. The published fuel consumption rates are in accordance with ISO3046-1:2002E.

Fuel rates are based on fuel oil of 35° API [16°C (60°F)] gravity having an LHV of 42 780 kJ/kg (18,390 Btu/lb) when used at 29°C (85°F) and weighing 838.9 g/L (7.001 lb/U.S. gal). Additional ratings may be available for specific customer requirements. Consult your Caterpillar representative for additional information.

Performance data is calculated in accordance with tolerances and conditions stated in this specification sheet and is only intended for purposes of comparison with other manufacturers' engines. Actual engine performance may vary according to the particular application of the engine and operating conditions beyond Caterpillar's control.

Power produced at the flywheel will be within standard tolerances up to 49°C (120°F) combustion air temperature measured at the air cleaner inlet, and fuel temperature up to 52°C (125°F) measured at the fuel filter base. Power rated in accordance with NMMA procedure as crankshaft power. Reduce crankshaft power by 3% for propeller shaft power.

CAT, CATERPILLAR, their respective logos, HEUI, "Caterpillar Yellow" and the POWER EDGE trade dress, as well as corporate and product identity used herein, are trademarks of Caterpillar and may not be used without permission.

60 Hz, 1800 rpm

CATERPILLAR® ENGINE SPECIFICATIONS

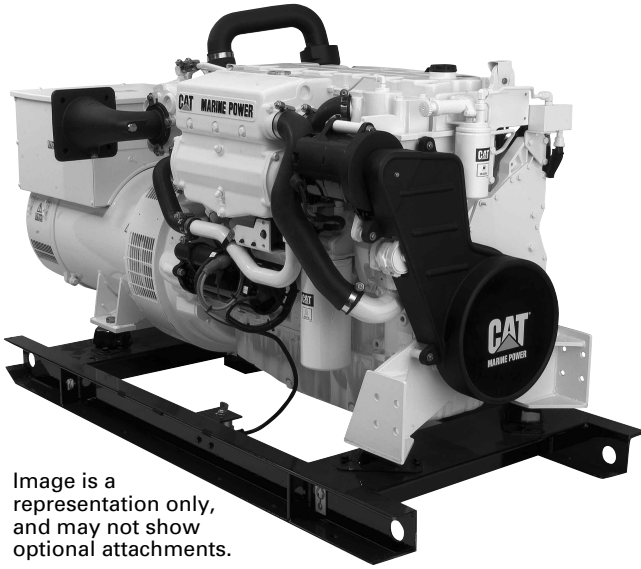


Image is a representation only, and may not show optional attachments.

I-6, 4-Stroke-Cycle-Diesel

Emissions	IMO/EPA Tier 2 and CCNR Stage II compliant
Displacement	8.8 L (538 cu. in.)
Rated Engine Speed	1800
Bore	112 mm (4.41 in.)
Stroke	149 mm (5.87 in.)
Aspiration	Turbocharged-Aftercooled
Governor	Electronic
Cooling System	Radiator
Refill Capacity	
Cooling System	47.5 L (50.1 qt)
Lube Oil System	32 L (33.8 qt)
Oil Change Interval	500 hr
Caterpillar Diesel Engine Oil	10W30 or 15W40
Rotation (from flywheel end)	Counterclockwise
Flywheel and flywheel housing	SAE No. 1
Flywheel Teeth	113
Max. Exhaust Backpressure	10.0 kPa (40.2 in. water)

STANDARD EQUIPMENT

Air Inlet System

Aftercooler, air cleaner, turbocharger

Control System

Electronic governor, Hydraulically actuated Electronically controlled Unit Injection (HEUI™) fuel system, Electronic Control Unit (ECU), engine-mounted 40-pin dedicated customer connector, SAE J1939 data link

Cooling System

Radiator-cooled package (sized for up to 50°C ambient air) incorporating deaeration expansion tank, belt-driven centrifugal jacket water pump and fan

Exhaust System

Manifold and turbocharger, watercooled; 152 mm (6 in) round flanged outlet; elbow, dry

Flywheels & Flywheel Housings

Flywheel, SAE No. 1, 113 teeth; flywheel housing, SAE No. 1

Fuel System

Fuel filter, front service; fuel transfer pump; fuel priming pump

Generator

12 lead reconnectable, 3-phase brushless, separately excited from auxiliary winding to provide 300% short circuit current up to 10 seconds, 2/3 pitch, broad voltage band, IP23 water protection, solid state voltage regulator with integral voltage adjustment, Class H insulation, generator temperature rise exceeds marine society requirements for Class H insulation, 105° C @ 50° C ambient — prime, 85° C @ 50° C ambient — prime connection poles

Instrumentation

Instrument panel, electric service meter, start/stop switch, emergency stop button, maintenance due light, diagnostic light, warning light, maintenance clear switch, 15A breaker

Lube System

Crankcase breather; oil filter, RH service; oil filler, in valve cover; oil level gauge, LH service; oil pan; oil pan drain, LH; lubricating oil; engine oil pump (gear-driven)

Mounting System

Skiddable base frame, front support, anti-vibration isolators between base and engine-generator

General

Torsional vibration damper and guard; paint, Caterpillar yellow; lifting eyes; protective lifting covers; literature; variable engine wiring; battery disconnect switch; plastic wrap packaging

OPTIONAL ATTACHMENTS

Exhaust System

Elbows, pipe, flexible fittings, flange, rain caps, mufflers, shields (shields required to meet MCS certification)

Fuel System

Fuel cooler, flexible fuel lines, fuel temperature sensors, fuel and oil shielding

Lube System

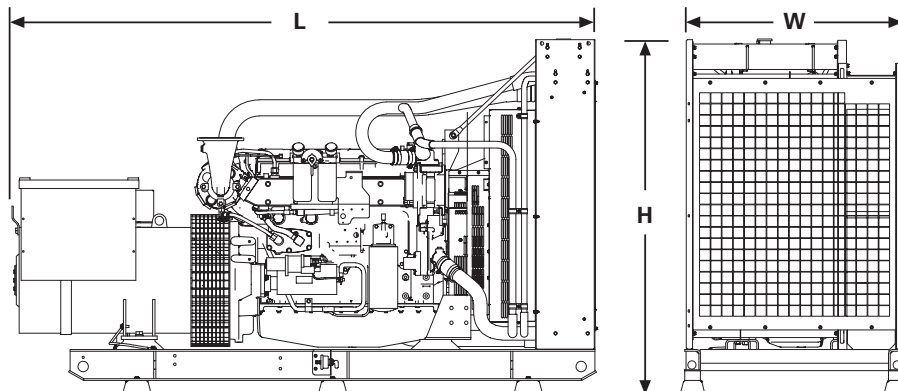
Manual sump pumps, oil filler, duplex oil filters

Marine Classification Society (MCS)

MCS approvable packages available direct from the factory through ABS, BV, DNV, GL, and LR

Power Take-offs

Crankshaft pulley



DIMENSIONS

163 ekW (204 kVA), 203 ekW (254 kVA), and 238 ekW (298 kVA) Radiator-Cooled

Length	163 ekW (204 kVA)	2755 mm (108.5 in)
	203 & 238 ekW (254 & 298 kVA)	2765 mm (108.7 in)
Width	All	1047 mm (41.2 in)
Height	All	1615 mm (63.6 in)
Weight (wet)	163 ekW (204 kVA)	2091 kg (4610 lb)
	203 ekW (254 kVA)	2176 kg (4797.3 lb)
	238 ekW (298 kVA)	2241 kg (4940.6 lb)
Weight (wet) MCS Specification	163 ekW (204 kVA)	2100 kg (4620 lb)
	203 ekW (254 kVA)	2185 kg (4807 lb)
	238 ekW (298 kVA)	2250 kg (4950 lb)

PERFORMANCE DATA

60 Hz Ratings at 1800 rpm

% load	ekW	Lph	gph
163 ekW (0.8 pf) 204 kVA — DM9843			
100	163	51.6	13.6
75	122	39.8	10.5
203 ekW (0.8 pf) 254 kVA — DM9844			
100	203	63.5	16.8
75	152	47.6	12.6
238 ekW (0.8 pf) 298 kVA — DM9845			
100	238	68.1	17.9
75	178	51.4	13.6

RATING CONDITIONS

Power at declared engine speed is in accordance with ISO3046-1:2002E. Caterpillar maintains ISO9001:1994/QS-9000 approved engine test facilities to assure accurate calibration of test equipment. Electronically controlled engines are set at the factory at the advertised power corrected to standard ambient conditions. The published fuel consumption rates are in accordance with ISO3046-1:2002E.

Fuel rates are based on fuel oil of 35° API [16°C (60°F)] gravity having an LHV of 42 780 kJ/kg (18,390 Btu/lb) when used at 29°C (85°F) and weighing 838.9 g/L (7.001 lb/U.S. gal). Additional ratings may be available for specific customer requirements. Consult your Caterpillar representative for additional information.

Performance data is calculated in accordance with tolerances and conditions stated in this specification sheet and is only intended for purposes of comparison with other manufacturers' engines. Actual engine performance may vary according to the particular application of the engine and operating conditions beyond Caterpillar's control.

Power produced at the flywheel will be within standard tolerances up to 49°C (120°F) combustion air temperature measured at the air cleaner inlet, and fuel temperature up to 52°C (125°F) measured at the fuel filter base. Power rated in accordance with NMMA procedure as crankshaft power. Reduce crankshaft power by 3% for propeller shaft power.

CAT, CATERPILLAR, their respective logos, HEUI, "Caterpillar Yellow" and the POWER EDGE trade dress, as well as corporate and product identity used herein, are trademarks of Caterpillar and may not be used without permission.