



Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar

TRABAJO FIN DE GRADO

Sistema de generación eléctrica del patrullero Tabarca. Estado actual y mejoras posibles

Grado en Ingeniería Mecánica

ALUMNO: Vicente José Alonso Fernández

DIRECTORES: Miguel Ángel Álvarez Feijoo
Guillermo Lareo Calviño

CURSO ACADÉMICO: 2019-2020

Universida_{de}Vigo



Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar

TRABAJO FIN DE GRADO

Sistema de generación eléctrica del patrullero Tabarca. Estado actual y mejoras posibles

Grado en Ingeniería Mecánica
Intensificación en Tecnología Naval
Cuerpo General

Universida_{de}Vigo

RESUMEN

El patrullero Tabarca es una plataforma de la Armada Española con base en la Escuela Naval Militar de Marín. Sus cometidos principales son la seguridad marítima en la zona y el adiestramiento de los alumnos aspirantes para obtener el título de oficial de la Armada.

El sistema de generación eléctrica del barco consta de dos diésel-generadores Chrysler. Su antigüedad tiene como consecuencia dificultades y altos costes en encontrar repuestos válidos para los equipos, o incluso su inexistencia en el mercado. Esto deriva en que, en ocasiones, no se pueden realizar los mantenimientos adecuados.

El presente Trabajo de Fin de Grado pretende realizar una revisión del estado actual de los diésel-generadores del Tabarca. Se realiza un estudio completo de los mismos, analizando todos sus componentes y las capacidades de la planta eléctrica. Se confirman los mayores problemas a los que se enfrentan los grupos electrógenos: el mantenimiento y los repuestos. Al determinar la dificultad de respuesta del buque ante la falta de material de reparación, se estudia la viabilidad de adquisición de nuevos grupos generadores, como también una actualización de los actuales.

Una vez estudiadas las opciones, se determina que la sustitución completa de los diésel-generadores se trata de la solución más económica y eficiente de cara al futuro. Se ofrecen propuestas modernas y competitivas, junto con especificaciones técnicas de cada una. Además, se ofrecen los consecuentes presupuestos de los diésel-generadores y de las obras subyacentes a la operación.

PALABRAS CLAVE

Carga, Autoinducción, Alternador, Transformador, Grupo electrógeno

AGRADECIMIENTOS

Me siento profundamente agradecido a mi familia, por apoyarme siempre en todo lo que hago y darme ese cariño especial, del que soy el mayor fan.

A mi madre y a mi padre, por enseñarme y darme siempre lo mejor. Apostaron siempre por los mejores estudios y me exigieron rendir como corresponde. Gracias a eso, he llegado hasta aquí.

A mi hermano, por defenderme y quererme tanto.

A mi abuela, por ofrecerme esa sonrisa en los momentos más complicados y difíciles.

A mi pareja, por estar a mi lado, ayudarme a mejorar día a día, y quererme así de bien.

A mi tutor del TFG, por guiarme y aconsejarme en todo momento, con el que comparto el interés y curiosidad por el mundo de los motores. También al profesor Núñez Ortuño por prestarme su tiempo en explicarme conceptos específicos relacionados con la generación eléctrica.

A la dotación del Tabarca, por estar siempre dispuesta a echarme una mano con el trabajo y aportar su granito de arena. Especialmente agradecerle al Comandante por permitirme apoyarme en su personal y no poner impedimentos al desarrollo del presente trabajo, al AN Rey Lago por ayudarme a encarrilar este proyecto y al Cabo 1º Jose Carlos Agras por contestar pacientemente todas las preguntas que me han surgido durante el desarrollo del trabajo.

Gracias a todos por el apoyo y la confianza que tenéis en mí. Gracias.

CONTENIDO

1	Introducción y objetivos	1
1.1	Objetivo del Trabajo del Fin de Grado y organización.....	2
2	Estado del arte	5
2.1	Introducción a la generación eléctrica	5
2.2	Las fuentes de energía.....	5
2.2.1	Convencionales	6
2.2.2	Fuentes de energía alternativas	12
2.3	Generación de energía.....	14
2.3.1	Corriente continua (CC)	14
2.3.2	Corriente alterna monofásica (CA).....	14
2.3.3	Corriente alterna trifásica (CA)	15
2.3.4	Esquemas en las instalaciones eléctricas	15
2.4	Generador AC	16
2.5	La distribución de la energía eléctrica	18
2.5.1	Cuadros eléctricos.....	18
2.5.2	Transformadores	19
2.5.3	Cortacircuitos.....	21
2.5.4	Baterías	21
2.6	Generación en buques	21
3	Desarrollo del TFG.....	23
3.1	La plataforma: el patrullero P-28	23
3.2	La planta eléctrica	24
3.2.1	Distribución y cuadro principal	26
3.2.2	Los auxiliares BS-36 ME marino-electrógenos.....	27
3.2.3	Alternadores 315-M.....	32
3.3	Mantenimiento actual.....	33
3.3.1	Mantenimiento del motor auxiliar	34
3.3.2	Mantenimiento teórico del alternador.....	37
3.3.3	Mantenimiento práctico y real	38
3.4	Estado actual. Deficiencias.	38
4	propuestas de mejora y actualizaciones.....	43

4.1 Propuesta de sustitución de los dos grupos diésel-generadores	43
4.1.1 Descripción de la propuesta y dimensiones	43
4.1.2 Requisitos mínimos en los nuevos auxiliares	45
4.1.3 Propuestas de los nuevos grupos electrógenos	46
4.1.4 Adaptación de los nuevos equipos al buque	52
4.1.5 Acomodación de los diésel-generadores	54
4.1.6 Cesáreas, soldadura y pintura	54
4.1.7 Impactos derivados	55
4.2 Propuesta de mejoras de los actuales grupos diésel-generadores	57
5 Conclusiones y líneas futuras	59
5.1 Líneas futuras	60
6 Bibliografía.....	61
Anexos.....	63
Anexo I: Planos del tabarca.....	65
Anexo II: Generador Baudouin	75
Anexo III: Generador Deutz.....	86

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 Esquema general de una planta eléctrica [3].	3
Figura 2-1 Esquema general de una planta hidroeléctrica [6].	6
Figura 2-2 Ilustración de una cámara de turbulencia o combustión diésel [9].	8
Figura 2-3 Ciclo de Brayton. Diagramas característicos [13].	10
Figura 2-4 Etapas en la turbina de vapor [14].	10
Figura 2-5 Esquema general de una planta de ciclo combinado [14].	11
Figura 2-6 Esquema comparativo entre central térmica y central nuclear [16].	12
Figura 2-7 Comparación histórica de los costes de generación eléctrica utilitaria [18].	13
Figura 2-8 Diagrama de bloques y diagrama de circuito [22].	16
Figura 2-9 Principio de operación de alternador [22].	17
Figura 2-10 Tipos de rotor: Saliente y Cilíndrico [22].	18
Figura 2-11 Típico cuadro eléctrico principal de un gran mercante [4].	19
Figura 2-12 Niveles de voltajes típicos en la distribución de la energía eléctrica [4].	20
Figura 3-1 El patrullero P-28 "Tabarca" [24].	23
Figura 3-2 Cámara de máquinas del patrullero Tabarca.	25
Figura 3-3 Cuadro principal de distribución en la cámara de máquinas.	26
Figura 3-4 Motor auxiliar de la banda de estribor.	28
Figura 3-5 Botella auxiliar del servicio neumático del buque.	29
Figura 3-6 Circuito de refrigeración del auxiliar (Manual motores Barreiros Serie B3).	30
Figura 3-7 Esquema de alimentación e inyección de gasoil (Manual motores Barreiros Serie B3).	31
Figura 3-8 Esquema del circuito de lubricación del motor (Manual motores Barreiros Serie B3).	32
Figura 3-9 Alternador 315-M acoplado al auxiliar de babor.	33
Figura 3-10 Esquema del filtro seco con prefiltro ciclónico.	35
Figura 3-11 Corrosión en la placa del enfriador de agua dulce.	39
Figura 3-12 Codo de tubería del sistema de refrigeración del auxiliar de estribor.	39
Figura 3-13 Reparación temporal del sistema de arranque neumático del auxiliar de babor.	40
Figura 3-14 Salida de gases de escape del motocompresor.	41
Figura 4-1 Esquema motores Barreiros BS-36ME.	44
Figura 4-2 Esquema de la sala de máquinas y de la cámara de auxiliares actual.	45
Figura 4-3 Generador marino 6W105S "Baudouin".	47
Figura 4-4 Alternador LSA 44.3.	48
Figura 4-5 Motor Deutz serie 1013 MC.	50

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3-1 Características del patrullero Tabarca.....	24
Tabla 3-2 Resumen de los principales mantenimientos a realizar en el auxiliar.....	37
Tabla 4-1 Dimensiones del conjunto motor-alternador.....	44
Tabla 4-2 Dimensiones máximas posibles para el nuevo conjunto generador.....	44
Tabla 4-3 Requisitos mínimos en los grupos electrógenos	46
Tabla 4-4 Principales características técnicas	47
Tabla 4-5 Descripción sistemas y componentes del motor	48
Tabla 4-6 Cuadro de control del motor	49
Tabla 4-7 Monitorización y control autónomo del motor	49
Tabla 4-8 Consumos diésel del motor	49
Tabla 4-9 Características técnicas motor Deutz	50
Tabla 4-10 Descripción de los sistemas del motor Deutz	51
Tabla 4-11 Cuadro de control del grupo auxiliar Deutz.....	52
Tabla 4-12 Presupuestos instalación nuevos grupos electrógenos	53
Tabla 4-13 Presupuestos de actualización de los diésel-generadores	53
Tabla 4-14 Presupuestos de acomodación de los diésel-generadores	54
Tabla 4-15 Presupuestos de cesáreas en la cubierta de toldilla.....	55
Tabla 4-16 Presupuestos de pinturas	55
Tabla 4-17 Estudio de estabilidad incorporando los motores Baudouin.....	56
Tabla 4-18 Estudio de estabilidad incorporando los motores Deutz.....	57

1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

El patrullero Tabarca (P-28) es un barco de la clase “Anaga” de la Armada Española. Pertenece al Mando de las Unidades de la Fuerza de Acción Marítima de Ferrol, y su base se localiza en la Escuela Naval Militar, en la localidad portuaria de Marín.

Fue construido por la Empresa Nacional Bazán en San Fernando. Fue botado el día 23 de diciembre de 1980 y entregado a la Armada el 31 de Diciembre, un año después. [1]

El barco cuenta así con casi 40 años desde su construcción. La vida operativa de un barco, por lo general, está entre los 25 y los 30 años. Sin embargo, muchas veces se extiende la misma por necesidades operativas y/o económicas mediante reformas, mantenimiento y mejoras que permitan a la plataforma mantenerse capaz y actual, en un entorno en el que los avances tecnológicos e industriales son incesantes.

El Tabarca ha ido modernizando sus equipos a lo largo de estos años en la medida de lo posible, atendiendo a sus necesidades operativas y siempre desde el punto de vista logístico y económico de la Armada. En este sentido, el buque ha modernizado algunos equipos, como por ejemplo la instalación de conexión con el INMARSAT o la presentación en Puente del SIMRAD. Sin embargo, otros no han sufrido grandes cambios, siendo los mantenimientos correctivo y preventivo las soluciones de mayor presencia.

Diversos estudios y propuestas de mejora se han desarrollado sobre el Tabarca, tanto por parte de la Armada como por parte también del Centro Universitario de la Defensa, en continuo apoyo mutuo con la Escuela Naval Militar. Sin embargo, la mayor parte de ellos han sido sobre el sistema de propulsión del mismo y alternativas al actual, siendo de utilidad estudios en otros campos de investigación en el barco, que permitan un rendimiento óptimo y económico del mismo para el resto de su vida útil.

En este sentido, y atendiendo al título del presente proyecto, se ha propuesto un estudio de las condiciones del sistema de generación de energía eléctrica del patrullero.

En la actualidad, la mayor parte de los buques de gran desplazamiento, véase buques militares y mercantes, presentan una plataforma eléctrica generadora que produce la energía necesaria para dar alimentación a los diferentes sistemas del barco. Asimismo, una red de distribución es la encargada de transportar esta energía a los equipos de destino y en la cantidad necesaria.

El Convenio SOLAS (Safety Of Life At Sea), del que España forma parte, especifica y define que las instalaciones eléctricas de los buques deberán garantizar el funcionamiento de los servicios fundamentales y esenciales del barco y asegurar que se cumplen las condiciones de funcionamiento y habitabilidad sin la necesidad de recurrir a fuentes generadoras de emergencia [2].

Además, deberá estar constituido por dos bloques generadores, para que, en el caso de que uno falle sea posible para el otro generador afrontar las necesidades eléctricas con normalidad de operación. Las operaciones más habituales son las siguientes [3]:

- Buque navegando en condiciones normales.
- Buque en entrada y salida de puerto.
- Buque en puerto con tripulación a bordo.

La energía generada será consumida por los diferentes equipos auxiliares y consumidores del buque. Además, según el uso de estos equipos, la electricidad deberá ser de corriente continua o de corriente alterna, de diferentes voltajes, frecuencias y fases. Los principales consumidores del Patrullero Tabarca son [3]:

- Maniobra (Chigres, Pescante, etc)
- Alumbrado (General y de Navegación)
- Aire Acondicionado
- Calefacción y ventilación
- Habitabilidad
- Cocina
- Sistema de Gobierno

El suministro debe ser ante todo seguro y con una adecuada protección, tanto en el propio equipo como en su distribución a lo largo del buque. Además, este grado de protección debe tener garantías de seguridad para el propio equipo y para los miembros de la tripulación que hagan uso del mismo. Esta seguridad y capacidades son obligatorias para todo buque perteneciente a la jurisdicción del tratado SOLAS. En su botadura y siguiente entrega a la Armada Española, el patrullero Tabarca cumplía todos los requisitos mencionados de las reglas 40 y 41 del capítulo 2-1 del SOLAS [2]. Sin embargo, el tiempo y el desgaste propio del medio marino son factores que hay que tener en cuenta a la hora de evaluar el estado actual del sistema generador de electricidad.

En la adquisición del sistema generador de un barco se tienen en cuenta los factores de carga y potencia de los equipos. Estos factores de carga (Load Factors) tienen en cuenta el uso eléctrico de todos los equipos durante el día y la noche, y llevan al terreno técnico las necesidades energéticas que requieren los diferentes sistemas y servicios auxiliares del buque [4]. La potencia consumida no es fija, dado que la calidad de los componentes de generación, transmisión y consumo de la electricidad se desgastan con el tiempo, exponencialmente frente a la humedad y salinidad propias de la mar. La peculiaridad del ambiente marino acelera el desgaste de los conductores eléctricos, y por lo tanto es de vital importancia protegerlos con materiales aislantes.

La plataforma cuenta con dos motores auxiliares diésel CHRISLER-BARREIROS tipo BS-36 ME de 1500 rpm sobrealimentados. Son por tanto, motores generadores antiguos y no incorporan las nuevas mejoras que han aparecido últimamente en la ingeniería mecánica y eléctrica, que aumentan tanto la eficiencia como el factor de potencia.

La mejora de estos equipos resultaría en una reducción en los consumos y en gastos económicos más bajos por parte de la Armada.

1.1 Objetivo del Trabajo del Fin de Grado y organización

El objetivo del presente trabajo es el análisis y estudio de los equipos de generación eléctrica del patrullero Tabarca, así como su relación con los sistemas que los complementan en la distribución de la energía eléctrica. Los consumidores y la distribución es fundamental en el estudio de los generadores, dado que son los que van a demandar y exigir capacidades a la planta generadora.

En consecuencia, se organiza el presente trabajo de la siguiente manera:

Se introduce en primer lugar la importancia de la generación eléctrica en un barco moderno, y las amenazas que son potencialmente peligrosas en la eficacia y eficiencia de los componentes electromagnéticos.

Con posterioridad, se procede a un estudio de las diferentes fuentes de energía que existen en la actualidad. Se explica el comportamiento y funcionamiento de un generador AC y se lleva a cabo una introducción al mismo. Se citan y definen los componentes más importantes y fundamentales que existen en cualquier instalación eléctrica naval, como son los transformadores y cuadros.

Como centro de trabajo, se procede a un análisis de la planta principal del Tabarca, en la que se encuentran los dos motores diésel acoplados cada uno a su respectivo alternador. Se estudiará su comportamiento y estado actual. Además, se destacan las principales deficiencias de ambos grupos electrógenos, así como defectos relacionados con los sistemas relacionados con la generación eléctrica. Los principales componentes de una planta principal generalizada se reflejan en la Figura 1-1.

Se tiene en cuenta en el presente trabajo la importancia de los diferentes tipos de mantenimientos en los equipos, llevándose a cabo un estudio sobre los mismos, determinando así cuáles se llevan a cabo si se realizan como es debido.

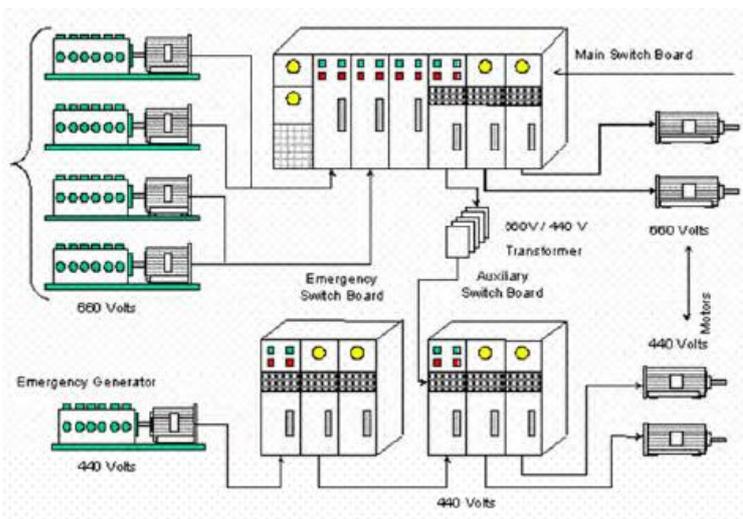


Figura 1-1 Esquema general de una planta eléctrica [3].

Una vez conocida la situación actual, se proponen diferentes alternativas y mejoras para los diésel-generadores, aportando posibles opciones de sustitución y soluciones a los problemas encontrados. Por último, se llega a unas conclusiones finales, recopilando lo aprendido a lo largo del desarrollo del presente proyecto. Se definen unas líneas futuras de cara a los retos a los que se enfrenta la generación eléctrica del patrullero en los próximos años.

2 ESTADO DEL ARTE

2.1 Introducción a la generación eléctrica

Nada más producirse el descubrimiento de la electricidad como fenómeno físico, se hizo patente la necesidad de poder producirla en masa para su consumo próximo. El croata Nikola Tesla fue el desarrollador de las teorías de los campos rotantes, base del funcionamiento de los generadores eléctricos y máquinas eléctricas [5]. Fue el encargado de potenciar la generación de energía eléctrica, la cual comenzó mucho antes, en la década de 1830, con la invención de Michael Faraday: la dínamo, el primer generador de la historia.

Los sistemas encargados de proporcionar el suministro eléctrico son el conjunto de todas las instalaciones de generación, transporte y distribución que lo hacen posible. Gracias al desarrollo tecnológico, el sector está inmerso en una constante evolución en todos los aspectos del mismo y permite cada vez más reducir las inversiones en los diferentes sectores de la industria.

Muchas de estas mejoras se aplican directamente en las centrales eléctricas, encargadas de la producción de esta energía eléctrica. La energía mecánica se obtiene de diferentes maneras, todas provenientes de la naturaleza. Algunas utilizan la propia fuerza de la naturaleza, como puede ser el caudal de un río, y otras se basan en obtener mediante la quema de ciertos combustibles fósiles esa energía. Todas ellas se conocen como fuentes de energía.

2.2 Las fuentes de energía

La energía es la capacidad que tiene un objeto o un sistema para realizar un trabajo o conseguir una transformación. Dicha energía se obtiene íntegramente de los recursos existentes en la naturaleza. La mayor parte de la energía generada se transforma en energía eléctrica, para luego ser transportada a su lugar de consumo. Una pregunta común es la duda de porqué se dedica todo el esfuerzo en generar energía eléctrica en vez de otro tipo de energía.

La respuesta es clara. Es una energía única, con una facilidad superior en su almacenamiento y en su transporte. Estas cualidades resultan en un coste muy económico, dado que el origen puede estar a grandes distancias de sus puntos de uso. Normalmente, los lugares de producción energética no coinciden con las mayores cargas consumidoras como pueden ser las ciudades o grandes industrias o instalaciones.

Las fuentes se pueden dividir en dos grandes grupos, las fuentes de energía convencionales, de mayor importancia y uso extendido, y las alternativas, que aunque no suponen la mayor producción, suponen iniciativas y proyectos de gran envergadura, como lo son las energías renovables.

2.2.1 Convencionales

2.2.1.1 Energía hidráulica

La energía hidráulica se obtiene del aprovechamiento del movimiento del agua en los saltos que atraviesa en su viaje hacia bajas cotas. Se produce una transformación de la energía potencial durante la caída en energía cinética que mueve una turbina que aprovecha esa energía transformándola en electricidad. La manera más común de rentabilizar este proceso es mediante la construcción de presas y centrales hidroeléctricas asociadas a las mismas.

La generación de energía se consigue haciendo caer el agua de la presa, incrementando así la energía cinética del agua. Al salir de la presa, el agua se hace pasar por las palas de una turbina conectada a un alternador. El agua provoca el movimiento de la turbina y así se alimenta el generador, componente que transforma la energía cinética en eléctrica. Un esquema genérico de una central eléctrica se muestra en la Figura 2-1.

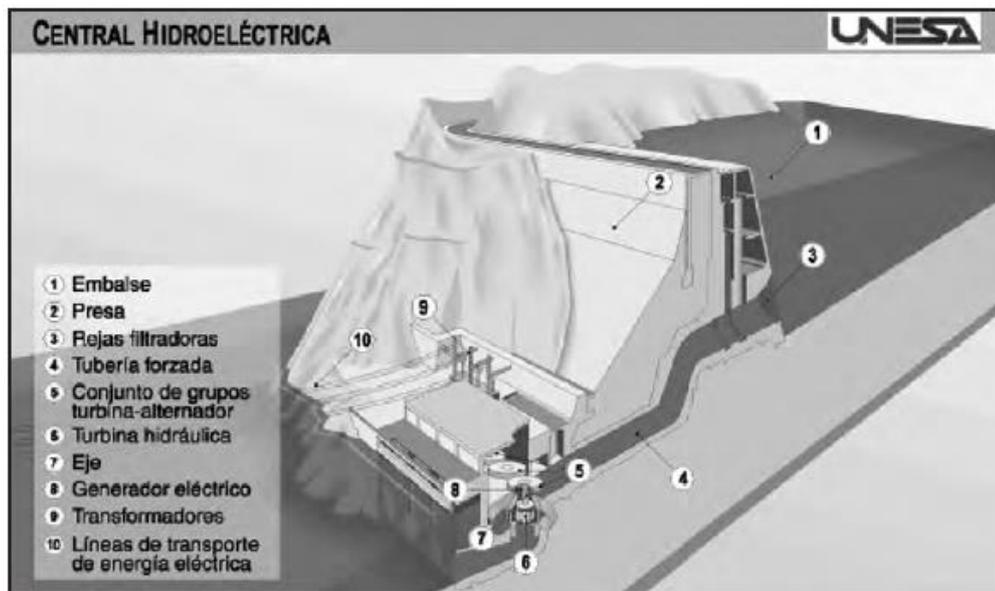


Figura 2-1 Esquema general de una planta hidroeléctrica [6]

Posee este tipo de fuente energética una serie de características que la hacen única e insustituible: acumulable, no contaminante, flexibilidad de respuesta, reutilizable, renovable de modo natural, prácticamente inagotable, con costes de explotación muy reducidos y relativamente autóctona en cuanto a proyecto, materiales de construcción y mano de obra cualificada [6]. Sin embargo, tiene un problema importante. Es fuente del capricho de la naturaleza la presencia de relieves y caudales de agua suficientes para la mínima eficiencia energética y, por lo tanto, no se puede depender solo de esta.

2.2.1.2 Combustibles fósiles

A pesar de la lucha incansable de la comunidad internacional, múltiples asociaciones y ONGs, y de las grandes mejoras y avances en la eficiencia energética gracias al uso de las fuentes renovables, sigue pesando de facto que alrededor del 70% del consumo mundial de energía procede de los combustibles fósiles [7].

Son fuentes de energía que se han formado en la Tierra y son resultado de unir presión y temperatura en la corteza terrestre durante millones de años. La combustión de estos productos desprende gran cantidad de energía, que es la que se utiliza y se aprovecha.

Existen 3 tipos primordiales de combustibles fósiles:

- **Petróleo y sus derivados:** El 90% del transporte mundial y la automoción viene impulsado por derivados del petróleo. Se realizan grandes esfuerzos económicos para obtener productos como la gasolina o el diésel y otros destilados como el aceite y lubricantes. Sin embargo, es el principal agente del efecto invernadero y está directamente asociado al cambio climático. Además, las reservas están limitadas a un número exclusivo de países dado que los yacimientos están geográficamente aislados.
- **Gas natural:** El gas natural es, según los expertos, la fuente de energía más limpia, menos contaminante y con menor contenido de carbono de todos los combustibles fósiles [8]. Se trata de materia orgánica descompuesta atrapada en yacimientos terrestres y submarinos, formados principalmente por metano. Tiene la ventaja de que es muy respetuoso con el medio ambiente, no necesita grandes instalaciones de almacenamiento, es más barato y además no es necesario tratarlo antes y después del consumo.
- **Carbón:** El carbón mineral fue una de las mayores fuentes de energía a nivel mundial y contribuyó enormemente a la revolución industrial, colocando a potencias como Estados Unidos, Alemania o Reino Unido a la cabeza del resto del mundo [6]. Es el combustible más utilizado para la producción de electricidad a nivel mundial. En España existen yacimientos en Asturias y León, pero su extracción en España es limitada y paulatinamente se está llegando al fin de su industria.

Estos combustibles tienen un alto poder calorífico en su interior lo que les hace ser tan valiosos en el mundo energético. Sin embargo, por si solos no producen energía. Es necesaria maquinaria y un proceso calorífico que permita extraer todo el potencial y rendimiento a estas materias primas.

La maquinaria que se utiliza para obtener la energía mecánica a partir de la energía química de estos productos, y que son compatibles con la posterior transformación en energía eléctrica es la siguiente:

2.2.1.2.1 Motor de combustión interna

Los motores de combustión interna son máquinas cíclicas cuyo objetivo es transformar la energía térmica procedente de un combustible en energía mecánica para producir un trabajo. En el caso del presente estudio, este trabajo es el correspondiente a la generación de la energía eléctrica. Son una clase de motores térmicos, caracterizados por utilizar combustible como aporte de fuente térmica.

El caso del motor de combustión interna es un tipo característico de combustión. El criterio para clasificarlo de esta manera se basa en que este fenómeno de la combustión se produce dentro del propio bloque motor. Se generan dentro del motor gases que al expandirse producen trabajo. Ejemplos de este tipo de motor son los de automóviles o los de generación de energía eléctrica en buques.

Los motores de combustión interna poseen una serie de ventajas sobre los motores de combustión externa. Estas son: mayor poder calorífico de los combustibles empleados; menor peso y tamaño; mucho mejor rendimiento y menores pérdidas de energía. Los más habituales son los motores de combustión interna alternativos, en los cuales el pistón tiene un movimiento alternativo de subida y bajada.

Los motores alternativos son por definición discontinuos, por el hecho de que el proceso de combustión se produce de manera intermitente. El trabajo se obtiene por la combustión de aire y combustible en el interior del cilindro existente como parte del motor.

Dentro de los motores de combustión interna alternativos, existen diferentes tipos atendiendo a clasificaciones en función de:

- Número de ciclos de trabajo
- Ciclo de funcionamiento: Otto (gasolina) y Diésel
- Tipo de encendido

- Forma de suministrar el combustible

El tipo de encendido depende generalmente de la clase de combustible utilizado. El combustible puede ser diésel o gasolina. Si la elección es diésel, nos encontraremos con un motor de encendido por compresión (MEC), y si es gasolina con un motor de encendido provocado (MEP).

Los motores de encendido provocado logran la combustión aportando de manera externa un detonante reactivo en forma de chispa, que provoca una reacción en cadena en una mezcla homogénea de aire y combustible (gasolina).

La manera de suministrar el combustible al motor son: carburación (sólo para MEP), inyección indirecta o inyección directa. El carburador se encarga de administrarle al aire procedente del compresor el combustible necesario en función de la potencia demandada. Otro método más moderno y competitivo es el uso de inyectores, que permiten un ahorro de combustible y un mejor aprovechamiento del mismo.

En los motores de encendido provocado de carburación e inyección indirecta, la mezcla de aire y combustible se hace fuera del cilindro. Por lo que, a la cámara de combustión entra mezcla. Mientras, en el caso de la inyección directa, al cilindro entra aire y combustible que se inyecta directamente en la cámara de combustión al final de la etapa de compresión.

Asimismo, en los motores de encendido por compresión, se inyecta el combustible dentro del propio cilindro por inyección directa (en la cámara de combustión) o indirecta (en una precámara), produciéndose ahí la mezcla. Es necesario obtener las condiciones necesarias de presión y temperatura en la mezcla en el momento previo a la combustión.

En el caso del diésel, sus propiedades químicas lo hacen más complicado para alcanzar la combustión. Los motores pueden tener una relación de compresión de hasta 22:1, alcanzando presiones de hasta los 3500 bares con las últimas tecnologías. Esto permite sacarle un mayor rendimiento térmico frente a la gasolina, pero también requiere de mayores inversiones en la calidad de los componentes. La aportación de la cantidad precisa del diésel se realiza mediante inyectores que introducen el carburante dentro del pistón en la fase de compresión del cilindro. También existe para los diésel, como ya se ha comentado, la llamada inyección indirecta, en la que existe una cámara de combustión llamada recámara unida al resto de la cavidad volumétrica por un estrechamiento que permite que la combustión no sea tan violenta y la favorece. Un ejemplo del caso se muestra en la Figura 2-2.

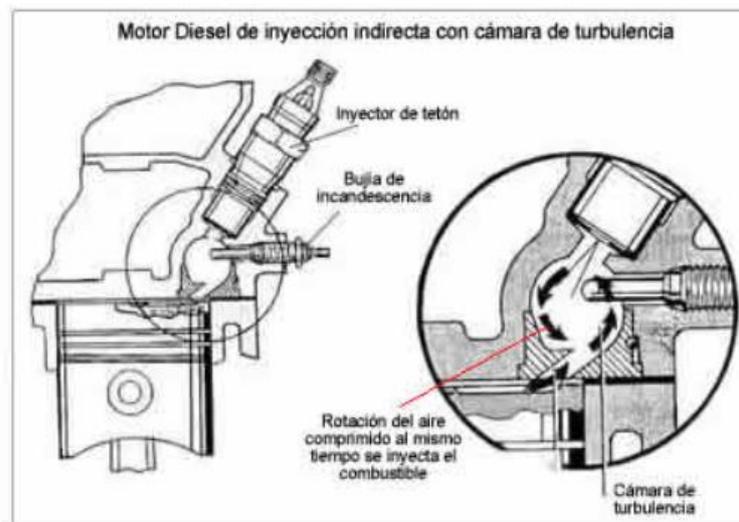


Figura 2-2 Ilustración de una cámara de turbulencia o combustión diésel [9]

La finalización de un ciclo completo puede darse en cuatro tiempos o dos tiempos. Las fases para ambos casos son las mismas: admisión, compresión, combustión-expansión y escape.

En un motor de cuatro tiempos, el pistón realiza 4 carreras, 1 para cada fase. Por lo tanto, el cigüeñal acoplado al pistón dará dos vueltas. En el caso de los motores dos tiempos, se realizan únicamente dos carreras del pistón, unificando las fases de admisión y compresión, y las de combustión-expansión y escape. Esto es posible añadiendo lumbreras en las paredes del pistón que permitan realizar dos funciones en una misma carrera. El cigüeñal dará una vuelta en cada ciclo completo.

La combustión de la gasolina sigue un ciclo Otto, invento del ingeniero alemán Nicolaus Otto en 1876. El ciclo Otto está compuesto por 2 transformaciones isoentrópicas y adiabáticas, y 2 transformaciones isócoras. Su principal ventaja es el rápido encendido y su transmisión de mayor potencia al eje.

Por el contrario, el ciclo diésel, se compone de 2 transformaciones isoentrópicas y adiabáticas, pero solo 1 isócora, sustituyendo la restante por una transformación isóbara. La mayor ventaja del ciclo diésel es su rendimiento y que aporta mayor par.

Ambos ciclos definidos son teóricos, aunque en la realidad no sea exactamente así, dado que los ciclos termodinámicos reales son abiertos. Los ciclos reales reflejan las condiciones reales del motor. Las realidades que se obvian en los ciclos teóricos son [10]:

- Pérdidas de calor
- Tiempo de apertura de la válvula de escape
- Combustión no instantánea
- Aumento calores específicos con la temperatura
- Pérdidas

En la actualidad, es el método de propulsión por excelencia utilizado en los medios de transporte terrestres y marítimos. Se considera la mejor opción frente a otras fuentes de energía en la industria del transporte no solo por su reducido precio, sino también por el poco espacio que requiere en su instalación y su mantenimiento.

Tampoco tiene ningún competidor en el sector de la generación eléctrica a bordo de buques. Se trata de la única opción tecnológica, industrial y comercial posible a gran escala. Cabe destacar que los motores diésel son la fuente de energía mecánica de la mayor parte de los generadores de corriente alterna en las marinas militares y mercantes del globo.

2.2.1.2.2 Turbina de gas

Las turbinas de gas son máquinas térmicas de flujo combustión interna continua. Pertenecen al grupo de máquinas térmicas generadoras cuya franja de operación se mueve desde pequeñas potencias (30 V para microturbinas) hasta 500 MW [11].

Los principales elementos de una turbina de gas son 4: Compresor, cámara de combustión, turbina de expansión y el rotor. El rotor será el encargado de producir movimiento en el generador de electricidad.

El compresor de aire realiza la función de subir la presión y la temperatura del aire (filtrado previamente) previa a su entrada en la cámara de combustión. Recordar que para que se produzca la combustión, es necesaria presión, temperatura y combustible. El compresor es la parte de la turbina que más trabajo necesita, consumiendo 2/3 partes del trabajo producido por el componente turbina.

En la cámara de combustión tiene lugar la combustión a presión constante del gas combustible con el aire, a una presión de entre 16 a 50 bares [12]. Parte del aire del compresor se dirige a las paredes de la cámara para evitar elevadas subidas de temperatura que pongan en riesgo el proceso.

Finalmente, los gases de combustión hacen girar los álabes de la turbina, que crea la energía mecánica en forma de rotación. Estos gases salen a temperaturas de entre 1200-1400 grados centígrados y se pueden reutilizar para mejorar el rendimiento de la turbina (Regeneración), recirculándolos a la

cámara de combustión. También se pueden utilizar para la obtención de vapor. El ciclo térmico se representa en el ciclo de Brayton, representado en la Figura 2-3.

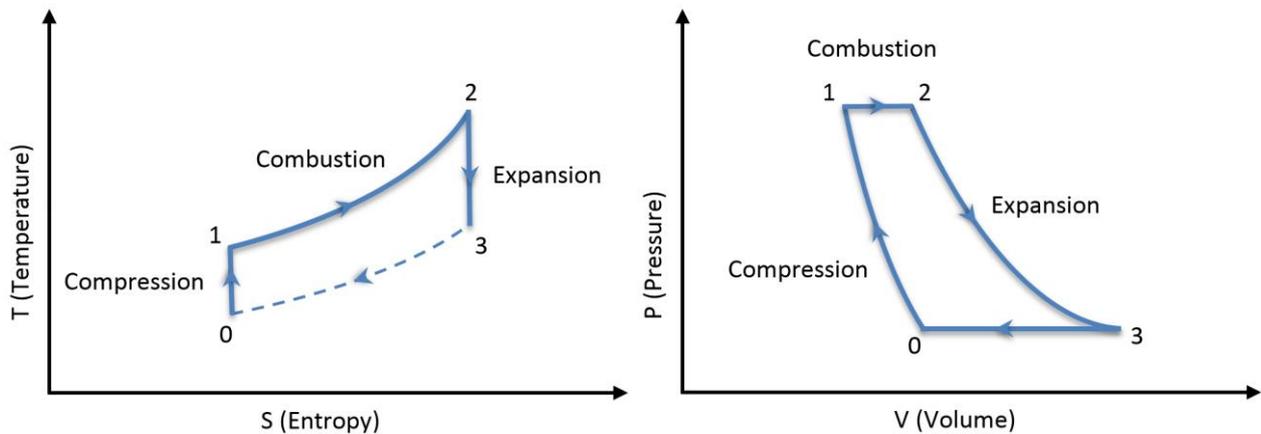


Figura 2-3 Ciclo de Brayton. Diagramas característicos [13]

2.2.1.2.3 Turbinas de vapor

Las turbinas de vapor difieren de las turbinas de gas en una serie de características que hacen necesario tratarlas por separadas. Las turbinas de vapor son máquinas de combustión externa que se sustentan en los ciclos Rankine.

En el ciclo, se calienta el agua en una caldera hasta conseguir su evaporación en un espacio cerrado y sellado. Cuando alcance la temperatura y presión suficientes, se llevará a una turbina donde se producirá energía cinética en forma de movimiento. A costa de este movimiento se perderá presión. El vapor que queda será trasladado a un condensador para volver a su estado líquido y poder ser nuevamente bombeado a la caldera.

Con el propósito de mejorar el rendimiento y aprovechar al máximo la energía del vapor, se suelen colocar varias turbinas en serie. Cada vez que el vapor pasa de una a otra, va perdiendo presión, por lo tanto, los álabes van aumentando el grosor, como se puede observar en la Figura 2-4.

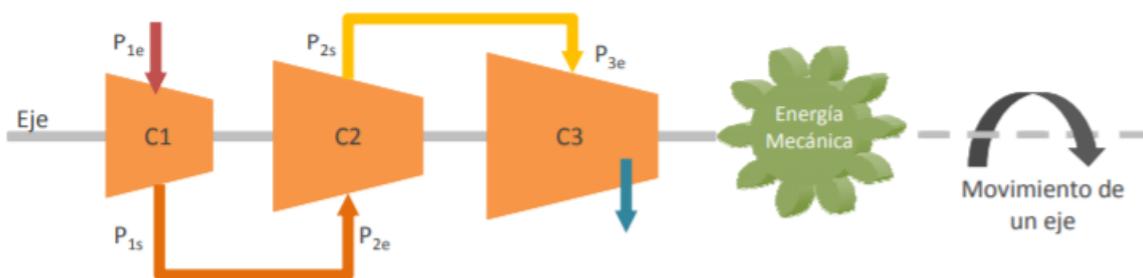


Figura 2-4 Etapas en la turbina de vapor [14]

2.2.1.2.4 Ciclos combinados

El rendimiento tanto de la turbina de gas como de la turbina de vapor puede mejorar hasta en un 50% si trabajan en conjunto. A esta invención se le conoce como ciclo combinado.

Las centrales eléctricas que trabajan sobre este principio se componen de una turbina de gas acoplada a un generador eléctrico y una turbina de vapor, también con su correspondiente alternador propio [14].

En el ciclo de gas, el rendimiento que realiza la turbina no es suficiente para aprovechar al máximo su potencial. Estos gases ya mencionados anteriormente, son recirculados a la caldera de recuperación de calor. Esta caldera será la encargada de producir calor que a su vez también generará electricidad.

Por lo tanto, conseguimos un rendimiento mucho mayor dado que las pérdidas existentes en la turbina de gas son utilizadas para calentar vapor. Además, se reduce la temperatura de salida de los gases restantes al exterior. De manera generalizada, se introduce un esquema ilustrativo en la Figura 2-5.



Figura 2-5 Esquema general de un planta de ciclo combinado [14]

2.2.1.3 Energía nuclear

La energía nuclear es aquella que contienen los átomos en su núcleo. Esta energía se puede utilizar para la obtención de energía eléctrica. Existen dos maneras de obtener la energía atómica: la fusión nuclear y la fisión nuclear.

La fusión consiste en la unión de los núcleos de los átomos y la energía que se libera durante el proceso. En la fisión, por el contrario, los núcleos de los átomos se dividen para formar núcleos más pequeños liberando energía. Las centrales utilizan la fisión nuclear [15]. El principio en el que se basa la energía nuclear para obtener energía es la equivalencia existente entre la masa y la energía. Siguiendo el principio de Einstein en la Ecuación 2-1:

$$E = m * c^2$$

Ecuación 2-1 Equivalencia entre la masa y la energía

El “modus operandi” de la central nuclear es análogo al funcionamiento de una central térmica convencional como se ilustra en la Figura 2-6. El reactor es el encargado de transformar la energía propia de la fisión nuclear en calor para calentar agua y convertirla en vapor a alta presión y temperatura. Este vapor accionará una turbina acoplada a un generador eléctrico encargado de la generación de la energía eléctrica.

El reactor se compone fundamentalmente de un combustible, normalmente dióxido de uranio, un moderador para reducir la velocidad de los neutrones y así incrementar la posibilidad de fusión, barras de regulación para controlar el flujo de los neutrones, un refrigerante y una protección contra la radiación y fugas.

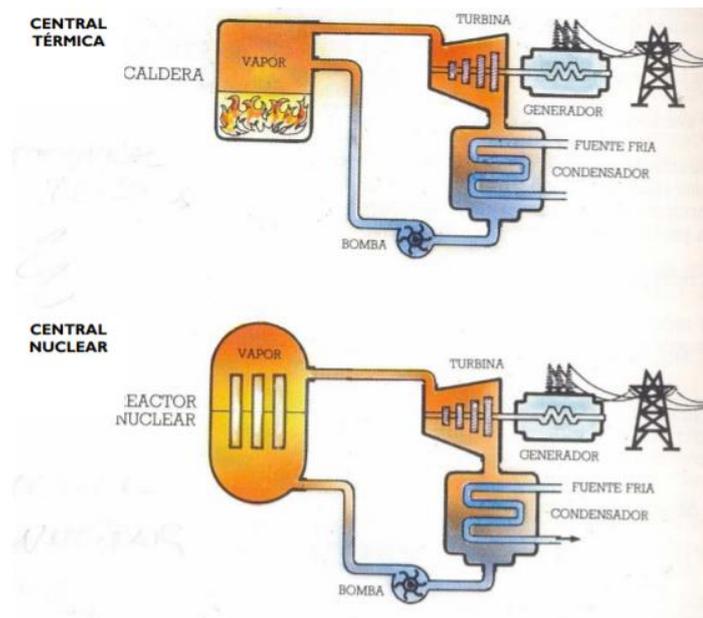


Figura 2-6 Esquema comparativo entre central térmica y central nuclear [16]

A pesar de sus grandes ventajas, como es la cantidad de energía generada, es una fuente de energía muy controvertida dada los residuos radiactivos que provoca y su alta radiactividad. Las fugas radiactivas, aunque improbables, han tenido lugar y han hecho mella en la opinión pública a lo largo del globo.

2.2.2 Fuentes de energía alternativas

2.2.2.1 Energía solar

Existen en la actualidad dos tipos de obtención de energía eléctrica a partir de la radiación solar. La tecnología solar fotovoltaica y la tecnología solar termoeléctrica. Ambas comparten su base y su fin último, sin embargo, utilizan diferentes procedimientos.

La tecnología solar fotovoltaica se trata de una transformación directa entre la energía lumínica y la energía eléctrica. Se utiliza un material semiconductor que permita el fenómeno del efecto fotoeléctrico. Este material semiconductor suele estar compuesto por Silicio. Se basa en el hecho de que ciertos materiales, al absorber radiación electromagnética como lo es la luz solar, emiten electrones y generan una corriente eléctrica [6].

Los módulos fotovoltaicos crean CC que puede ser convertida con posterioridad a CA mediante un inversor. Es ya a continuación cuando se adapta la electricidad a las condiciones de intensidad y tensión para su próximo consumo.

Por otro lado, la tecnología solar termoeléctrica tiene un intermediario entre la conversión de la energía lumínica a eléctrica. La energía solar se transforma en energía térmica y ésta después en energía eléctrica. La energía radiada por el sol se transforma en calor y éste, mediante un ciclo termodinámico, consigue accionar una turbina acoplada a un generador. El elemento más importante es el captador, componente por el que pasa un líquido que absorbe la radiación solar en forma de calor [17].

Es una fuente de energía totalmente limpia y renovable, al alcance tanto de Gobiernos como de ciudadanos que puede utilizarla para su uso particular. Sus limitaciones sin embargo son claras: Solo recogen energía durante el día y sólo si hace sol y existe radiación solar.

Un punto a favor de gran importancia es el factor económico. En los últimos años se nota un descenso significativo en el coste de este tipo de generación eléctrica. Se puede apreciar en la Figura 2-7 un pronunciado declive en la energía fotovoltaica, representada con la línea de color beige.

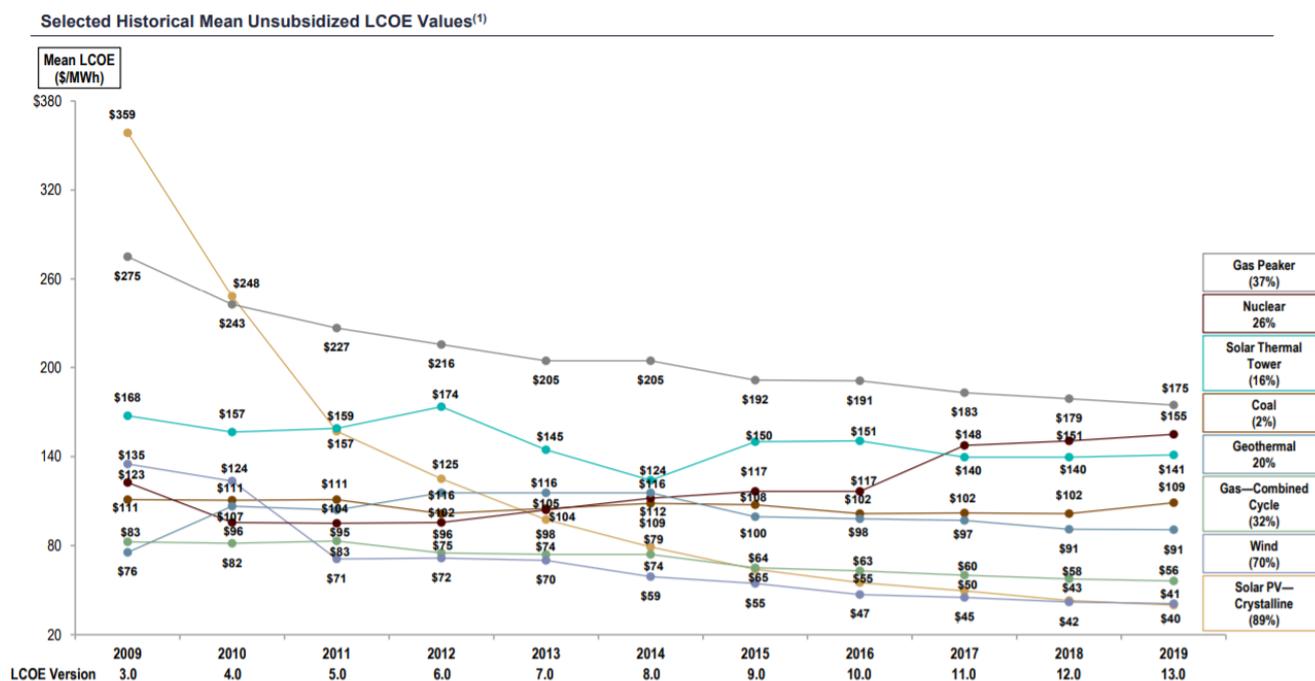


Figura 2-7 Comparación histórica de los costes de generación eléctrica utilitaria [18]

2.2.2.2 Energía Eólica

La energía eólica es la energía renovable que mayor peso tiene en nuestro país. Su funcionamiento es relativamente simple. El viento es el responsable de hacer rotar la turbina que comparte eje con un generador eléctrico.

El aprovechamiento del viento presenta una serie de ventajas y desventajas únicas. Entre estas últimas, la dependencia del viento y las limitaciones del rendimiento eléctrico de los generadores son las de mayor importancia.

El rendimiento al 100% es imposible dado que, para conseguirlo, sería necesario que el aire a la salida de la turbina poseyera energía nula, es decir velocidad 0. El aire debería ser estático al salir de la turbina y eso no es posible [18]. Añadiendo además la pérdida de rendimiento de los generadores y de diferentes equipos reductores y transformadores, se alcanza simplemente un rendimiento alrededor del 20%.

A fin de reducir esta pérdida de rendimiento, se hace necesario un estudio para cada tipo de aerogenerador, relativo a su posición, donde será instalado, características del terreno, características del viento y la necesidad de producción [18]. Atendiendo a estos factores, existen diferentes tipos de esquemas turbina-generador. Estos son:

- Turbinas eólicas con generador de inducción
- Turbinas eólicas con generador sincrónico

En España, la energía eólica es una fuente de energía de primer nivel. Contamos con alrededor de 1100 parques eólicos y 20000 aerogeneradores, consiguiendo así ser la segunda fuente de recursos energéticos en nuestro país [20]. España se sitúa así como el 2º país de la unión Europea en producción de este tipo de energía, solo por detrás de Alemania.

2.2.2.3 Energía de la biomasa

La biomasa es todo aquel material de origen vegetal o animal de carácter renovable que tienen potencial energético. Por lo tanto, quedan excluidos los combustibles fósiles [6].

Este tipo de energía está en auge dado que es respetuoso con el medio ambiente y tiene un gran potencial a largo plazo. Existen dos maneras de obtención de energía a partir de la biomasa. La primera se trata de transformarla en productos industriales que sustituyan a otros no renovables; la segunda consiste directamente en utilizar estos materiales como combustibles [6].

Para que sea rentable y ventajoso con respecto a otras fuentes de energía, la biomasa debe consumirse a un ritmo menor que el de la capacidad de la naturaleza en renovarse y regenerarse.

2.2.2.4 Energía geotérmica

Utiliza el calor interno del núcleo terrestre para aportar la energía necesaria y luego transformarla. Se trata de la única fuente de energía renovable independiente del Sol [6].

Se aprovecha del flujo de calor que existe desde el interior de la Tierra hacia la corteza terrestre, que se encuentra a menor temperatura. Este fenómeno se conoce como gradiente térmico.

Los sistemas geotérmicos se clasifican en función de la temperatura a la que se extrae el fluido desde el interior de la tierra. Estos fluidos pueden ser tanto endógenos como inyectados. Para la generación eléctrica, es necesario que se alcancen temperaturas superiores a los 200 grados centígrados para obtener un rendimiento normalizado.

Además, para el caso particular de la electricidad, estos fluidos se extraen de manera bifásica (líquido y vapor) y una vez en la superficie se separan de manera conveniente. El vapor se transporta hacia turbinas de generación, mientras que el agua se puede o bien regresar o darle otro fin dependiendo de su temperatura de salida [21].

2.3 Generación de energía

Las fuentes de energía comentadas se pueden emplear para generar electricidad. Se distinguen sin embargo dos tipos de corrientes: la continua y la alterna. Se distinguen en función de cómo se mueven los electrones dentro del material conductor.

Dentro de la corriente alterna, podemos encontrar las monofásicas y las trifásicas. Se diferencian en el número de fases que tiene cada una. Las dos tienen una importancia y funciones únicas y junto con la corriente continua suponen la totalidad de las corrientes eléctricas existentes.

Conviene estudiarlas tres diferenciadamente, dado que sus objetivos y aplicaciones son diferentes:

2.3.1 Corriente continua (CC)

Se define como corriente continua “al flujo de cargas eléctricas que no cambia el sentido con el tiempo” [3]. La corriente circula en un único sentido, del polo negativo al positivo y la polaridad se mantiene siempre constante. El voltaje es constante al igual que la corriente de la fuente de CC.

Este tipo de corriente se utiliza principalmente en los aparatos que funcionan con pilas o baterías. Los voltajes que se utilizan son muy bajos o bajos.

2.3.2 Corriente alterna monofásica (CA)

En el caso de la corriente alterna, el sentido del flujo de electrones varía periódicamente, y por lo tanto también su polaridad. Esta variación depende proporcionalmente de la frecuencia que tenga la presente corriente. Esta frecuencia de cambio se puede ver de manera clara con el ejemplo de la usada en Estados Unidos y Europa, que son 60 y 50 Hz respectivamente.

2.3.3 Corriente alterna trifásica (CA)

La corriente trifásica es el conjunto de tres corrientes alternas de igual frecuencia y amplitud. Entre ellas existe una diferencia de fase de 120°.

La generación trifásica es más habitual que las otras, dado que tiene un uso más eficiente de los conductores y de la instalación eléctrica. Presenta múltiples ventajas entre las que se encuentra el hecho de que el transporte de la energía es bastante más económico dado el menor grosor en los cables que la transportan, además de una mayor eficacia en los transformadores. [3]

Existen dos tensiones: La tensión de línea y la tensión entre fase y neutro. Son muy importante las relaciones existentes entre ambos voltajes, al igual que la relación entre las intensidades de línea y de fase. La relación entre voltajes y corrientes estará determinada por el tipo de conexión entre las bobinas y el neutro, referenciadas en la Ecuación 2-2. Estas conexiones pueden ser en Triángulo o en Estrella.

	Conexión en Estrella	Conexión en Triángulo
Relación entre Voltajes	$V_{\text{Línea}} = V_{\text{Fase}} * \sqrt{3}$	$V_{\text{Línea}} = V_{\text{Fase}}$
Relación entre Corrientes	$I_{\text{Línea}} = I_{\text{Fase}}$	$I_{\text{Línea}} = I_{\text{Fase}} * \sqrt{3}$

Ecuación 2-2 Relación entre conexiones en Estrella y Triángulo

2.3.4 Esquemas en las instalaciones eléctricas

Estas corrientes circulan a través de los diferentes circuitos encargados de su distribución en la plataforma. Cada instalación eléctrica tiene sus peculiaridades y elementos propios. En el estudio de cualquier sistema, el correcto entendimiento de los diagramas eléctricos es clave y necesario. Los diagramas los proporciona el fabricante o responsable en la construcción de la instalación, y los entregará junto a la documentación correspondiente una vez finalizada la obra de ingeniería.

Existen típicamente 4 tipos de diagramas eléctricos. Estos son:

- **Diagrama de bloques**
Simplifica de manera funcional y de forma simplificada las relaciones principales entre los elementos del sistema y su propósito en el funcionamiento del mismo. Es una herramienta que nos permite interpretar de una manera clara el esquema eléctrico.
- **Diagrama de Potencia**
Representa las características principales del sistema y sus límites. Su objetivo es ilustrar la manera en la que opera el sistema en particular. En este tipo de esquema, se omiten los detalles para un mejor entendimiento del sistema [22].
- **Diagrama de circuito**
Al contrario que el diagrama de potencia, incluye detalles del funcionamiento del sistema. Véase la Figura 2-8. Se utilizan numerosos símbolos para la mejor comprensión de las operaciones [22]. Existen diferentes estándares internacionales que recogen esta simbología. Permite interpretar el circuito y seguir paso a paso el funcionamiento, desde el arranque del mismo hasta el final. Si por casualidad existiese un fallo, se podría identificar mediante este tipo de diagrama.

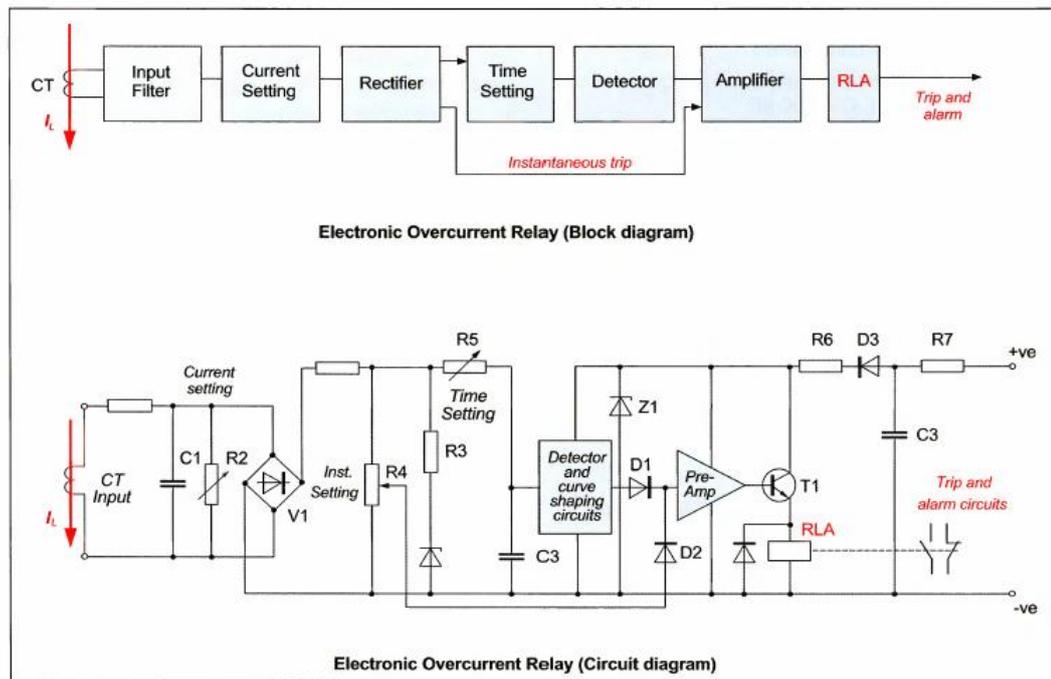


Figura 2-8 Diagrama de bloques y diagrama de circuito [22]

- Diagrama de cableado

Los componentes son mostrados en las posiciones aproximadas que ocupan realmente en su sistema electrónico [22]. No es útil si el objetivo es entender el funcionamiento de la instalación. El usuario principal es el instalador, porque es de utilidad a la hora de conectar los equipos y componentes.

2.4 Generador AC

La potencia eléctrica que se requiere para encender desde una bombilla hasta sistemas de aire acondicionado o sistemas auxiliares en una industria suele ser generada en generadores de corriente alterna. Casi toda la potencia eléctrica del mundo es generada en generadores síncronos trifásicos, conocidos comúnmente como alternadores o generadores de corriente alterna [4]. Se recalca aquí que son el medio utilizado en casi todos los buques de propulsión convencional para la obtención de energía, por lo tanto, su estudio apoderará apuntes de consideración naval.

Está formado por dos componentes; un rotor y un estator. Al rotor se le da movimiento mediante una fuente de energía mecánica, y a la vez circula por éste una corriente de energía continua. Esta corriente, a su vez y debido al movimiento crea un campo magnético variable alrededor del rotor. El rotor se encuentra dentro del estator, en el que se induce corriente alterna.

Entre el rotor y el estator hay un pequeño hueco de aire que permite el giro libre del rotor y cumple con las necesidades electromagnéticas y mecánicas [4]. El rotor genera voltaje en cada fase en cada uno de los tres bobinados de los que dispone el estator. Así pues, se induce corriente trifásica. Un diagrama explicativo se ofrece en la Figura 2-9.

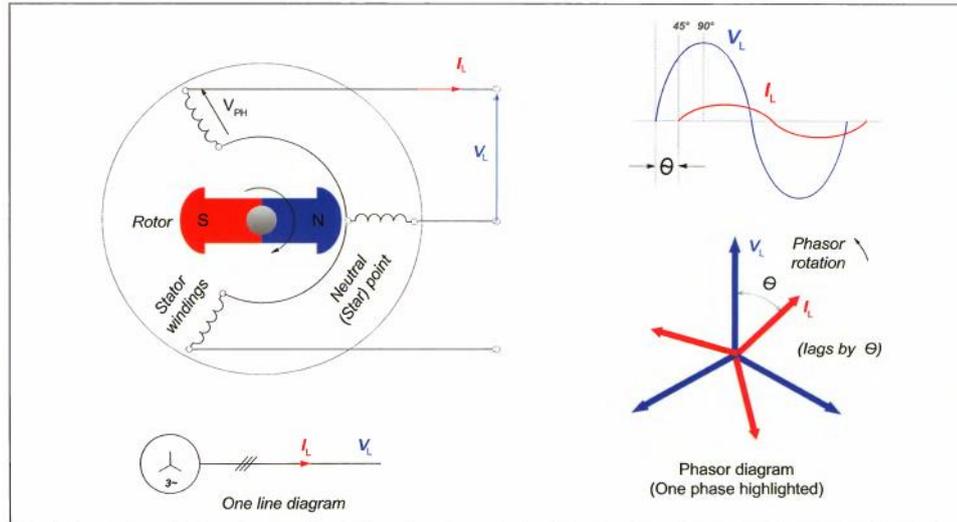


Figura 2-9 Principio de operación de alternador [22]

Los principales generadores tienen valores desde los 250 kW hasta los 2 MW a 440 V y en una frecuencia de 60 Hz, o de 380 V y una frecuencia de 50 Hz, movidos por un diésel, turbina de vapor o gas [22].

Los generadores de emergencia alcanzan un margen de entre los 100 kW hasta los 250 kW a 440 V o 220 V, movidos generalmente por un diésel, con un arranque automático además del manual [22].

La frecuencia inducida en el estator es directamente proporcional a la velocidad de giro del rotor (N) y al número de polos magnéticos de los que disponga el rotor (P). La ecuación que los relaciona se ve representada en la Ecuación 2-3:

$$f = \frac{P * N}{120} \text{ Ciclos/seg}$$

Ecuación 2-3 Frecuencia en función de velocidad y polos

Se genera en el estator una fuerza electromotriz, que incide de manera alternativa en cada fase de los bobinados del estator. Esta fuerza tiene en su forma ideal una forma sinusoidal. La fuerza generada depende de la fuerza del flujo magnético (ψ), de la velocidad de rotación del rotor y de sus polos, siguiendo la Ecuación 2-4:

$$E = N * \psi$$

Ecuación 2-4 La fuerza electromotriz

La relación entre la frecuencia y la fuerza electromotriz son las variables utilizadas para controlar el voltaje y corriente a la salida del estator. Sin embargo, en la práctica, la velocidad del rotor se mantiene constante, y por consiguiente la frecuencia.

Existen dos tipos de rotor según su estructura, ilustrados en la Figura 2-10:

- Polos Salientes: Uso para bajas y medianas velocidades de rotación (por debajo de 1800 revoluciones por minuto). Uso predominante en los generadores marinos
- Polos Cilíndricos: Altas velocidades. Uso en turbinas

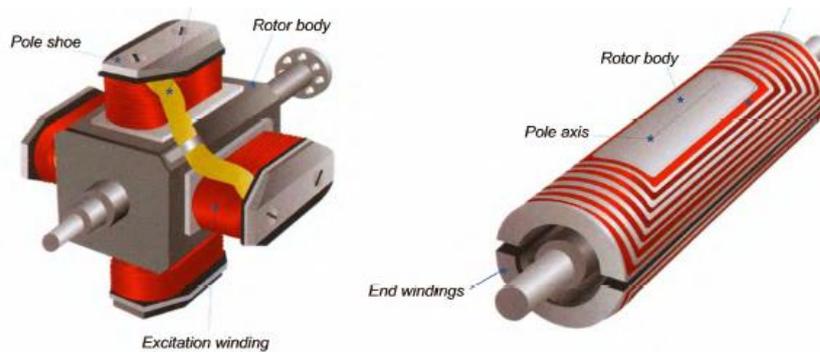


Figura 2-10 Tipos de rotor: Saliente y Cilíndrico [22]

Los 3 bobinados del estator están separados entre sí 120° obteniéndose así las 3 fases de la corriente alterna. Cada fase está desfasada con respecto a las otras dos por lo tanto 120° . Cada una de estas tres fases tiene que estar conectada en un extremo a neutro, y el otro extremo estará conectado a conductores que salgan fuera del bloque generador [22]. Los cables de salida llevarán la corriente al cortacircuito correspondiente en el cuadro principal.

El calentamiento interno de la instalación, provocado en su mayor parte en los bobinados del rotor y del estator por fugas en el sistema es un problema a tener en cuenta. Es necesario la evacuación de este calor a fin de que no pierda capacidad de aislamiento ni se sobrecaliente el generador.

El mecanismo más utilizado trata el problema mediante la circulación forzosa de aire en el espacio libre entre el rotor y el estator. Otro mecanismo se basa en la refrigeración líquida, de mejor rendimiento y mayor capacidad de absorción de calor que el aire. Además, al estar en el medio marino, la circulación constante de agua fresca y limpia es muy sencilla y barata.

Otro problema es la condensación cuando se apaga o se realizan trabajos de mantenimiento al equipo. La solución que existe son unos pequeños calentadores que siguen en funcionamiento y que lo previenen. Se pueden activar automáticamente o manualmente [22].

La protección más útil de la que dispone este tipo de generador está basada en la detección y protección frente a corrientes y voltajes excesivos que puedan aparecer. Se basa en componentes como relés y cortacircuitos instalados en el cuadro principal.

Un método para conseguir más capacidad para soportar cargas puntuales de los sistemas es colocar dos generadores en paralelo. Al hacerlo, se consigue que compartan la carga total y consigan seguir funcionando si la demanda excede a una única máquina generadora. Los generadores de emergencia no se pondrán nunca en paralelo con los principales por simplicidad y seguridad [22].

Existen por otro lado también alternadores que se acoplan directamente al eje propulsor del barco, con lo cual no necesitan de instalaciones motrices auxiliares y así sale más económico. Al unirse a los ejes principales, su baja velocidad de rotación obliga a instalar cajas de cambios con engranajes que aumenten la velocidad de giro en el generador. La principal desventaja de este tipo de ingeniería es que la frecuencia no es variable dado que depende del giro de la hélice.

2.5 La distribución de la energía eléctrica

2.5.1 Cuadros eléctricos

Los cuadros eléctricos son los encargados de distribuir la potencia eléctrica a lo largo del buque, empresa u hogar. Recoge múltiples componentes relacionados con este fin, incluidos relés, cortacircuitos, transformadores y controladores. Suele ser reconocido por estar construido exteriormente por paneles e interruptores. Un ejemplo se puede apreciar en la Figura 2-11.

Estos paneles se encuentran interconectados y mediante los interruptores, se permite controlar el flujo eléctrico a su destino. Es decir, se puede ajustar el voltaje transmitido, permitiendo así ajustar para cada destinatario y aportar seguridad a la instalación. Para lograr este objetivo, proveen de energía a los transformadores, explicados más adelante.

En un barco, el cuadro principal del generador se suele dividir en varias secciones para conseguir los requisitos de redundancia del sistema. El sistema debe ser capaz de aguantar una caída de una de las secciones, provocada por ejemplo por una caída de tensión o un cortocircuito. Además, en un barco de la Armada se hacen necesarias garantías frente a incendios e inundaciones, con lo cual estanqueidad y resistencia al fuego deben ser religión en cada una de estas secciones.



Figura 2-11 Típico cuadro eléctrico principal de un gran mercante [4]

Así pues, dividido en dos secciones, el cuadro eléctrico principal podría perder si ocurre algún fallo una capacidad del 50%, en vez del total. Por lo general, y por motivos económicos, se suele dividir el cuadro principal en 3 o 4 secciones [22].

Por lo general, la sección central se encarga del control de los alternadores. Secciones diferentes acoplan los diferentes transformadores. Por ejemplo, los transformadores de 440/220 V de luz se suelen montar generalmente cerca del cuadro principal. Diagramas eléctricos como los vistos anteriormente deben estar disponibles en la embarcación con la disposición de todos los componentes.

2.5.2 Transformadores

Un transformador es un componente fundamental en cualquier estación e instalación eléctrica. Permite cambiar el voltaje mediante la utilización de bobinados en un núcleo magnético. Cabe destacar que los dos bobinados están eléctricamente aislados.

La transferencia de potencia se realiza de un bobinado a otro, pasando por el núcleo que une ambas bobinas y que resulta en un camino corto para el flujo magnético. El núcleo está formado por hierro magnético de alta permeabilidad con el flujo magnético. Casi todo el flujo creado por el bobinado principal llega al bobinado secundario, exceptuando unas pequeñas pérdidas provocadas por aire [4].

En base a la ley de Lenz, las polaridades del voltaje y de la corriente son opuestas a cada lado del núcleo. Por lo tanto, la energía se traspasa desde la fuente a la polaridad positiva del primario, mientras que a la salida, abandona la polaridad positiva del secundario y abandona el transformador.

Para un número N de vueltas que tienen los bobinados primarios y secundarios, con sus respectivos voltajes, existe una relación indicada en la Ecuación 2-5:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

Ecuación 2-5 Relación entre voltajes de los bobinados

Esta expresión permite conocer cómo obtener el voltaje a la salida del transformador en función del número de vueltas que tengan los bobinados y define el principio del transformador: obtener un voltaje diferente a la salida que a la entrada.

Sin tener en cuenta las pequeñas pérdidas existentes, se relacionan también las corrientes de entrada y salida mediante la siguiente Ecuación 2-6. Aun así, estas ecuaciones dan un resultado más que preciso en la práctica.

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

Ecuación 2-6 Relación entre voltajes y corrientes de los bobinados

Existen varias clases de transformadores según su objetivo particular [4]:

- Transformadores de potencia: Único propósito, transferir energía desde un determinado voltaje en el primario a otro voltaje diferente en el secundario. Es el transformador por excelencia.
- Transformador de voltaje: Se utiliza específicamente para poder medir el voltaje en una instalación. Para ellos, reduce el voltaje a niveles seguros.
- Transformador de corriente: Tiene el mismo propósito que el anterior, pero con corriente.
- Transformador de aislamiento: Su objetivo es negar eléctricamente al bobinado secundario del primario manteniendo el nivel de voltaje. Es una medida de seguridad.

Uno de los grandes motivos por el que es necesario la existencia de transformadores de potencia es el hecho de que el transporte de energía es económico en voltajes elevados y corrientes pequeñas, pero muy caros en voltajes pequeños. Sin embargo, los equipos esencialmente trabajan en su mayoría en valores pequeños de voltaje. Es por esto que se hace necesario una red de distribución energética en las plantas generadoras eléctricas que esté compuesta por estos elementos, que permitan su movimiento desde el generador hasta los diferentes usuarios. Un ejemplo gráfico se ve en la Figura 2 12.

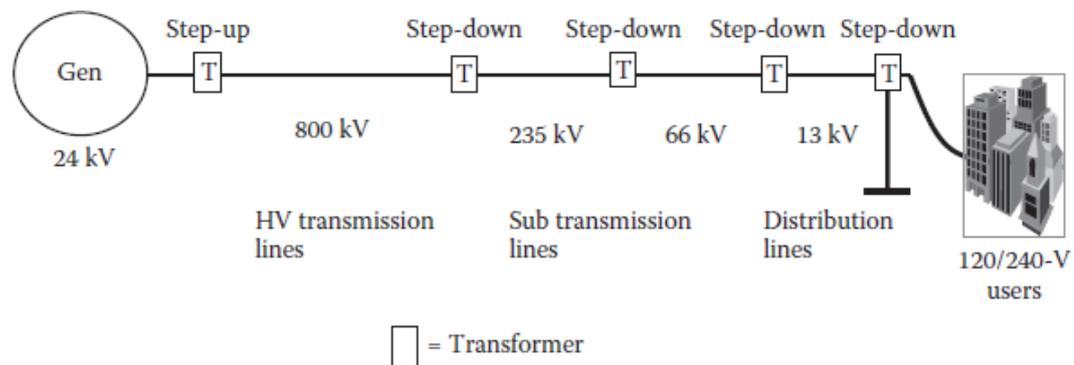


Figura 2-12 Niveles de voltajes típicos en la distribución de la energía eléctrica [4]

En los circuitos con corriente trifásica, como es el generador AC, se utilizan transformadores trifásicos. Los transformadores trifásicos tienen la diferencia de que están compuestos por 3 fases, con dos bobinados, uno de alto voltaje y otro de bajo voltaje. Estas 3 fases del núcleo se unen en ambos extremos verticales del transformador.

2.5.3 Cortacircuitos

Los cortacircuitos se utilizan para separar y conectar el generador de sus respectivas cargas, o como se dijo anteriormente, el generador del cuadro principal.

Son necesarios en el supuesto de que se produzca una sobrecarga del sistema o una sobrealimentación que pueda resultar peligrosa. Esta medida protege a los diferentes equipos y además al personal. También se utilizan para aislar eléctricamente un equipo en mantenimiento.

El tipo más común es el cortocircuitado por aire, que utiliza este fluido como neutralizador de la corriente eléctrica. Sin embargo, para altas cargas se utilizan interruptores de gas o de vacío.

2.5.4 Baterías

Las baterías son las encargadas de suministrar energía inmediata a los usuarios en caso de necesidad. Almacenan la energía eléctrica generada en el alternador hasta que es suministrada al usuario o equipo. Se trata de un elemento clave en la distribución eléctrica, fundamental en la aportación de energía a los equipos esenciales y de emergencia en un buque de manera inmediata.

Equipos como las comunicaciones, detector de incendios o el sistema de alarmas en un buque reciben la energía directamente de baterías que trabajan en ciclos de carga y descarga [22]. Las baterías de emergencia, por el contrario, se encuentran en “standby” hasta que sea necesaria su utilización.

Las baterías almacenan energía química. Existen dos tipos principalmente en los buques: Plomo-ácido y las alcalinas. Los voltajes son de 2 V para las de plomo-ácido y de 1,2 para las alcalinas. Para producir 24 V, se deberán colocar en serie hasta que sumen este valor. Por ejemplo en este caso, serían 12 del primer tipo o 20 del segundo [22].

Las baterías son elementos relativamente sensibles que deben de estar colocados en espacios secos y ventilados.

2.6 Generación en buques

La generación eléctrica en un buque está, genéricamente hablando, basada en los fundamentos básicos de las estaciones generadoras en tierra. Sin embargo, las particularidades de trabajo en los buques resultan en una serie de características especiales en la generación y en la distribución. Además, el medio marino es muy hostil frente a los equipos eléctricos, que necesitan especial atención y mantenimiento. Algunos factores intrínsecos en la mar son:

- El espacio: El limitado recinto del que se dispone para la generación y distribución de la energía no permite mucho margen de maniobra. La compartimentación de los buques es otra gran limitación. La fuente de energía tiene que ser tal que quepa en un espacio delimitado y no espacioso, limitándose a escasos metros. Lo más importante es la corta distancia que existe entre la generación y el consumo, siendo necesario cortacircuitos y elementos de seguridad de gran nivel.
- Aislamiento: El buque en la mar no recibe la energía; ha de producirla. El combustible necesario para conseguir energía mecánica transformable debe de ser almacenable y transportable.
- Desgaste: La humedad y la sal son enemigos de los componentes eléctricos y electrónicos. La lucha contra ellas es vital en la vida útil de los sistemas generadores y distribuidores.

Sociedades de Clasificación y SOLAS: Los buques tienen que acatar una serie de normas y convenios internacionales que rigen como se debe organizar y establecer los sistemas eléctricos a bordo. Los más importantes son el convenio SOLAS y las Sociedades de Clasificación, encargadas de discutir y publicar estándares eléctricos en la navegación.

3 DESARROLLO DEL TFG

3.1 La plataforma: el patrullero P-28

La plataforma en la que se centra el estudio se trata del patrullero Tabarca, como ya se ha mencionado anteriormente. El Tabarca (Figura 3-1), botado a finales del 1980, es el octavo buque de su serie, la “Anaga”. La serie estaba compuesta inicialmente por 10 unidades, de las que actualmente quedan 3.

El buque tiene un desplazamiento de 320 Tm. Las dimensiones del Tabarca son 44,26 m de eslora y una manga de 6.6 m. El calado del buque son 3,3 metros. Tiene una dotación de 27 personas, contando con el comandante, oficiales, suboficiales y marinería [1], y una autonomía de doce días a un régimen de 10 nudos, limitada por la capacidad de almacenamiento de víveres.

Los buques de esta serie son de construcción soldada en acero Martin Siemens, excepto la superestructura que es de aluminio. La unión entre la superestructura y la cubierta se consigue mediante unión bimetálica. El sistema de construcción es longitudinal con bulárcamas, salvo en los piques y la superestructura que es transversal con cuadernas. Se incluyen en el Anexo I los planos generales de la plataforma.



Figura 3-1 El patrullero P-28 "Tabarca" [24]

El buque cuenta con una propulsión formada por un único motor diésel marino modelo “Bazán MTU”, con una potencia de 4500 CV y que da movimiento a un único eje, con hélice dextrógira. La velocidad máxima son 15 nudos [1].

En cuanto a sus equipos auxiliares, dispone de 2 motores Chrysler-Barreiros modelo BS-36 ME. Estos motores trabajan a 1500 revoluciones por minuto y proporcionan una potencia de 190 CV.

Un resumen de las características fundamentales se dispone en la Tabla 3-1.

Patrullero TABARCA - (P-28)			
DESPLAZAMIENTO	320 Tm	MANGA	6,60 m
ESLORA	44,26 m	CALADO	3,3 m
PROPULSIÓN	1 motor principal BAZÁN MTU 16 V 956 TB91 4.500 CV. a 1.500 rpm		
	2 motores auxiliares diésel CHRISLER-BARREIROS tipo BS-36ME de 1500 rpm sobrealimentados		
DOTACIÓN	27 (1 Teniente de Navío Comandante, 3 oficiales, 4 suboficiales, 6 cabos primeros, 4 cabos y 9 marineros)		
ARMAMENTO	1 cañón 3"/50 1 Ametralladora OERLIKON 20 mm 2 Ametralladoras MG de 7.62 mm		
SENSORES	Radar de navegación CONSILIUM SELESMAR MOD. 10NB-001M/S. Radar de navegación SPERRY MOD. TIPO ID-1216-1 Corredora SAGEM MOD. LCHS Sondador acústico HRM		
OTROS	GPS KODEN KP-98 GPS GARMIN 2006C Giroscópica NAVIGAT X MK2		

Tabla 3-1 Características del patrullero Tabarca

3.2 La planta eléctrica

La planta eléctrica del Tabarca está proyectada para asegurar la continuidad en el suministro de la energía eléctrica. Proporciona energía a las diferentes unidades eléctricas y esenciales del buque mediante la alimentación estándar a través del cuadro principal, y una de emergencia, a través de baterías.

La energía eléctrica está proporcionada por dos grupos electrógenos diésel-alternadores, con una potencia de 112 kW cada uno. No se dispone de un auxiliar de emergencia, sino que la carga se va alternando por número de horas de funcionamiento. Se pueden cubrir las máximas posibilidades de utilización con un acoplamiento en paralelo, al estar los dos generadores diseñados y preparados para ello.

Los equipos se encuentran en la sala de máquinas (Figura 3-2), asentados en sentido longitudinal, con los alternadores en la proa. Uno se encuentra en babor y el otro en estribor. El cuadro principal de

distribución se encuentra en el mismo local, situado en el mamparo de proa, muy próximo a ambos grupos electrógenos.



Figura 3-2 Cámara de máquinas del patrullero Tabarca

Cuando el buque se encuentra atracado, se puede tomar corriente de tierra. Se realiza a través de una caja de toma de corriente, que transmite la corriente hasta el cuadro principal, y que permite no tener arrancado ninguno de los auxiliares cuando el buque se encuentre atracado en puerto. También existe otra toma de características similares para enlazar corriente de otros buques. Ambas se encuentran sobre la cubierta principal.

Las tensiones de trabajo del buque son variables, necesitando los equipos eléctricos diferentes tensiones de alimentación:

- Las unidades de Lavandería se alimentan, por seguridad, a 220 V.
- El equipo de radiocomunicaciones se alimenta a 220 V, a excepción del transmisor principal que se alimenta directamente a 380 V, 50 Hz (trifásica).
- El alumbrado se alimenta a 220 V, mientras que el alumbrado de emergencia y las luces de navegación y señales son a 24 V, dado que son alimentados por las baterías.
- El resto de unidades son alimentadas por las tensiones estándares de suministro de los fabricantes, a excepción de los equipos de cocina de gran consumo. La cocina eléctrica, el horno y el calentador de agua van a 380 V, y el resto a 220 V.

Los generadores del buque proporcionan una tensión de 380 V, entre fases, trifásica a 50 Hz, y 220 V entre fase y neutro. La tensión requerida por algunos equipos de 24 V se obtiene mediante transformadores-rectificadores que transforman la corriente alterna en continua y al voltaje necesario. También pueden recibir la tensión estos equipos de las baterías de acumuladores.

Se citan a continuación normas y especificaciones de carácter general que corresponden a la instalación eléctrica del patrullero:

- Los equipos eléctricos están preparados para trabajar a una temperatura ambiente de unos 45 °C y una humedad relativa del 70%.

- Todos los materiales están protegidos frente a las condiciones más adversas que se puedan dar en un buque de guerra, en base a las normas militares (NM) correspondientes. Ejemplos son salpicaduras de agua, aceite, fuel-oil, vibraciones, etc.
- Los cables eléctricos se han elegido específicamente para conseguir la máxima duración en su vida de servicio. Están previstos para soportar las condiciones de temperatura, humedad y desgaste mecánico habituales. Peso reducido lo máximo posible. Siguen las normas VG y DIN.
- Se presta una atención especial a la situación de los cables y unidades eléctricas, al objeto de proporcionar la máxima protección contra cualquier tipo de daños de origen mecánico o accidental y la máxima facilidad de acceso para su manejo, mantenimiento y reparación.

3.2.1 Distribución y cuadro principal

El objetivo del cuadro principal es permitir el control, la maniobra y la protección de los 2 alternadores de la plataforma. Además, permite el control y la protección de la energía eléctrica del buque mediante la capacidad de realizar el acoplo de los transformadores, la transformación de la energía y el suministro eléctrico, ya sea por tierra o desde los alternadores.

El cuadro principal de maniobra y distribución tiene una longitud total de 2,7 metros, una altura de 1,7 m y un fondo de 450 mm. Dispone de varios paneles o secciones perfectamente diferenciadas, como se muestra en la Figura 3-3. Cada una tiene un propósito diferente.



Figura 3-3 Cuadro principal de distribución en la cámara de máquinas

Existen dos perfectamente definidos para el control de cada uno de los generadores; otro se encarga de la toma de corriente desde tierra, y de manera complementaria controla el sincronismo de ambos generadores en el caso de que quieran utilizarse en paralelo; uno controla el suministro de energía a otros buques mediante la toma de corriente dedicada a este fin; dos para la distribución de servicios a 380 V, y 220 V; y un último encargado de suministrar a los servicios 24 V de corriente continua.

El número de alimentaciones de cada cuadro viene dado por la importancia de los servicios y equipos a los que les suministra energía. Si son servicios importantes y esenciales, dispondrán de dos fuentes de alimentación, y si no, solamente de una.

El sistema de distribución del buque es radial, manejándose los generadores desde el Cuadro Principal. Los servicios y equipos reciben alimentación por líneas que parten del Cuadro Principal. El cuadro principal los distribuye atendiendo a las características de la red demandadas por los equipos.

Puede alimentar: directamente si son auxiliares esenciales; por medio de cajas de distribución; y por medio de cuadro secundarios.

A partir de los cuadros, el cableado en el buque es el encargado más básico de la distribución, transportando la energía generada desde la cámara de máquinas hasta todas las cubiertas y rincones del buque. En el Tabarca existe una gran red de canalización, que cubre el buque en todas sus cubiertas.

Adicionalmente destacar la existencia de una batería acumuladora de corriente continua. La batería de acumuladores de 24 V y 175 A suministra energía a través del panel de carga-rectificador a servicios como el alumbrado de emergencia, luces de navegación o la giroscópica. En caso de fallo en la batería, estos servicios seguirían siendo alimentados a través del cuadro principal, que sería el nuevo encargado de suministrar energía al cuadro de rectificación y carga.

Las redes de distribución de energía en el buque son las siguientes:

- Red de distribución principal de energía a 50 Hz: Alimentada por los dos grupos electrógenos y que se conectan al cuadro principal de distribución
- Red de distribución de alumbrado normal: Alimentada a 220 V y 50 Hz desde el cuadro principal. La tensión de 220 V se obtiene de cada una de las fases a 380 V y el neutro.
- Red de distribución del alumbrado de emergencia: Se alimenta de corriente continua a 24 V y también parte del cuadro principal de distribución. Los acumuladores transmiten la energía a las barras del circuito. Un contactador se encarga de alimentar la red desde el cuadro principal en caso de fallo.
- Red de corriente continua: Esta red está alimentada por dos fuentes. A través de un rectificador relación 380/24, o bien directamente de las baterías de 24 V y 175 A.
- Red de distribución de las Luces de Navegación y Señales: Alimentada por corriente continua, llega desde dos transformadores que se alimentan del cuadro principal y que actúan como fuente de energía.

La relación entre los alternadores y el cuadro no puede ser más estrecha. Están interconectados a través de los paneles 1SGA y 1SGB del cuadro principal mediante 2 cables en paralelo. Este suministro se controla mediante un interruptor automático principal.

La maniobra de los alternadores desde ambos paneles comprenden las funciones de conexión al cuadro principal, regulación de la velocidad del grupo electrógeno y la regulación de la corriente de excitación del propio motor.

3.2.2 Los auxiliares BS-36 ME (marino-electrógenos)

Los motores BS-36 ME marino-electrógenos tienen la función de transformar la energía química del diésel en energía mecánica útil para el alternador acoplado a los motores. Uno de los dos auxiliares se muestra en la Figura 3-4.

Este tipo de motores son derivados de los motores B-36 U y BS-36 U universales. Estos motores tienen un gran abanico de aplicaciones por su gran campo de regulación, como son camiones de hasta 38 Tm de peso total cargado, locomotoras, grúas, motopropulsores y grupos electrógenos, tanto industriales como marinos. En cuanto a la generación eléctrica, es necesario un margen muy estrecho de variación de la velocidad de giro, por lo tanto, el motor objeto del presente trabajo se diferencia por estar equipado con un regulador estacionario que le permite mantenerse en un margen de 25 rpm de variación máxima.



Figura 3-4 Motor auxiliar de la banda de estribor

Las características que posee el motor son las especificadas a continuación:

Motor tipo.....	BS-36 ME
Ciclo.....	Diésel, 4 tiempos
Tipo de combustión.....	Inyección directa
Camisas.....	Húmedas, intercambiables
Número y disposición de los cilindros.....	6 en línea
Diámetro.....	130 mm
Carrera.....	150 mm
Cilindrada total.....	11.946 cm ³
Relación volumétrica de compresión.....	15,5/1
Orden de inyección.....	1-5-3-6-2-4
Régimen de velocidad (50 Hz).....	1500 rpm
Potencia máxima DIN-70020.....	190 CV
Par máximo DIN-70020.....	103 mkg a 1400 rpm
Peso del motor sin agua y sin aceite.....	1440 kg
Punto de cruce de levas.....	1º antes y después del P.M.S
Juego entre balancines y válvulas (con motor caliente)	
Admisión.....	0,45 mm
Escape.....	0,50 mm

Además, el sentido de giro del cigüeñal es hacia la izquierda mirando desde el volante de inercia. Se trata de un motor sobrealimentado, por lo que dispone de un turbocompresor que mejora su eficiencia.

Con el fin de mejorar el funcionamiento de los motores, existen una serie de servicios en la propulsión que soportan las funciones de los motores principales, y más concretamente de los auxiliares. Estos son el servicio de arranque, el servicio de circulación de agua salada, el servicio de refrigeración por agua dulce y el servicio de combustible.

Sistema de arranque

Este servicio se encarga de suministrar aire comprimido a una serie de botellas que lo almacenan y que, en el momento del arranque, disponen del aire al motor principal y a los auxiliares. Estas botellas no únicamente suministran aire a los motores, sino a todos los equipos que necesitan aire comprimido para su funcionamiento.

El sistema de aire comprimido del buque se compone de un motocompresor diésel, un electrocompresor y tres botellas de aire, dos principales y una de aire auxiliar.

Los compresores tienen una capacidad de 30 m³/h y descargan a una presión de 40 kg/cm². Por su parte, las botellas principales tienen una capacidad de 180 litros cada una, mientras que la auxiliar solo llega hasta los 100 litros de almacenaje. Se representa la botella auxiliar, que se encuentra en la banda de babor justo encima del auxiliar, en la Figura 3-5. Los compresores tienen un filtro separador de agua y aceite además de manómetro, termómetro y presostato. Las botellas principales descargan a 40 kg/cm² y la botella auxiliar a 30 kg/cm².



Figura 3-5 Botella auxiliar del servicio neumático del buque

El electrocompresor es de dos etapas, tiene una velocidad de 850 rpm y se encuentra acoplado por una correa a un motor eléctrico de 1500 rpm. Se encuentra entre las cuadernas 13 y 14. Por otra parte, el motocompresor se encuentra acoplado a un motor diésel también por correa. Este motor es de 4 tiempos, monocilíndrico y refrigerado por aire. Se encuentra entre las cuadernas 14-15.

El aire a presión logrado por los compresores llega a una toma común. Esta toma se divide en dos y cada una aporta aire a presión a botellas diferentes. El primer ramal llena las botellas de aire principal, y el segundo ramal llena la botella de aire auxiliar.

Las botellas principales están conectadas a la botella auxiliar mediante un ramal. Esta botella auxiliar es la encargada de hacer girar un piñón que ataca a una rueda dentada montada en el cigüeñal del motor

del auxiliar. Este sistema se conoce como un arranque neumático de turbina. Este arranque se produce con aire a 30 kg/cm^2 .

Sistema de circulación de agua salada

Este servicio es fundamental para el funcionamiento de varios equipos del buque, como son el motor principal, la reductora, los compresores del aire y los auxiliares.

Para obtener el agua salada, se dispone de dos tomas de mar independiente, una que se encuentra en la banda de babor y otra en la de estribor. Cada una dispone de una rejilla para evitar que entren objetos de tamaño considerable en el sistema, además de una caja que permite el soplado de agua de mar para eliminar objetos más pequeños que hayan podido pasar la rejilla.

Desde las tomas de agua, el agua pasa a un colector común para la aspiración. Desde el colector, las bombas de agua de cada aparato aspiran el agua a través de tomas específicas. La presión de trabajo es de $1,6 \text{ kg/cm}^2$.

Cada motor auxiliar tiene una bomba acoplada al motor. Esta bomba recibe el movimiento por correa acoplada al eje del propio motor. Las bombas aspiran del colector de descarga al intercambiador de agua dulce, que a su vez refrigera el aceite del motor. También refrigeran el aire a la salida del turbocompresor, previo a la entrada al bloque motor. Por último, también refrigera los gases de escape antes de salir por la campana de extracción. El agua que ya ha refrigerado las partes del auxiliar, es expulsada al exterior de vuelta al mar.

Sistema de refrigeración de agua dulce

Los únicos equipos que utilizan este servicio son el motor principal y los dos auxiliares. Se complementan con el circuito de agua salada, ya que es este último el que baja la temperatura del primero. La función del agua dulce es refrigerar el motor sin los riesgos que puede suponer el agua salada. Este circuito de agua dulce, a diferencia del de agua salada, es un circuito cerrado. El agua dulce es en realidad agua destilada y trabaja como refrigerante. Cada circuito se compone de un tanque de expansión, una bomba acoplada al eje del motor y un intercambiador de calor o enfriador. La bomba aspira del tanque de expansión y circula el agua por el motor. Existe un termostato para controlar la temperatura. El tanque de compensación se encarga de que el circuito se encuentre siempre cebado y lleno, corrigiendo las pérdidas y los niveles de agua.

Existe una alarma de temperatura y un procedimiento automático de parada por exceso de la misma. Un indicador se encuentra en el cuadro montado en el motor. La presión de trabajo del servicio es de $2,6 \text{ kg/cm}^2$. Un esquema del circuito de refrigeración se muestra en la Figura 3-6.

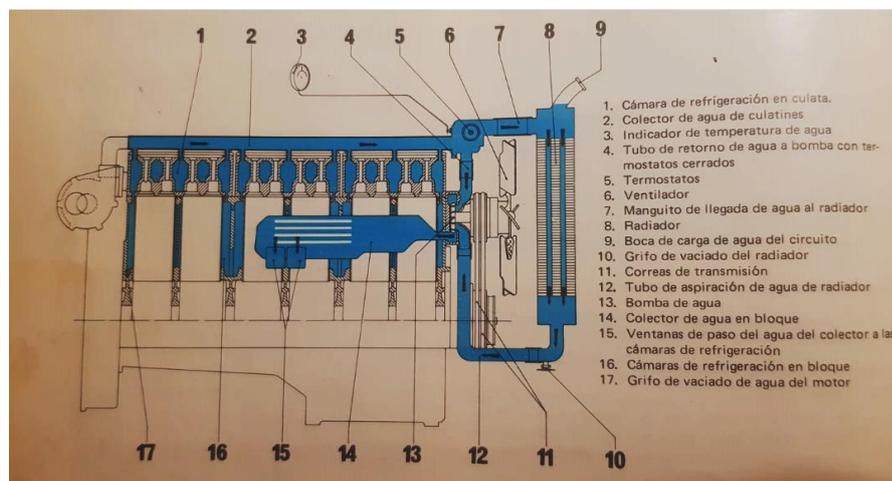


Figura 3-6 Circuito de refrigeración del auxiliar (Manual motores Barreiros Serie B3)

Sistema de combustible

El servicio realiza tres funciones: alimentar el motor principal y los motores auxiliares; relleno y trasiego de todos los tanques; y purificación del combustible.

El combustible que alimentan a los tres motores se encuentra en los dos tanques de servicio diario de los que dispone el buque, que se encuentran en la cámara auxiliar a babor y a estribor de la misma. Es una bomba de alimentación situada en cada motor la que aspira de los tanques de servicio, acoplada también al respectivo eje del motor. Esta bomba transporta el combustible al filtro principal de combustible, en el cual se eliminan todas las impurezas. El diésel filtrado conduce entonces mediante tubos de presión a los inyectores, los cuales introducen el gasoil en los 6 cilindros disponibles, finalmente pulverizado a una presión de 230 kg/cm^3 . Un esquema simplificado se muestra en la Figura 3-7.

Las fugas y derrames que se puedan producir en las bombas de inyección y en los inyectores, además del sobrante van a los tanques de servicio diario. Para cebar el motor, el servicio consta de un bombillo que aspira del servicio del tanque diario y descarga al circuito de alimentación con el fin de cebarlo.

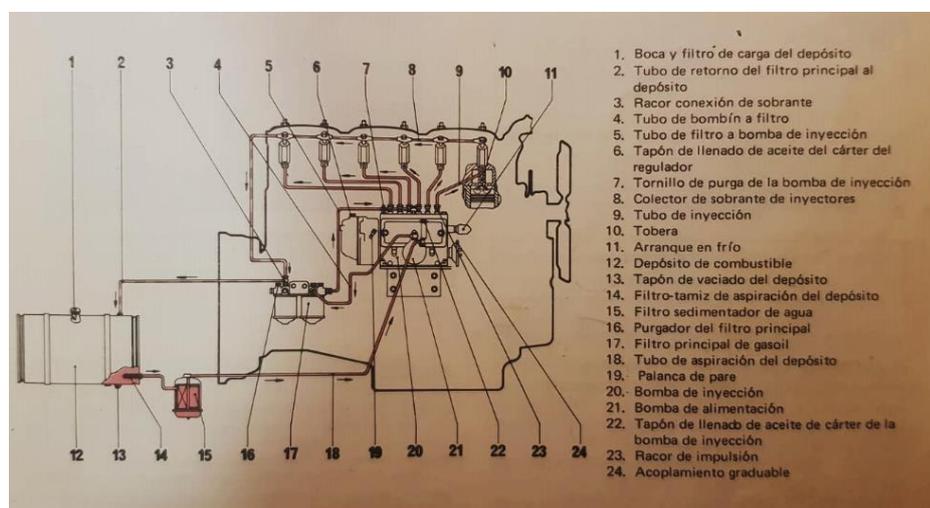


Figura 3-7 Esquema de alimentación e inyección de gasoil (Manual motores Barreiros Serie B3)

Sistema de lubricación

Encargado de mantener lubricado el motor principal, el reductor y los motores del grupo electrógeno. El aceite se encarga además de refrigerar como función secundaria pero vital.

En el caso de los auxiliares, el sistema es íntegramente autónomo, como se puede apreciar en la Figura 3-8. Una bomba es la encargada de aspirar del cárter y transmitir el aceite por el motor, enfriándose mediante un intercambiador de calor que funciona mediante agua dulce.

Encima del motor existe un panel de instrumentos donde puede verse la presión y temperatura de aceite. Contiene alarmas por baja presión de aceite y parada automática por muy baja presión. El cárter tiene una capacidad de 40 litros.

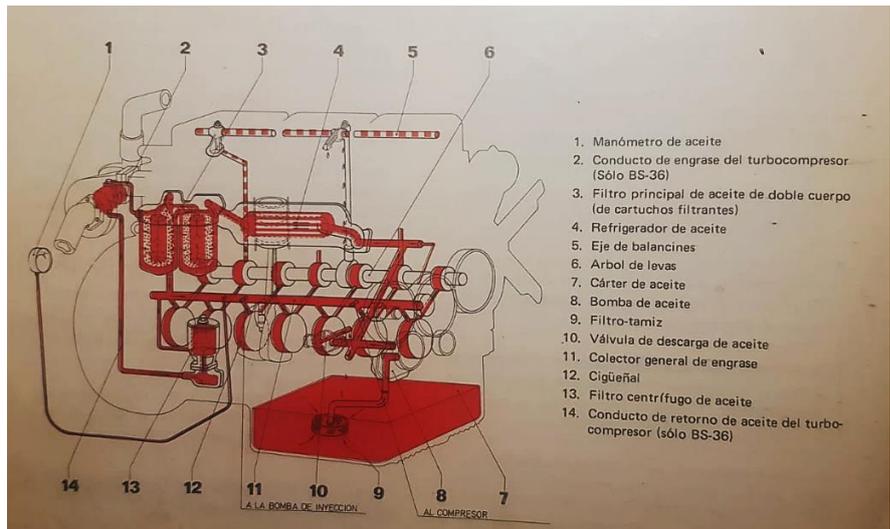


Figura 3-8 Esquema del circuito de lubricación del motor (Manual motores Barreiros Serie B3)

3.2.3 Alternadores 315-M

La segunda parte en estos grupos electrógenos son los alternadores. Éstos se encuentran justo a proa de los motores, como se percibe en la Figura 3-9, y reciben el movimiento rotatorio de ellos. Se trata de un generador de corriente alterna trifásica de tipo sincrónico. Éstas son sus características:

Constructor.....	INDAR
Tipo.....	315-M
Potencia.....	112 kW
Potencia aparente.....	140 kVA
Factor de potencia.....	0.8
Tensión de servicio.....	380/220 V
Nº de fases.....	3 (en estrella, 380 V), con neutro aislado 220 V
Frecuencia.....	50 Hz
Intensidad nominal.....	213 A
Servicio.....	Continuo
Acoplamiento.....	Paralelo automático posible
Temperatura ambiente.....	50 °C
Tipo de la máquina.....	Síncrono
Forma constructiva.....	B3
Velocidad.....	1500 rpm



Figura 3-9 Alternador 315-M acoplado al auxiliar de babor

Se trata de alternadores preparados para la operatividad marina, protegidos frente a la humedad y atmósfera salina. El aislamiento es especialmente presente en el estator y el rotor. El acoplamiento con el motor diésel marino se realiza mediante un acoplamiento flexible que lo protege frente a vibraciones y sobre todo frente al par inicial de arranque.

Los alternadores están preparados para aguantar sin parada ni sobrecalentamiento una sobrecarga temporal del 10% de la corriente nominal durante 1 h, y del 15% durante 2 minutos con un factor de potencia de 0,6.

Una parte muy importante del alternador es el sistema de calefacción que presentan los mismos. Su finalidad es mantener la temperatura levemente por encima de la ambiental a fin de impedir la formación de rocío y condensación en sus componentes. Lo consigue mediante resistencias de caldeo colocadas en los devanados del estator. Este servicio solo se encuentra disponible cuando los alternadores están en reposo, dado que durante su funcionamiento no es necesario dado que supera la temperatura ambiente. El dispositivo se alimenta a 220 V monofásica, 50 Hz.

El rotor se caracteriza por ser de excitación estática, en referencia al sistema de alimentación de corriente continua del mismo. Esto significa que es el propio generador quien suministra corriente continua al rotor del alternador. Lo consigue mediante la ayuda de un transformador y un rectificador externo [25]. El transformador suministra la excitación al rectificador y éste lo introduce por los anillos al inductor de la máquina. La corriente de excitación en vacío es de 10 Amperios mientras que a plena carga llega hasta los 26 A. Las tensiones de excitación en vacío y a plena carga son de 23 y 56 Voltios respectivamente.

3.3 Mantenimiento actual

La maquinaria industrial está sujeta al desgaste e incluso llega a la rotura, ya sea por su uso continuado como por las condiciones ambientales en las que trabaja, más especialmente en el entorno marino. En algún punto, incluso los equipos y las máquinas más sofisticadas deben ser sustituidas por

otras más modernas y nuevas. Cuando se acerca este momento de declive puede ser incluso peligrosa la utilización de los equipos.

Con el propósito de extender la vida de los equipos, se llevan a cabo tareas de mantenimiento en los mismos. Éstas consisten en reparaciones, comprobaciones y cambio de las partes que están dando fallos o han perdido rendimiento para mantener las condiciones óptimas de rendimiento y seguridad de la maquinaria.

Ya se recalcó la dureza del clima marino y como afecta especialmente a los equipos eléctricos. La sal y la humedad son los peores enemigos con los que tienen que lidiar los auxiliares. Por lo tanto, el mantenimiento debería ser exhaustivo y correcto, cumpliendo a rajatabla las fechas en las que tienen que ser realizados.

Existen tres tipos de mantenimientos: el mantenimiento correctivo, el mantenimiento preventivo y el mantenimiento predictivo. En el patrullero Tabarca, se llevan a cabo por lo general solo los dos primeros.

Mantenimiento correctivo

Se trata de implicarse en la corrección del equipo una vez el error o la rotura haya ocurrido. Se trata del mantenimiento menos deseado, dado que la operatividad del barco se ve afectada hasta que se corrije el fallo. Dependiendo de la rotura podrá ser reparado en el momento o no. Puede que se necesiten piezas que no estén en el barco o incluso que haya que sustituir el equipo. La reparación puede ser de una entidad superior al primer escalón de mantenimiento, y quizás tenga que ser reparado o sustituido por un Arsenal, que se trata del segundo escalón.

Mantenimiento preventivo

Se trata del mantenimiento en el que los equipos son regularmente inspeccionados y mantenidos en referencia a lo dictaminado y aconsejado por el fabricante. El proveedor se encarga de describir los procedimientos que se deben de llevar en la maquinaria [22]. En el caso de los grupos electrógenos del Tabarca, el calendario de mantenimientos y revisiones los proponían tanto el fabricante Barreiros, como el propio Arsenal de Ferrol.

Las ventajas con respecto al mantenimiento correctivo son innumerables. Los mantenimientos son regulares y se pueden planear para que coincidan con el buque en puerto, así que no afecte a la operatividad del mismo. Si son necesario repuestos, se pueden pedir de antemano. El uso de las instalaciones es siempre seguro si se sigue con las pautas y tiempos establecidos y planeados.

Mantenimiento predictivo

En el mantenimiento predictivo se trata de monitorizar y comprobar regularmente los equipos. A través de este seguimiento, se determina cuando va a ocurrir el fallo y se programa su reparación o sustitución. Como ejemplo, tests de aislamiento y de vibraciones son dos tipos de este tipo de mantenimiento.

La ventaja del mantenimiento predictivo es que la maquinaria solo se somete a las correcciones y revisiones útiles, evitando el gasto innecesario de recursos cuando realmente no son necesarios porque los equipos están bien.

3.3.1 Mantenimiento del motor auxiliar

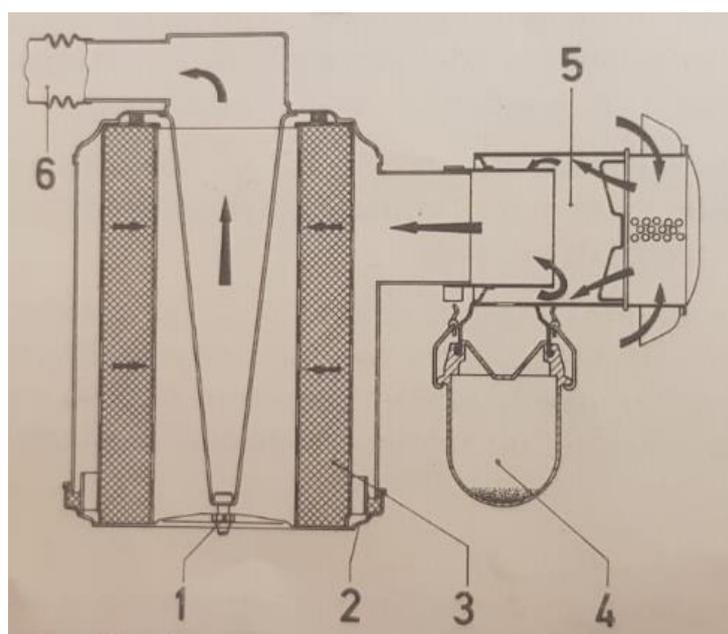
Al realizar el mantenimiento en los grupos electrógenos del Tabarca, se centra el esfuerzo en los mantenimientos correctivos y preventivos. El segundo es el de mayor importancia, dado que el buque debe de tener siempre generación de energía eléctrica durante la navegación y no debe depender nunca de un fallo fortuito en mitad de operaciones de vigilancia y seguridad marítima o realizando ejercicios de adiestramiento en colaboración con la Escuela Naval Militar.

La empresa Barreiros da una serie de indicaciones generales acerca del auxiliar BS-36 M a fin de lograr el objetivo de conseguir alargar lo máximo posible su ciclo de vida. El motor diésel necesita de una serie de condiciones para su correcto funcionamiento.

- El aire aspirado por el compresor debe de encontrarse libre de impurezas. Para ello, el filtro de aire debe estar correctamente acoplado y estanco.
- Llenado completo de los cilindros. Evitar obstrucciones en los mismos.
- Temperatura necesaria en la compresión en los cilindros Se necesita un reglaje adecuado de las válvulas.
- Perfecta puesta a punto de los equipos de inyección.
- Engrase correcto y que llegue en suficiente cantidad y limpieza a los órganos necesarios del motor.

De manera específica, se proceden a describir los distintos componentes que necesitan una atención especial y que deben seguir un calendario concreto en función del número de horas de funcionamiento de los equipos auxiliares:

Los auxiliares BS-36 sobrealimentados disponen de un filtro seco de papel con pre-filtro ciclónico, que permite la limpieza del aire que accede al motor y a los cilindros. La periodicidad con la que este filtro debe limpiarse depende íntegramente de la utilización del motor. Un esquema del filtro se muestra en Figura 3-10.



Prefiltro Ciclónico	
1.	Tuerca cartucho filtrante
2.	Tapa exterior
3.	Cartucho filtrante
4.	Deposito
5.	Prefiltro ciclónico

Figura 3-10 Esquema del filtro seco con prefiltro ciclónico

En unas condiciones de funcionamiento normales, el filtro debe limpiarse cada 200 horas de funcionamiento. Cada 600 horas se aconseja su repuesto y ser sustituido por otro nuevo en caso de que el lugar en donde se localice se acumule polvo. En el caso del Tabarca, no se considera que la sala de máquinas sea un compartimento de estas características, por lo tanto, se establece un intervalo de sustitución de 1.200 horas de funcionamiento.

El motor dispone de un turbocompresor que utiliza los gases de escape como fuente de energía para impulsar el compresor de aire, recirculando los gases a través de una turbina. El sistema con turbocompresión permite que llegue mucho más combustible a los cilindros que si no existiera. Todo

este sistema, así como las tuberías de admisión, deben de tener una inspección periódica, vigilando especialmente la entrada de suciedad al circuito.

Cada 2000 horas se hace necesario una revisión detallada del sistema por completo. Corresponde al segundo escalón de mantenimiento llevarlo a cabo debido a la complejidad de la operación.

El sistema de alimentación es quizás uno de los más críticos y que más cuidados necesita de entre todos los sistemas del motor. Es fundamental mantenerlo cuidado, dado que el rendimiento y la esperanza de vida del motor depende en gran medida de su estado.

Se recomienda purgar el depósito de combustible cada 600 horas de funcionamiento del motor. Sin embargo, al encontrarse el combustible en los tanques de servicio y ser el mismo combustible del que se alimenta el motor propulsor, se procedería a su revisión cuando cumplan las horas ambos auxiliares y el motor principal. El motivo es la eliminación de posibles restos de lodo que se hayan podido acumular en el fondo y que podrían entrar en algún momento en el motor a través de la bomba de aspiración. Los tubos de aspiración por donde corre el combustible deben ser sustituidos cada 6000 horas, a pesar de que parezca que se encuentran en buen estado.

En cuanto a la bomba de inyección que impulsa el combustible a través de los inyectores, deben ser revisados por CHRYSLER España, a petición del fabricante. Se debería contactar con la empresa una vez pasadas las 2000 horas de funcionamiento del motor. Los inyectores sí pueden ser revisados por personal cualificado del Arsenal, una vez pasadas las 1000 horas de funcionamiento del auxiliar, y confirmar que la presión de inyección llega hasta los 230 kg/cm².

Otro sistema fundamental es el sistema de refrigeración de agua salada y de agua dulce. Cada vez que se superen las 100 horas de funcionamiento deberían ser comprobadas las correas que hacen mover las bombas del circuito. Estas correas acopladas al eje, hacen girar las bombas de agua dulce y salada.

Como medidas complementarias, se debe comprobar diariamente el nivel de agua del refrigerador. Una vez al año hace falta limpiar el circuito y purgarlo de impurezas para eliminar depósitos que se hayan podido acumular en los circuitos. Se puede realizar la limpieza por personal del primer escalón de mantenimiento, es decir, dotación del Tabarca con la especialidad de propulsión.

Se hace obligatorio engrasar los rodamientos de la bomba de agua salada cada 200 horas y los maguitos de goma del circuito anualmente. Estos maguitos pueden parecer que estén desde el exterior en buen estado, pero realmente han podido perder sus cualidades en su interior.

El sistema de lubricación de los auxiliares también debe de ser revisado y mantenido con detenimiento. Al igual que cualquier motor de combustión, se debe proceder a un cambio de aceite periódico. En el caso de los BS-36 se recomienda realizar el cambio una vez pasadas las 200 horas de funcionamiento. El aceite recomendado para el motor, basado en las condiciones de viscosidad y a la temperatura ambiente es el CEPSA Serie 3. De la misma manera, se deben cambiar también los cartuchos del filtro principal de aceite una vez pasadas las 400 horas de trabajo.

Se muestra a continuación un resumen de los principales mantenimientos y trabajos que deben hacerse de manera periódica.

Mantenimiento a realizar	
Diario	Comprobar el nivel de aceite en el cárter del motor
	Comprobar el nivel de agua en el radiador
Anualmente	Limpiar circuito de refrigeración del motor
	Cambiar manguitos de goma del circuito de refrigeración
	Sustituir los latiguillos de aceite de los manómetros
	Sustituir los latiguillos de engrase de la bomba de inyección
Cada 100 horas	Comprobar tensión de las correas de accionamiento de las bombas de agua dulce y salada
Cada 150 horas	Cambiar cartucho del filtro de aceite
Cada 200 horas	Limpiar el filtro de admisión de aire
	Engrasar rodamientos de la bomba de agua salada
	Cambiar el aceite del motor
Cada 400 horas	Cambiar elemento filtrante del filtro principal de aceite
Cada 600 horas	Limpiar el filtro centrífugo del aceite
Cada 1000 horas	Reglaje del juego entre balancines y válvulas
	Limpiar filtro aspiración de combustible
	Revisar los inyectores
Cada 2000 horas	Revisar la bomba de inyección de gasoil
Cada 5000 horas	Limpiar filtro aspiración aceite del cárter

Tabla 3-2 Resumen de los principales mantenimientos a realizar en el auxiliar

3.3.2 Mantenimiento teórico del alternador

Los alternadores 315-M también requieren por su parte de un cuidado y atención especiales que les permitan continuar funcionando sin fallos ni desgastes pronunciados, permitiendo una extensión de la vida útil de la maquinaria.

El mantenimiento preventivo predomina con especial importancia en los alternadores. Si se produjese un fallo en el alternador, sería difícilmente reparable a bordo debido a la complejidad del sistema eléctrico. En el caso de los alternadores del Tabarca, no ha sido necesario hasta ahora requerir de la ayuda y soporte del Arsenal de Ferrol, dado que no han dado ningún problema ni complicación.

No existe una lista de chequeo específica para los alternadores, a diferencia de los motores CHRYSLER-BARREIROS. Sin embargo, se realizan una serie de revisiones y comprobaciones de carácter general que tienen como propósito detectar posibles fallos en los componentes más importantes del alternador y reafirmar que funcionan con normalidad.

Por lo tanto, el trabajo dedicado al mantenimiento de los alternadores es significativamente menor que en el caso de los motores que accionan los mismos. Los componentes más importantes que requieren de un cuidado y una revisión especial son los siguientes: Los devanados y los cojinetes.

- Estado de los devanados: Los devanados deben comprobarse periódicamente para comprobar que se encuentran en buen estado. Para verificarlo se debe medir la resistencia de aislamiento a tierra. Esta carga se altera cuando existen vibraciones excesivas, grasa o humedad. En el caso de que se encuentre defectuosa, debe de ser reemplazada.
- Cojinetes: Los cojinetes pueden llegar a calentarse en exceso. Además, hay que verificar que no producen ruido durante su funcionamiento. Se debe vigilar que no exista pérdida o una fuga de aceite. Aproximadamente, los cojinetes deben de cambiarse cada 40.000 horas de servicio en generadores síncronos accionados por un rotor.

En alternadores cuya corriente continua viene dada a través de escobillas, en ocasiones, pueden desgastarse si se hace un uso excesivo del equipo y deben cambiarse. Sin embargo, los alternadores 315-M son autoexcitados y no es necesario ningún tipo de mantenimiento especial dado que no poseen estas escobillas.

3.3.3 Mantenimiento práctico y real

La dotación del patrullero Tabarca es la encargada de realizar el mantenimiento preventivo en todos los equipos en la cámara de máquinas. De igual manera, en caso de que se produzca una rotura en algunos de los componentes, también es la encargada de intentar repararlo como primer escalón de mantenimiento. Los equipos más importantes de la cámara de máquinas son los pertenecientes a la planta propulsora y los correspondientes a la planta generadora. Son, por lo tanto, el motor y ambos grupos electrógenos los equipos más relevantes y los que se revisan y mantienen con más insistencia.

El patrullero está pensado para navegaciones de un máximo de 14 días, durante las cuales lleva funcionando un único diésel generador. La utilización de uno u otro diésel depende de las horas que lleve cada uno, intentando mantener el mismo número de horas para los dos. Mientras se encuentra atracado en la Escuela Naval Militar, toma corriente de tierra y los generadores se mantienen apagados. Esto significa que los auxiliares no están continuamente en funcionamiento y tienen un reposo adecuado, no están sometidos a trabajos intensos durante largos periodos de tiempo.

En los sistemas de generación eléctrica, los alternadores son quizás la parte más resistente y duradera de los grupos electrógenos. Actualmente, dado el estado en el que se encuentran, no se suele realizar ningún tipo de mantenimiento a los mismos. No se ha apreciado por parte del personal de máquinas ningún problema. La temperatura de los generadores se ha mantenido constante y no existe un ruido inusual por parte de los cojinetes.

Los motores CHRYSLER-BARREIROS se desgastan con mayor facilidad que los alternadores dado que tienen una mayor variedad de componentes y diferentes sistemas que en su conjunto permiten a los motores funcionar.

El trabajo de mantenimiento del grupo motor de la planta propulsora se reduce a cambiar los filtros de aceite cada 150 horas de funcionamiento del motor, además de cambiar el líquido refrigerante cuando el personal lo estima necesario. Se recuerda que el líquido refrigerante es agua destilada en el caso de los auxiliares y que pertenece a un circuito cerrado, por lo que no debería disminuir conforme pasa el tiempo. Sin embargo, pequeñas fugas, sobrecalentamientos y desgaste de sus propiedades fuerzan a su renovación. Además, se realiza un análisis del aceite de lubricación cada 3 meses en el laboratorio a fin de comprobar si mantiene sus propiedades.

3.4 Estado actual. Deficiencias.

Se ha procedido a un estudio de las condiciones en las que se encuentran actualmente ambos grupos electrógenos del patrullero Tabarca. Recordar que los motores fueron instalados conforme a la entrega del barco a la Armada española, con lo cual datan del 1981. Son 39 años funcionando a bordo del Tabarca y con un régimen de funcionamiento intenso, años que poco a poco han hecho mella en los componentes y que han dado lugar a una serie de deficiencias que, o bien se han corregido conforme a las recomendaciones del fabricante y por medio de los arsenales de la Armada, o bien por la dotación especializada en máquinas del propio patrullero.

Ambos alternadores proporcionan 112 kW de potencia a 50 Hz de frecuencia. Las capacidades del alternador no se han visto mayormente afectadas y no se detectan deficiencias de ningún tipo. Las condiciones en las que se encuentran son buenas y no se detecta ninguna limitación en sus capacidades ni en su rendimiento. Tampoco se ha realizado ninguna reparación temporal.

Los motores están desfasados en 500 horas aproximadamente. El auxiliar de babor tiene 14525 h de uso, mientras que el auxiliar de estribor llega hasta las 14040 h de utilización. Aproximadamente, un

auxiliar en funcionamiento emplea 20 litros de combustible por hora de trabajo. A pesar de las horas de funcionamiento, no han perdido capacidades de manera sustancial.

En el caso del componente motor del grupo electrógeno, han ido surgiendo imprevistos, pequeñas y localizadas roturas y desgastes que han obligado a tomar acción sobre los auxiliares. Sin embargo, a pesar de los infortunios, ambos auxiliares no han necesitado de una reparación de gran escala o sustitución durante su vida operativa.

Un problema que afecta a ambos auxiliares es la oxidación. En el proceso de la oxidación, el aire reacciona con el oxígeno contenido en el agua marina para formar óxido de hierro. Estas partículas salinas procedentes del mar se depositan sobre las superficies de los metales y aceleran el proceso de corrosión metálica [26]. La sal disuelta en agua de mar produce un efecto electroquímico que tiene como consecuencia una reacción mucho más agresiva que corroe con mayor celeridad.

Los elementos metálicos del barco son particularmente víctimas de este fenómeno químico, incluidos los dos auxiliares por igual. Muchos de los elementos exteriores ya sufren de oxidación. Un ejemplo se muestra en la Figura 3-11, en la que se muestra la placa del enfriador de agua dulce del auxiliar de estribor.



Figura 3-11 Corrosión en la placa del enfriador de agua dulce

Por lo general, no se ha realizado ningún cambio de los elementos que presentan oxido de manera visual, dado que no presentan problemas al ser corrosión exterior. Además, en su mayoría se localiza en cubiertas y recubrimientos metálicos del motor, que tienen mayor grosor y resistencia. Existen excepciones, como es el caso de la Figura 3-12.

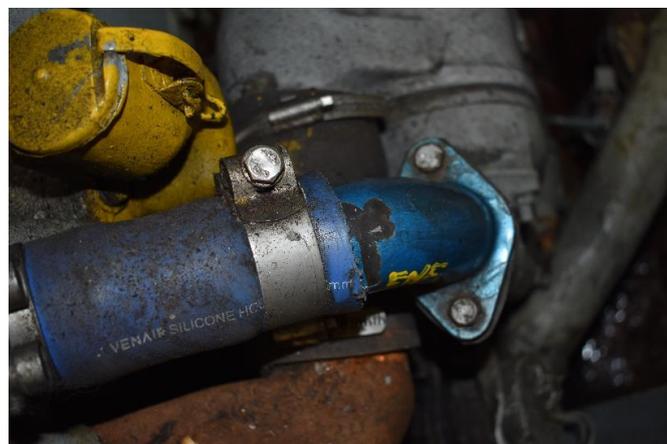


Figura 3-12 Codo de tubería del sistema de refrigeración del auxiliar de estribor

Se muestra en la Figura 3-12 una parte de la tubería que transporta el agua salada de refrigeración de los escapes del motor al exterior. El motor posee refrigeración de los gases de escape a fin de reducir la temperatura de salida cuando salgan al exterior. Esta refrigeración se produce con agua salada y no con agua dulce para evitar que esta última se caliente demasiado. El agua salada recorre los escapes y actúa como intercambiador de calor. En el motor de estribor, el codo referenciado sufrió excesivo desgaste a causa de la oxidación y tuvo que ser sustituido por personal perteneciente al barco.

Por su parte, el auxiliar de babor también ha tenido recientemente un fallo en el sistema de arranque neumático. En el arranque por turbina del motor se rompieron simultáneamente 2 piñones del sistema que imposibilitaban el funcionamiento del auxiliar y se tuvo que reponer el sistema de arranque por turbina por completo. Sin embargo, este nuevo arranque era de segunda mano y no estaba en buenas condiciones. De hecho, poco después rompió la junta tórica que permite la entrada de aire de la bombona auxiliar a la turbina.

Esta junta, al ser accionada por aire a través de un pequeño conducto, permite un paso de aire mayor a través de una cañería interior al sistema, permitiendo el arranque con una presión de 30 kg/cm². De esta manera, actúa como un relé eléctrico. Al romper la junta, el sistema quedó inutilizado parcialmente. Como respuesta, se le aplicó una solución temporal, visible en la Figura 3-13. Se aprecian en la imagen los tres conductos principales del sistema del pulsador de arranque y que activa la junta: La entrada del aire, la salida y un conducto de lubricación de la junta. En cuánto se autorice por el Arsenal de Ferrol, se le realizará una reparación definitiva. La junta tórica se encuentra dentro del bloque motor y no se aprecia en la Figura 3-13.



Figura 3-13 Reparación temporal del sistema de arranque neumático del auxiliar de babor

El sobrecalentamiento de ambos motores se produce repetidamente como consecuencia del descebado de las bombas de agua salada. Esto se debe a que no llega suficiente agua al colector y la bomba no es capaz de aspirar la cantidad suficiente de agua para refrigerar el grupo electrógeno. Obstrucciones en las rejillas es la causa más probable, sin embargo una posible pérdida de potencia en la aspiración de la bomba tampoco puede ser descartada. La Unidad de Buceo de Ferrol ha intervenido con anterioridad en la inspección de las aspiraciones del buque, retirando mejillones y otros objetos que provocan la obstrucción.

Por último, destacar que se ha descubierto recientemente que el tubo del colector de escape del motocompresor se encuentra recubierto de amianto, material terriblemente perjudicial para la salud. Dado que los motocompresores son los mismos en todas las unidades de la clase “Anaga”, todos los buques tienen este tipo de material en sus respectivas cámaras de máquinas. Se muestra el caso del Tabarca en la Figura 3-14.

Las fibras del amianto o asbesto son muy peligrosas dado que, incluso a bajas exposiciones, producen mesotelioma, que se trata de un tipo de cáncer de la cavidad pleural, es decir de pulmón. Dado que estar expuesto a este material es muy peligroso, está totalmente prohibido la utilización y comercialización del asbesto [27]. El Tabarca lo tiene como aislamiento y material contra incendios en la cámara de máquinas.

Son necesarias tomar muchas medidas de precaución para evitar la liberación y expulsión de grandes volúmenes de partículas de amianto, si se quiere retirar el producto de una superficie. Personal cualificado y experto debe proceder a la retirada del material [26]. Su presencia en superficies como el tubo extractor del motocompresor constituye un riesgo no tan grande como la liberación de las partículas en el aire. Por ahora, se ha cerrado la cámara de máquinas del patrullero y se ha restringido el acceso al personal.



Figura 3-14 Salida de gases de escape del motocompresor

4 PROPUESTAS DE MEJORA Y ACTUALIZACIONES

Tras el estudio de la planta eléctrica del patrullero Tabarca y de los dos grupos electrógenos generadores de energía eléctrica, se proponen dos alternativas para garantizar el suministro eléctrico en la plataforma:

- Alargar la vida de los mismos mediante actualizaciones
- Sustitución de ambos diésel-generadores

Ambas alternativas suponen retos y medidas diferentes, dado que las diferencias entre ambas son cuanto menos considerables. Sin embargo, ambas deben garantizar la seguridad y eficiencia en la operación de los generadores, suponiendo un cambio sustancial con respecto al sistema actual. Se realiza por tanto un estudio de ambas posibilidades, evaluando los costes y siempre dentro de las posibilidades y marco de interés de la Armada.

4.1 Propuesta de sustitución de los dos grupos diésel-generadores

El análisis técnico de los dos grupos electrógenos del Tabarca concluye que ambos se encuentran obsoletos y pasados de horas. Con alrededor de 40 años de uso continuo han perdido la fiabilidad y seguridad en su uso. Con el tiempo se han producido múltiples averías en los mismos y poco a poco la dificultad en encontrar repuestos adecuados por parte del fabricante se ha incrementado hasta unos niveles en los que los costes son muy altos.

Ambos diésel-generadores han dado muy buenos resultados, pero la falta de apoyo del fabricante y la escasa existencia de elementos sustitutivos para sus componentes han provocado faltas de garantías en su operatividad. La cadena logística ya no es capaz de proporcionar los elementos necesarios para poder hacer frente a continuas deficiencias en la planta generadora. La capacidad operativa del barco puede verse muy gravemente afectada, dado que el buque no puede salir a la mar sin capacidad de generación eléctrica.

Se considera por lo tanto obsoletos y se estima conveniente su sustitución completa por un sistema capaz de aportar las mismas o mayores capacidades que el sistema actual.

4.1.1 Descripción de la propuesta y dimensiones

Como ya se ha mencionado anteriormente, los patrulleros de la clase “Anaga”, entre los que se incluye el Tabarca, disponen del suministro eléctrico gracias a los siguientes elementos:

- Dos motores Chrysler-Barreiros modelo BS-36 ME y alternadores Indar 315M.

En un primer instante, se barajó la posibilidad de colocar los nuevos auxiliares en otro lugar que no fuera el mismo que el de los actuales. Sin embargo, la sala de máquinas está totalmente ocupada y no admite posibilidad de cambio de ubicación. Un esquema de la sala de máquinas y la cámara de auxiliares actual, con la situación de los grupos electrógenos se presenta en la Figura 4-2. No es posible modificar la disposición de los equipos dentro del compartimento, dado que sería necesaria una obra bastante grande en relación al propósito de la propuesta ofertada.

Por lo tanto, la decisión más conveniente es la colocación de los nuevos motores y alternadores en el mismo lugar que los actuales, limitando así las dimensiones de los nuevos sustitutos a las calculadas en la Tabla 4-2. Será necesario acomodar los diésel-generadores nuevos, modificando o sustituyendo las bancadas que los soportarán.

La sustitución de los componentes principales de la planta generadora tiene como consecuencia una actualización de los componentes electrónicos afectos para adaptarlos a la plataforma y su sistema eléctrico. A su vez, se deberán adaptar los diferentes sistemas derivados del auxiliar actual al moderno, como pueden ser los conductos de exhaustación, arranque o la refrigeración.

Por último, se deberá considerar en la propuesta la obra requerida para sacar los auxiliares modernos e introducir y colocar los nuevos, junto con sus pertinentes presupuestos y materiales.

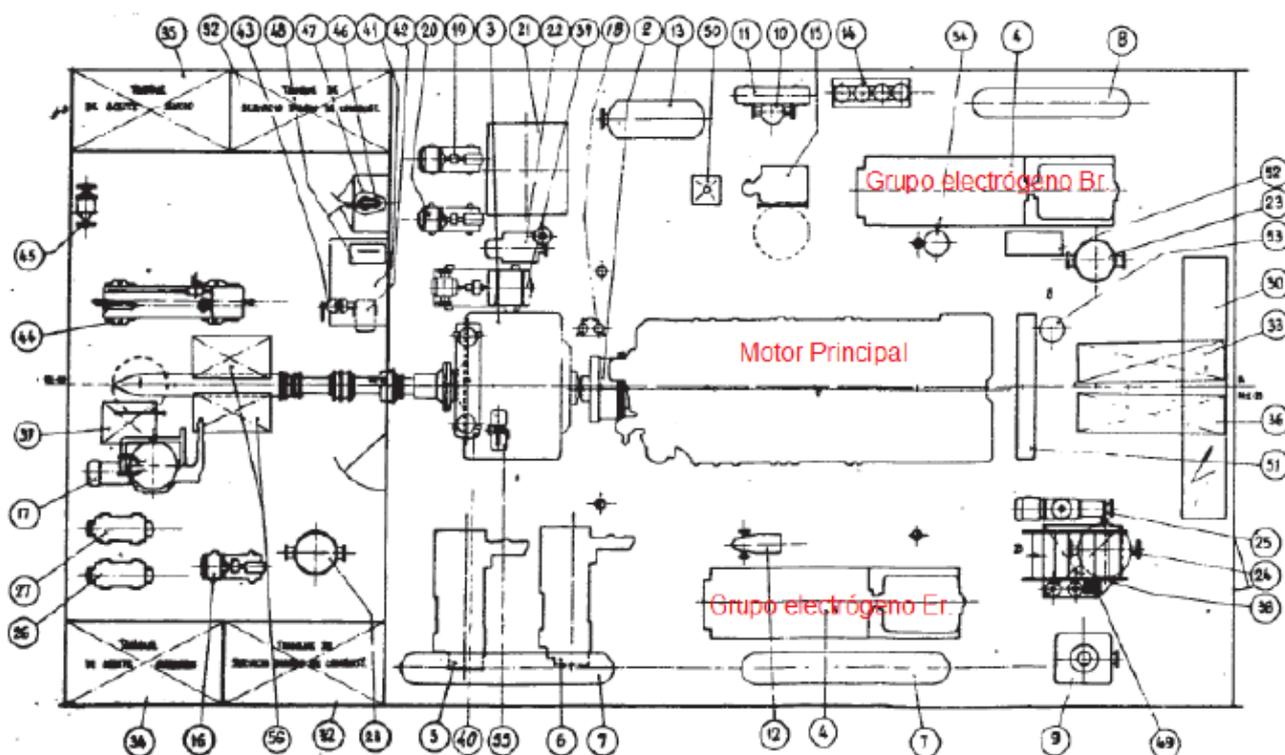


Figura 4-2 Esquema de la sala de máquinas y de la cámara de auxiliares actual

4.1.2 Requisitos mínimos en los nuevos auxiliares

Los nuevos diésel-generadores deben de cumplir una serie de requisitos para poder servir como sustitutos de los actuales. Deben de tener el mayor número posible de similitudes con respecto a los anteriores, con el propósito de reducir costes y modificaciones en la cámara de máquinas y en el sistema de producción de energía eléctrica.

Se debe proporcionar al cuadro eléctrico principal una potencia mínima de 140 kVA para poder suministrar suficiente energía a las diferentes y múltiples cargas del buque. Condicionantes como el peso

del motor o las condiciones de funcionamiento del mismo propias del medio marino deben de tenerse en cuenta. Además, existen limitaciones únicas de la plataforma naval, como es el arranque neumático, indispensable en este tipo de auxiliares a fin de no depender de energía eléctrica para el funcionamiento inicial del sistema. Pero también un arranque mediante motor eléctrico de corriente continua sería muy útil como arrancado de emergencia en caso de fallo en alguno de los componentes del sistema neumático del buque. Se recogen los requisitos mínimos que deben de proporcionar los nuevos grupos electrógenos en la siguiente Tabla 4-3.

Requisitos mínimos	
Características del alternador	140 kVA
	Trifásica 380 V, 50 Hz
	Mínimo IP23, Aislamiento H/H o H/F
Peso del motor	Inferior a 1440 kg
Norma de funcionamiento	ISO 3046
Temperatura ambiente	Máxima de 45 °C
Temperatura agua toma de mar	Máxima de 32 °C
Arranque	Arranque neumático (principal)
	Arranque eléctrico 24 V CC (emergencia)

Tabla 4-3 Requisitos mínimos en los grupos electrógenos

Es necesario obtener nuevas bancadas de soporte dado que las dimensiones de las mismas y su estructura dependen en gran medida de la geometría y disposición de los diésel-generadores. La adecuación de las bancadas se basará en la sustitución por unas nuevas electro-soldadas en chapa plegada en acero, con tratamiento de fosfatado, imprimación y pintura al polvo. Estas nuevas bancadas incorporarán tacos anti-vibratorios para conseguir aislar la vibración del conjunto de la correspondiente a la plataforma.

Como se mencionó anteriormente en el presente trabajo, la mar es un medio especialmente hostil frente a motores, equipos eléctricos y electrónicos. Se hace no solo recomendable, sino obligatorio que ambos auxiliares incluyan además medidas anticorrosión y resistentes frente a los efectos de la alta humedad del ambiente, como son las resistencias de caldeo.

4.1.3 Propuestas de los nuevos grupos electrógenos

En base a los requisitos mínimos establecidos y las dimensiones disponibles en la sala de máquinas, se ha llevado a cabo una búsqueda de equipos que dispongan de las características requeridas. A través de diferentes empresas y con el apoyo de personal del Ramo de Plataformas y el Ramo de Casco y Máquinas del Arsenal de Ferrol, se destacan 2 ofertas que cubren las exigencias que se solicitan.

4.1.3.1 Grupo motor 6W105S de la empresa Baudouin



Figura 4-3 Generador marino 6W105S “Baudouin”

La empresa francesa Baudouin está especializada en equipamiento y maquinaria de última tecnología relacionada con la propulsión y generación eléctrica en los barcos. Tiene una larga trayectoria en el sector, con más de 100 años de experiencia en diseño, fabricación y soporte en sus productos. Baudouin ofrece además servicios en toda clase de buques, ya sean veleros, cruceros, yates o buques de diferentes marinas militares en todo el mundo.

La empresa tiene un sector especializado en los equipos generadores marinos. Tienen una gran variedad de conjuntos generadores, diseñados para soportar las condiciones marinas.

Acorde con nuestra plataforma, el motor tipo 6W105S es el más recomendado para nuestro caso (Figura 4-3). La empresa ofrece una oferta por 2 conjuntos generadores. Las especificaciones del motor Baudouin se recogen en el Anexo 2, y se resumen en la Tabla 4-4.

Características técnicas	
Motor	6W105S
Potencia	129 kWm
Potencia eléctrica	150 kVA
Velocidad nominal	1500 rpm
Clase de servicio	COP de acuerdo con DT 00.G02
Diámetro / Carrera	105*130
Cilindrada	6,75
Configuración de cilindros	6 en línea
Rotación	Antihoraria
Volante motor	11,5'
Cárter Volante	SAE 3

Tabla 4-4 Principales características técnicas

La descripción del motor contiene los detalles del mismo y se mencionan todos los sistemas subordinados, a la vez que sus respectivos componentes. Se muestran los mismos en la Tabla 4-5.

Descripción del motor	
Circuito de combustible	Circuito de refrigeración
Bomba de inyección monobloque	Doble circuito de refrigeración alta y baja temperatura
Bomba de alimentación combustible y cebado manual	Enfriador agua dulce / agua salada sobre motor
Filtros con cartuchos roscables permutables en marcha	Bomba de agua dulce arrastrada mecánicamente
Tubos de inyección de doble pared	Bomba de agua salada autocebante
Conectores flexibles	Conexión para circuito de emergencia (bomba no incluida)
Colector de fugas de combustible	Calentador de agua de camisas
Separador de agua	Circuito de admisión y escape
Circuito de lubricación	Turbocompresor calorifugado
Enfriador de aceite del motor	Intercooler
Bomba manual de achique	Filtro de aire seco
Bomba de aceite	Flexible de escape con contrabridas
Filtros con cartuchos roscables	Colector de escape calorifugado

Tabla 4-5 Descripción sistemas y componentes del motor

Una de las mayores diferencias con respecto a los diésel-generadores actuales, se localiza en el sistema de arranque de los auxiliares. Poseen un arranque eléctrico mediante un motor de corriente continua, pero sin embargo carece del sistema de arranque neumático requerido. Lo ideal sería instalar el sistema neumático sin eliminar el arranque eléctrico, como medida preventiva y auxiliar frente a posibles fallos del sistema de arranque neumático.

El alternador se trata de un Leroy Somer LSAM44.3 L10 acoplado directamente al diésel (Figura 4-4), de la misma manera que el 315-M. Todas las características técnicas se encuentran en el Anexo II. Se trata de un generador de corriente alterna trifásica, de 120 kWe, 150 kVA, que suministra 400 V a una frecuencia de 50 Hz. Dispone de un único palier y permite trabajar en paralelo.

No dispone de escobillas y se induce la corriente continua en el rotor mediante autoexcitación estática. Se encuentra protegido frente a altas humedades y tiene aislamiento en toda su estructura. Además, tiene regulación de voltaje. El resto de especificaciones técnicas se recogen en el Anexo II.



Figura 4-4 Alternador LSA 44.3

El sistema de control de los equipos dispone de un cuadro de control montado sobre la bancada, además de dispositivos mecánicos y electrónicos del propio motor preparados para reaccionar y responder a cualquier incidencia mediante alarmas y paradas de emergencia. Se describen los mismos en las Tabla 4-6 y Tabla 4-7. Existen a su vez elementos de medidas instalados para un control y supervisión manual del diésel.

Cuadro de control
Pantalla monocromo para visualización de alarmas y parámetros del motor
Arranque y parada del motor
Parada de emergencia
Sirena
Interruptor selector local/off/remoto
Cable de 3 metros para instalación remota
Interruptor para calentador de agua de camisas

Tabla 4-6 Cuadro de control del motor

Monitorización y control	
Tacómetro	Parada por muy alta temperatura del agua
Cuenta horas	Alarma por bajo nivel de agua
Indicador de presión de aceite	Alarma por fugas de combustible
Alarma por muy baja presión de aceite	Alarma por alta temperatura del agua
Parada por muy baja presión de aceite	Indicador de temperatura de gases de escape
Indicador de temperatura de agua	Alarma por alta temperatura de gases de escape
Parada por sobrevelocidad	

Tabla 4-7 Monitorización y control autónomo del motor

El resto de características muestran que cumple con los requisitos establecidos, incluyendo mejoras sobre el sistema actual. Ofrecen además como suplemento una caja de herramientas estándar y un lote de piezas de recambio para el primer intervalo de mantenimiento.

Las dimensiones para este modelo de 150 kVA son: 3031 mm de longitud; 1044 mm de anchura; y 1130 mm de altura. Con estas dimensiones no tiene problema en ser colocado en el mismo lugar que los actuales auxiliares. Además, tiene un peso en seco de 1266 kilogramos, lejos de los 1440 kg de límite.

El fabricante también ha ofrecido los consumos del motor diésel junto con su rendimiento en base a su Prime Running Power (PRP) en diferentes modelos. En el caso del modelo 6W105S son los siguientes:

PRP			
Frecuencia	kWm	g / kWh	l / h
50 Hz	129	194	29
	75% PRP		
	kWm	g / kWh	l / h
	97	210	23
	50% PRP		
	kWm	g / kWh	l / h
	75	228	20

Tabla 4-8 Consumos diésel del motor

Términos y condiciones

El equipo dispone de 12 meses de garantía desde su puesta en marcha. El precio unitario de cada grupo generador asciende a los 22.500 euros, sin incluir I.V.A. Al ser dos grupos, supone un precio de 45.000 euros, donde se incluyen el transporte y la puesta en marcha de ambos grupos electrógenos.

4.1.3.2 Grupo motor Deutz BF06M1013MC

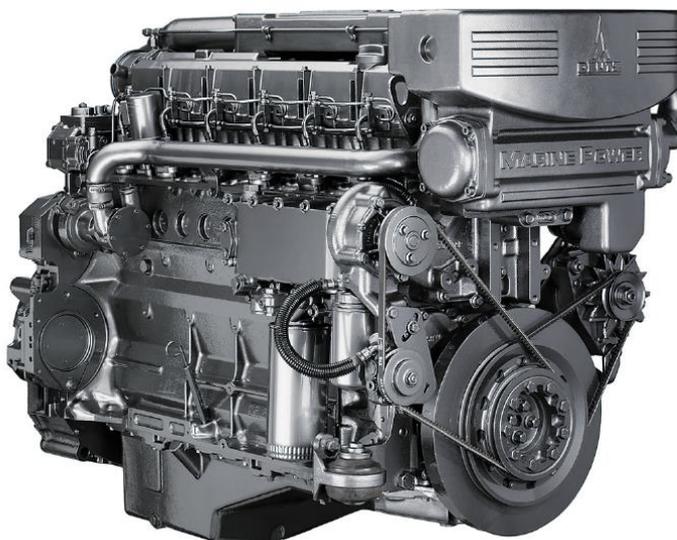


Figura 4-5 Motor Deutz serie 1013 MC

Deutz es uno de los mayores productores de sistemas mecánicos de propulsión del mundo. Sus principios son el desarrollo, producción, distribución y mantenimiento de motores diésel, gas y eléctricos, aunque también producen generadores y alternadores de corriente alterna.

Localizada su sede en Alemania, se trata de la empresa más antigua del mundo en la producción de motores y una de las mayores multinacionales del panorama internacional. Cuenta con muchos distribuidores en toda Europa y tiene presencia en más de 130 países.

El distribuidor de esta clase de motores en Galicia es la empresa Progener Power Systems. De acuerdo con el presente trabajo, se escoge el motor diésel modelo BF06M1013MC (Figura 4-5). El suministro de ambos generadores lo proporcionara la distribuidora. Estas son las características proporcionadas de los motores Deutz:

Características técnicas	
Motor	Deutz BF06M1013MC
Configuración de cilindros	6 en línea
Ciclo de trabajo	Cuatro tiempos
Sistema de combustión	Inyección directa
Turbo	Sí
Intercooler	Sí
Diametro de cilindros	108 mm
Carrera del pistón	130 mm
Cilindrada	7 l
Relación de compresión	17,5

Tabla 4-9 Características técnicas motor Deutz

Los datos ofrecidos son para un motor diseñado para ofrecer unas capacidades máximas funcionando a una temperatura máxima del aire de 45 °C, una presión barométrica de 1000 mbar, 60% de humedad relativa y 32°C de temperatura del agua del mar.

De la misma manera que la oferta de Baudouin, la distribuidora ofrece los componentes y funcionalidades secundarias de los motores Deutz.

Descripción del motor	
Circuito de combustible	Circuito de refrigeración
Filtro de aire	Doble circuito de agua dulce / salada
Prefiltro de combustible (suelto)	Intercambiador montado sobre el motor
Tuberías de inyección de doble pared	Bomba de circulación de agua dulce
Bomba de inyección de combustible con limitador centrífugo	Circuito de admisión y escape
Bomba de alimentación	Turbo y conducto escape refrigerado por agua
Conexiones flexibles para tuberías de combustible	Codo de escape con compensador
Bomba de vaciado manual	Indicador de presión de aceite
Circuito de lubricación	
Turbo y conducto escape refrigerado por agua	
Codo de escape con compensador	
Indicador presión de aceite	

Tabla 4-10 Descripción de los sistemas del motor Deutz

El motor modelo 1013MC se trata de un motor de 6 cilindros en línea y utiliza diésel como carburante. Su refrigeración es líquida por agua. Posee un turbocompresor y tubos de escapes refrigerados también por agua. Un moderno sistema de inyección de alta presión transporta el diésel a la presión indicada a los diferentes cilindros con bombas de inyección individuales. Las dimensiones son muy compactas y tiene un mantenimiento sencillo, pudiéndose realizar el mantenimiento mediante el acceso a los componentes internos a través de un lado del motor. El Anexo III incluye más características técnicas del motor.

Entre sus ventajas destaca su bajo consumo de combustible y aceite, sus dimensiones y una reducida emisión de ruidos. Siguen y cumplen todas las normas OMI, además de que estos motores contaminan un 30% menos del límite establecido por el reglamento alemán ZKR II.

Este modelo de auxiliar posee una serie de sensores e indicadores que indican información como la temperatura del líquido refrigerante o la presión del aceite de lubricación.

La bancada del conjunto electrógeno está fabricada en acero laminado y se encuentra eléctricamente soldada. Además, posee 6 suspensiones elásticas tipo SCM que evitarán el contacto de la misma con la cubierta y tecles de la sala de máquinas, a la vez que evita la transmisión de vibraciones.

El alternador se trataría de un generador STAMFORD modelo UCM274E. Consta de 4 polos y una tensión de 400 V, generando corriente alterna trifásica. Su factor de potencia es de 0,8 y gira a una frecuencia de 50 Hz, dado que es de fabricación americana. Su aislamiento es de clase H y la certificación de protección cumple los estándares IP-23. Es síncrono y autoexcitado, sin escobillas. Está especialmente diseñado para trabajar en medios y ambientes marinos. Se recogen el resto de características técnicas en el Anexo III.

El motor de arranque es eléctrico, de 24 V y 2 polos. Al igual que el motor alternativo Baudouin, lo más conveniente resultaría en mantener el arranque eléctrico, además del arranque neumático. Sin embargo, mantener los dos dependerá de la viabilidad técnica.

El cuadro de control se encuentra montado sobre la bancada y está fabricado en acero laminado. Consta de los siguientes elementos:

Cuadro de control del grupo
Voltímetro AC
Amperímetro
Luz de control de nivel de líquido refrigerante
Reloj temperatura agua refrigeración
Reloj presión aceite motor
Botón parada motor
Protecciones por alta temperatura refrigeración o baja presión de aceite
Cuenta horas

Tabla 4-11 Cuadro de control del grupo auxiliar Deutz

Las dimensiones del motor son las siguientes: 1408 mm de longitud; 850 mm de altura y 1197 mm de anchura. Estas medidas no tienen en cuenta el acoplamiento con el alternador, cuyas medidas son desconocidas. Ante la duda, se contacta con el fabricante proporcionándole las medidas disponibles en la plataforma. El mismo nos comunica que no rebasa los límites como conjunto y no hay problema en su futura instalación en la cámara de máquinas.

Estos grupos electrógenos superan también los requisitos de espacio y capacidades exigidos y presentan mejoras con respecto a los actuales auxiliares. Una de estas mejoras es la posibilidad de conexión del auxiliar para calefacción o calentador de agua en el circuito de refrigeración del motor.

Como información adicional, se proporcionan en el Anexo II las curvas de par estándar de los motores Deutz.

Términos y Condiciones

La puesta en marcha y pruebas las realizará la distribuidora. El motor se comprobará previamente en las instalaciones pertinentes. La empresa PROGENER ofrece en sus equipos una garantía de 12 meses desde la puesta en marcha de los equipos.

Por último, se fija el precio de cada grupo auxiliar Deutz BF06M1013MC en 38.250 euros.

4.1.4 Adaptación de los nuevos equipos al buque

La sustitución de ambos grupos electrógenos implica una serie de cambios y actualizaciones que se deben de llevar a cabo para que se puedan instalar los equipos en la sala de máquinas. Los diésel-generadores disponen de cuadro de control, puesta en marcha y documentación proporcionada por la empresa ofertante. Sin embargo, la empresa no incluye una serie de requisitos necesarios para la correcta implementación de los equipos en el Tabarca. Estos son:

- Arranque neumático: Obra de modificación a fin de que se puedan arrancar mediante la botella auxiliar del sistema neumático actual, alimentada por los dos compresores de aire. Se intentará mantener el arranque eléctrico como medida cautelar y auxiliar.

- Actualización de los componentes eléctricos relacionados: Algunos elementos de la planta generadora deben de ser actualizados para que puedan hacer conexión con los modernos y nuevos alternadores.

Además, el simple hecho de colocar los grupos electrónicos en el espacio habilitado requiere de personal cualificado. Con todo ello, los presupuestos estimados se detallan a continuación:

Los equipos electrógenos forman parte del presupuesto de la modificación y adaptación de los auxiliares, por lo tanto se incluyen en la Tabla 4-12. Se incluyen ambas posibilidades ofertadas. Ambos auxiliares necesitan el sistema de arranque neumático por turbina, también incluido en los presupuestos.

Por último, se incluye la mano de obra, dado que no es suficiente con la dotación del Tabarca y es necesario personal dedicado y experto en instalación de maquinaria en plataformas navales. Se considera que el personal puede proceder del Arsenal de Ferrol.

Adaptación de los grupos electrógenos					
Materiales				Mano de obra	
	Unidades	Precio / Unidad	Precio Total	Nº Operarios	3
Grupo Baudouin	2	22.500 euros	45.000 euros	Tiempo en días	12
Grupo Deutz	2	38.250 euros	76.500 euros	Coste/hombre/día	28 euros
Arranque Neumático	2	3.500 euros	7.000 euros		

Coste de material total	Baudouin	52.000 euros
	Deutz	83.500 euros
Coste de mano de obra total	1.008 euros	
Coste de obtención y adaptación de los auxiliares	Baudouin	53.008 euros
	Deutz	84.508 euros

Tabla 4-12 Presupuestos instalación nuevos grupos electrógenos

Los componentes eléctricos a actualizar son dos principalmente. Es necesario modificar la interconexión de los diésel-generadores y actualizar algunos componentes de algunos paneles del cuadro principal de distribución para así adaptarlo a la producción y control de la electricidad producida en los nuevos generadores de corriente trifásica.

Actualización plataforma a los DDGG					
Componentes				Mano de obra	
	Unidades	Precio / Unidad	Precio Total	Nº Operarios	4
Cuadro Principal	2	2.500 euros	5.000 euros	Tiempo en días	12
Interruptor de interconexión	2	5.500 euros	11.000 euros	Coste/hombre/día	28 euros
Reemplazo de cableado CP y DDGG	2	10.000 euros	20.000 euros		
Coste total actualizaciones				36.000 euros	
Coste de mano de obra total				2.240 euros	
Coste total de actualización				38.240 euros	

Tabla 4-13 Presupuestos de actualización de los diésel-generadores

4.1.5 Acomodación de los diésel-generadores

Una vez instalados los grupos electrógenos deben de ser acomodados a los equipos auxiliares afectos pertenecientes a la cámara de máquinas del buque. Es decir, todos los sistemas que permiten su funcionamiento que están instalados en el buque. Estos componentes que interactúan con los auxiliares son el sistema de refrigeración, exhaustación y escape de gases, y el sistema de alimentación de combustible.

La inclusión de la nueva bancada que los soporte también es fundamental y necesaria. Se incluye a su vez en este apartado junto con la mano de obra necesaria. Se ofrece la Tabla 4-14, donde se reflejan las necesidades y el coste de llevarlos a acabo.

Acomodación de los diésel-generadores					
Equipos auxiliares afectos				Mano de obra	
	Unidades	Precio / Unidad	Precio Total	Nº Operarios	3
Circuitos de refrigeración	2	650 euros	1.300 euros	Tiempo en días	10
Circuitos de exhaustación	2	330 euros	660 euros	Coste/hombre/día	28 euros
Circuitos de alimentación	2	345 euros	690 euros		
Nueva bancada	2	450 euros	900 euros		
Coste acomodación equipos auxiliares				3.550 euros	
Coste de mano de obra total				840 euros	
Coste total de acomodación				4.390 euros	

Tabla 4-14 Presupuestos de acomodación de los diésel-generadores

4.1.6 Cesáreas, soldadura y pintura

El proceso de introducir los auxiliares dentro de la cámara de máquinas debe de realizarse con las medidas de seguridad y las garantías necesarias para asegurar que no sufra ningún daño. Es necesario evaluar y establecer una ruta de desmontaje para la sustitución de los diésel-generadores.

La ruta tiene como propósito obtener información in-situ sobre cuál es la mejor manera de introducir los motores desde la cubierta principal en toldilla hasta la cámara de máquinas. El cableado y tubos que entorpezcan la maniobra deben de ser retirados de la misma para facilitar la obra.

Se llega a la conclusión que, dadas las dimensiones de los accesos desde el exterior al compartimento destino, es imposible introducir los motores sin realizar trabajos en la cubierta del patrullero. Por lo tanto, se propone desmontar la superestructura afecta y realizar dos cesáreas en cubierta (Br y Er) de unas dimensiones aproximadas de 3000 x 1500 milímetros.

Las dos cesáreas, una por cada grupo motor, se realizarían en la cubierta de toldilla sobre la vertical de los dos diésel-generadores Chrysler-Barreiros. Se incluyen en estos presupuestos además el posterior montaje de los elementos y el tiempo y mano de obra requeridos para llevar a cabo las diferentes operaciones. Se incluyen los presupuestos en la Tabla 4-15.

Cesáreas					
Materiales				Mano de obra	
	Unidades	Precio / Unidad	Precio Total	Nº Operarios	22
Carga Oxiacetilénica	4	154,50 euros	618 euros	Tiempo en días	60 (30 cada auxiliar)
Caja electrodos básicos OK-4800-7018 3,25 MM	8	41 euros	328 euros	Coste	28 euros

Coste materiales	946 euros
Coste de mano de obra total	36.960 euros
Coste total de obra en las cesáreas	37.906 euros

Tabla 4-15 Presupuestos de cesáreas en la cubierta de toldilla

Al finalizar las obras de acomodación y las dos cesáreas es necesario reponer el esquema de pintura original de acuerdo con la Norma de Marina NM-P-362_M (6ª Revisión) que establece los requisitos de las pinturas en los diferentes ámbitos en la Armada, particularmente aquellas pinturas interiores que se utilizan en los buques de guerra. Estas pinturas se utilizarán en las zonas afectadas por las modificaciones.

Pinturas			
Esquemas de pintura (en kilogramos)			
	Unidades	Precio / Unidad	Precio Total
Acomodación de los DDGG	2	6,90 euros	13,80 euros
Operación de hacer los dos agujeros en la cubierta	180	6,90 euros	1.242 euros
Coste pintura total	1255.80 euros		

Tabla 4-16 Presupuestos de pinturas

Los diferentes componentes y obras que lo requieran, en su caso necesario, se unirán mediante soldadura oxiacetilénica, recogida en la Tabla 4-15. Las soldaduras deberán ser efectuadas por una persona cualificada según la ISO 9606-1. El cordón de soldadura tiene que tener un límite de fluencia inferior, mayor o igual a 355 MPa, mientras que la resistencia a tracción deberá de ser de 490 MPa.

4.1.7 Impactos derivados

Los diferentes cambios realizados en el buque a causa de sustituir los grupos electrógenos pueden suponer cambios y modificaciones en la plataforma. Estos cambios no tienen por qué ser necesariamente negativos, pero deben de clasificarse y cuantificarse. El propósito es mantener el conocimiento del buque, mediante la detección y estudio de los impactos en los diferentes sistemas del buque y como han afectado a la plataforma.

A la hora de realizar un estudio sobre una modificación de gran calibre o que implique cambios en un sistema vital del barco como es este en un buque de guerra, se debe comprobar aspectos únicos que los distinguen de los buques civiles, como son la operatividad o un análisis de vulnerabilidad. Se

consideran los siguientes puntos como parte del análisis, y que son los mismos que realizan en el Arsenal de Ferrol cuando se realizan este tipo de obras:

- Impacto en la plataforma
- Impacto en el sistema de combate
- Impacto en la supervivencia
- Impacto en la dotación y adiestramiento
- Particularidades del mantenimiento propuesto

Una vez establecidos los objetivos de estudio, se procede al estudio de los impactos relacionados. Al comprobar la plataforma y en comunicación tanto con el Arsenal de Ferrol como con la dotación del barco, se concluye que solo influye en la plataforma. Se procede por lo tanto a un estudio de pesos y estabilidad en el buque.

El efecto de los pesos sobre la estabilidad, ya sea que se trasladen, embarquen o desembarquen, es una cuestión de suma importancia para Oficial de Seguridad Interior de un buque. En los buques de guerra, las modificaciones, aunque sean pequeñas, deben producirse por encima del centro de gravedad.

Al embarcar y desembarcar pesos en un buque, los calados varían y por tanto, variarán el asiento, la escora y la estabilidad total del mismo. De la misma manera, afecta a su desplazamiento y al calado medio del buque. Sin embargo, en el caso planteado, existe una diferencia ínfima de pesos. Además, la posición de los nuevos diésel-generadores es prácticamente la misma que la de los actuales. Por lo tanto, se puede deducir que los cambios no serán muy significativos.

Se realiza un análisis de estabilidad, con el fin de determinar la diferencia que se producirá en el centro de gravedad de la plataforma:

Grupos electrógenos	Peso	Posición del centro de gravedad de los DDGG (m)			Momentos (Tm·m)		
		Eje X (Proa)	Eje Y (Crujía)	Eje Z	Longitudinal	Transversal	Ortogonal
BARREIROS BR	-1,440	18,500	-2,000	1,550	-26,640	2,880	-2,232
BARREIROS ER	-1,440	17,500	2,000	1,550	-25,200	-2,880	-2,232
BAUDOUIIN BR	1,266	18,500	-2,000	1,550	23,421	-2,532	1,962
BAUDOUIIN ER	1,266	17,500	2,000	1,550	22,155	2,532	1,962
Diferencia de Pesos	-0,348	-	-	-	-6,264	0	-0,539
Desplazamiento del buque original	-	Centro de Gravedad del buque			Momentos buque		
237,178	-	15,591	0,031	3,224	3697,8421	7,35	764,662
Nuevo desplazamiento	-	Nuevo Centro de Gravedad			Nueva variación de Momentos		
236,830	-	15,614	0,031	3,228	3691,578	7,352	764,122

Variación del C.G	4,730x10 ⁻³	metros
--------------------------	------------------------	--------

Tabla 4-17 Estudio de estabilidad incorporando los motores Baudouin

		Posición del centro de gravedad de los DDGG (m)			Momentos (Tm·m)		
Grupos electrógenos	Peso	Eje X (Proa)	Eje Y (Crujía)	Eje Z	Longitudinal	Transversal	Ortogonal
BARREIROS BR	-1,440	18,500	-2,000	1,550	-26,640	2,880	-2,232
BARREIROS ER	-1,440	17,500	2,000	1,550	-25,200	-2,880	-2,232
DEUTZ BR	1,252	18,500	-2,000	1,550	23,162	-2,504	1,940
DEUTZ ER	1,252	17,500	2,000	1,550	21.91	2,504	1,940
Diferencia de Pesos	-0,376	-	-	-	-6.768	0	-0,583
Desplazamiento del buque original	-	Centro de gravedad del buque			Momentos buque		
237,178	-	15,591	0,031	3,224	3697,842	7,352	764,662
Nuevo desplazamiento	-	Nuevo centro de gravedad			Nueva variación de momentos		
236,878	-	15,614	0,031	3,228	369,074	7,352	764,079

Variación del C.G	5,1x10 ⁻³	metros
--------------------------	----------------------	--------

Tabla 4-18 Estudio de estabilidad incorporando los motores Deutz

Los resultados obtenidos en la Tabla 4-17 y en la Tabla 4-18 reflejan una modificación ínfima del centro de gravedad del buque. Tanto si se eligen los motores Baudouin o los motores Deutz, el centro de gravedad del buque se desvía apenas 4 mm. Esto se debe a que ambos motores no representan un peso muy diferente al de los antiguos motores Barreiros. Además, debido a que la posición que ocuparían sería la liberada por los grupos auxiliares actuales, los momentos tampoco varían significativamente.

Por lo tanto, se puede concluir que la variación estimada del centro de gravedad no se considera de importancia.

4.2 Propuesta de mejoras de los actuales grupos diésel-generadores

Una alternativa posible a la sustitución completa de los grupos electrógenos es la actualización de los actuales Chrysler-Barreiros. La modificación, sin embargo, de unos grupos generadores es normalmente delicada y no suele ser económica, dado que suelen estar montados en conjunto y las piezas y componentes son todos de la marca del fabricante. En el caso de los auxiliares del Tabarca, el fabricante dejó de ofrecer mantenimiento y soporte de los mismos hace varios años y la empresa motores Barreiros ya no existe.

Una modificación posible consistiría en sustituir solamente los alternadores INDAR 315-M en vez del total del conjunto electrógeno. Aunque se considera que los alternadores 315-M se encuentran en buen estado y no existen suficientes motivos para justificar su cambio. Aun así, estos alternadores distan bastante de la capacidad generadora que se podría producir con la potencia suministrada por los motores.

Los motores producen una potencia de 140 kW mientras que los INDAR solo son capaces de aprovechar 112 kW de energía, es decir un 80% de la capacidad del motor. Se podría adquirir un modelo de alternador que maximice el rendimiento, no necesariamente de la misma marca ya extinta. Un alternador competitivo y acorde con los requerimientos de los motores sería el STAMFORD UCI274G, que alcanza los 175 kVA.

Otra opción sería sustituir únicamente el grupo motor. Al llevar a cabo esta operación, eliminaríamos el problema más importante que presenta la planta generadora actual: la dificultad de obtener repuestos.

La adquisición de 2 motores diésel nuevos facilitaría enormemente la posibilidad de obtener piezas de recambio, además de eliminar por completo los problemas de oxidación que se presentaban. Conviene recordar que los alternadores no han causado problemas de gran importancia y su estado es bueno, además de que proporcionan suficiente energía para llevar a cabo las tareas que se exigen en el barco.

Los motores diésel más modernos incorporan una serie de mejoras con respecto a los Chrysler-Barreiros que se traducen en un mejor aprovechamiento del combustible y mayor eficiencia. Algunas de las mejoras implementadas en modernos motores diésel-generadores son las siguientes:

- **Modificaciones en la cámara de combustión:** La calibración de las cámaras de combustión logran nuevas tasas de combustión máxima. Los motores alcanzan mayores velocidades de combustión y por lo tanto mayores potencias de salida y emisiones más bajas de gases de escape [28].
- **Atenuación del sonido:** Los recientes avances en reducción de ruido han permitido la incorporación de bolsas de atenuación de sonido en las pre-cámaras de inyección del combustible. Las bolsas permiten anular las ondas de detonación causadas durante la combustión [28].
- **Control digital:** Se trata de uno de los mayores avances. Tradicionalmente, el control de los motores ha sido mecánico, como el caso de los actuales en el Tabarca. La propia acción mecánica producida por la combustión establece un ritmo de operación que controla la actuación de los componentes del motor. Sin embargo, los controles digitales son más eficaces y tienen una mejor valoración en el sector industrial. Tienen una altísima precisión y permiten el control en tiempo real del estado del motor (combustible, niveles de aceite del motor, etc). También permite el manejo y supervisión de los equipos desde un lugar remoto, que en el caso del Tabarca podría traducirse en tener un terminal en el puente para su monitorización.

Dentro de los motores que se pueden encontrar en el mercado, se podría elegir el motor Cummins 6BT5.9, que pueden alcanzar los 150 caballos de potencia, funcionan a 50 Hz de frecuencia y son especialmente recomendados para su uso naval como motores auxiliares. Disponen de menos potencia que los auxiliares actuales, pero tendrían un rendimiento mayor al ser acoplados a los alternadores INDAR 315-M.

5 CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

5.1 Conclusiones

Una vez concluido el análisis de los grupos electrógenos actuales y establecidas las bases para una posible remodelación y sustitución de los auxiliares, es necesario evaluar cada una de las alternativas y establecer la mejor solución a los problemas planteados en la planta eléctrica del patrullero Tabarca.

Los auxiliares Chrysler-Barreiros han demostrado durante casi 40 años su gran fiabilidad y durabilidad. Han provisto de energía eléctrica al buque y no han presentado fallos de gran calibre que hayan tenido como consecuencia la paralización del buque. Sin embargo, los últimos años han presentado problemas que han afectado en parte a la operatividad del barco. Más importante aún es la falta de capacidad en su reparación y mantenimiento apropiado.

El mayor problema que se presenta en el modelo actual de generación eléctrica es la falta de repuestos en los componentes, sobretodo atendiendo a los motores. La empresa Barreiros Diésel S.A ya no existe desde hace muchos años. Al tratarse de maquinaria antigua no es fácil de encontrar piezas validas de sustitución.

Por lo general, se recurre o bien al Arsenal de Ferrol solicitando repuestos o mantenimientos a través de la aplicación GALIA, o en su ausencia a proveedores externos para obtener piezas y componentes. Cada vez los repuestos son más caros y tardan más tiempo en llegar o simplemente no llegan debido a su escasez y falta de presupuestos para obtenerlos.

Otra solución llevada a cabo fue la utilización de piezas de segunda mano para suplir la falta de material de primera calidad. Sin embargo, las piezas suelen ser de calidad cuestionable y no tardan en presentar problemas de nuevo. Un ejemplo fue la sustitución del sistema de arranque de turbina por otro ya con bastantes horas de uso, que no tardó en dejar de funcionar.

Toda esta serie de retrasos y dificultades han derivado en el mal mantenimiento de los grupos electrógenos. El mantenimiento es completamente inadecuado dado que no se cumplen los tiempos establecidos por el fabricante y proveedor. Esto conlleva que poco a poco desgastan los equipos, consiguiendo que se reduzca paulatinamente su esperanza de vida.

No se tiene previsto que el patrullero deje de estar en servicio a corto plazo dado que se le ha instalado un motor de propulsión reconstruido hace aproximadamente dos años. Se llega, por lo tanto, a la conclusión de que no es recomendable invertir en los actuales diésel-generadores, y que la opción más viable es la de sustituir los dos grupos electrógenos por unos más modernos y fiables, que permitan un mantenimiento adecuado y dispongan de un apoyo directo del fabricante.

La sustitución es viable tanto técnicamente como económicamente. Las ofertas propuestas son muy competitivas y acordes con los requisitos del buque. Se considera que los cambios no conllevan diferencias significativas en la plataforma actual.

No se considera viable instalar otros equipos auxiliares de generación eléctrica, como pueden ser los aerogeneradores, dado que no existe espacio en la plataforma suficiente. La energía producida por los diésel-generadores es suficiente para suplir la carga eléctrica del barco.

Todos los motores alternativos propuestos cumplen con los requisitos mínimos necesarios, siendo muy similares entre ellos. Sin embargo, es necesario diferenciar entre las propuestas a fin de elegir el más adecuado entre ellos.

Se estima como mejor alternativa los motores Deutz como sustitutos de los actuales Barreiros. La fiabilidad es el factor decisivo en la elección del modelo, dado que ha sido previamente utilizado no sólo por organismos y empresas de todo el mundo, sino que la propia Armada Española está habituada a adquirir por parte de este fabricante.

Por otra parte, los motores Baudouin no han sido previamente adquiridos por la Armada y su adquisición supondría una opción arriesgada, si bien es cierto que su precio es realmente competitivo.

5.2 Líneas futuras

Una continuación lógica de este Trabajo de Fin de Grado consistiría en realizar un estudio en detalle de los sistemas de distribución de la energía eléctrica en el buque, así como de las cargas y equipos de consumo de energía. El sistema de distribución eléctrica dispone de muchos equipos que deben ser analizados y estudiados más en detalle.

La firma magnética está también relacionada con la producción de energía en los barcos. La corriente eléctrica puede desviarse al casco del barco si existen deficiencias en las tomas de tierra o neutro, generando un campo magnético. El Tabarca no dispone del sistema “Degaussing” para reducir la magnetización del casco del barco. Es un sistema ampliamente utilizado en los buques de guerra para evitar ser detectados por equipos electromagnéticos, como pueden ser sensores o minas navales. Un posible objeto de estudio sería obtener la firma magnética del casco del Tabarca e indagar sobre si sería de aplicación introducir este sistema antidetección en el buque.

Por último, teniendo en cuenta el cada vez mayor grado de implicación de la Armada en la transición ecológica de sus unidades, sería conveniente el estudio de alternativas respetuosas con el medio ambiente que sustituyeran a los auxiliares.

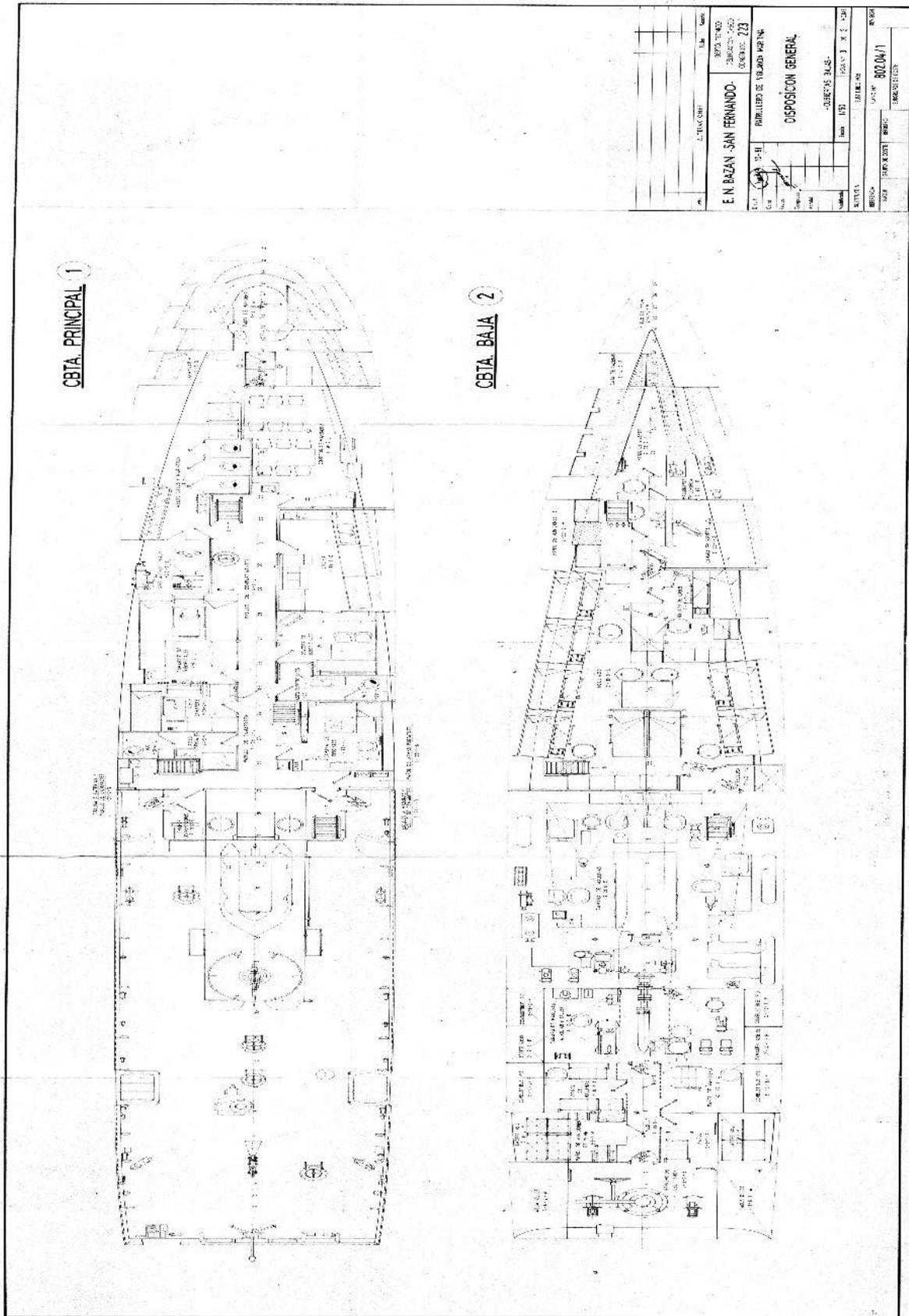
6 BIBLIOGRAFÍA

- [1] Armada Española, «Portal de la Armada,» [En línea]. Available: <http://www.armada.mde.es/ArmadaPortal/page/Portal/ArmadaEspañola/buquessuperficie/prefLang-es/08patrulleros--04patrulleros-clase-anaga--04patrullero-tabarca-p-28>.
- [2] Convenio SOLAS, «Universidad de Cantabria,» [En línea]. Available: <https://personales.gestion.unican.es/martinji/Archivos/SolasCap2-2.pdf>.
- [3] Z. P. Cano, *Electricidad en el buque*, 2012-2013.
- [4] M. R. Patel, *Shipboard Electrical Power Systems*, CRC Press, 2019.
- [5] T. M. S. o. N. York, «Tesla Society,» [En línea]. Available: <https://www.teslasociety.com/magnetic.htm>. [Último acceso: 28 Enero 2020].
- [6] A. C. M. y R. Caro, *Sistemas de Generación Eléctrica*, Fundación Dialnet, 2010.
- [7] Tendizias, «Elblogverde,» 23 Marzo 2019. [En línea]. Available: <https://elblogverde.com/los-combustibles-fosiles/>. [Último acceso: 2 Febrero 2020].
- [8] J. Navarro, «El gas natural, una energía limpia y sostenible,» 20 Marzo 2017. [En línea]. Available: https://www.elnacional.cat/es/branded/gas-natural-energia-limpia-sostenible_145065_102.html. [Último acceso: 2 Febrero 2020].
- [9] «Gestión electrónica diésel,» 2014. [En línea]. Available: http://www.aficionadosalamecanica.net/gestion_electronica_diesel.htm. [Último acceso: 3 Febrero 2020].
- [10] L. Ruiz, «Ciclos teóricos y reales de los motores de combustión interna,» [En línea]. Available: https://www.academia.edu/9312464/CICLOS_TE%C3%93RICOS_Y_REALES_DE_LOS_MOTORES_DE_COMBUSTI%C3%93N_INTERNA.
- [11] «Turbinas de gas,» [En línea]. Available: <http://www.turbinasdegas.com/las-turbinas-de-gas>. [Último acceso: 4 Febrero 2020].
- [12] Energiza, «Especial Turbinas de Gas,» *Energiza*, 2011.

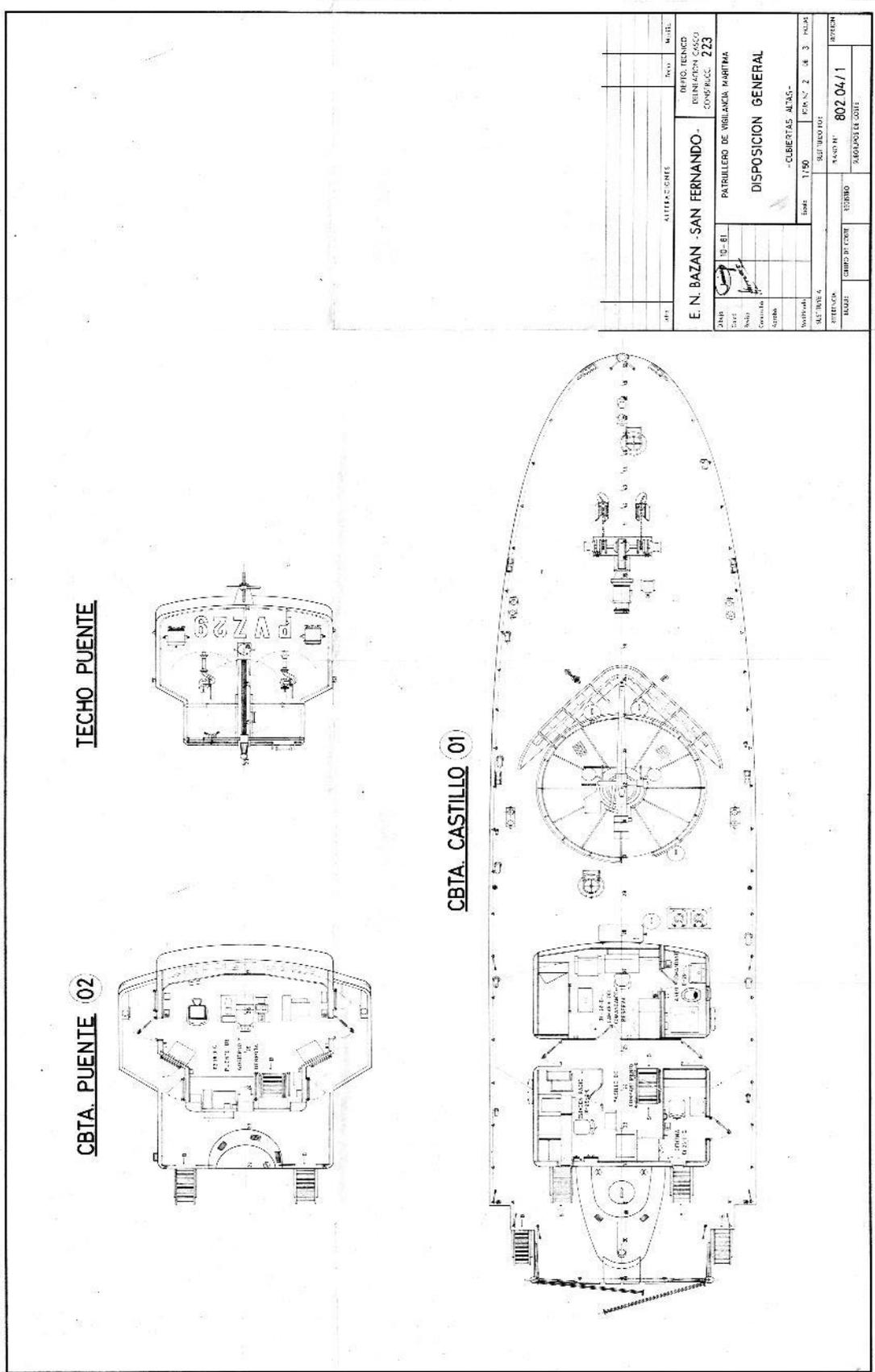
- [13] E. Community, «Engineering 360º,» [En línea]. [Último acceso: 28 Febrero 2020].
- [14] Mancomunidad del Sureste Gran Canaria, «Preguntas y Respuestas sobre la Energía,» [En línea]. Available: <http://www.surestegc.org/documentos/bloque4.pdf>.
- [15] Consejo de Seguridad Nacional, «La Energía Nuclear (Monografía),» 2020.
- [16] Foro de la Industria Nuclear Española, *Introducción a los reactores nucleares*, 2019.
- [17] ABENGOA, «Energía Solar para la Generación Eléctrica,» Diciembre 2007. [En línea]. Available: <http://www.abengoa.com/htmlsites/boletines/es/diciembre2007ext/electrica.htm>. [Último acceso: 7 Febrero 2020].
- [18] Lazard, «Lazard's levelized cost of energy analysis,» 2019.
- [19] J. M. G. Á. y J. C. G. Targarona, *Generación eólica empleando distintos tipos de generadores considerando su impacto en el sistema de potencia*, 2011.
- [20] Asociación Empresarial Eólica, «La eólica en España,» [En línea]. Available: <https://www.aeeolica.org/sobre-la-eolica/la-eolica-espana>. [Último acceso: 6 Febrero 2020].
- [21] É. S. y R. M. Barragán-Reyes, *Energía Geotérmica*, 2010.
- [22] D. T. Hall, *Practical Marine Electrical Knowledge*, WITHERBY Seamanship, 2014.
- [23] ABB Shipping, *Maritime Electrical Installations and Diesel Electric Propulsion*.
- [24] Diario de Pontevedra, «El patrullero con base en Marín 'Tabarca' recala este sábado en Corcubión,» 5 Julio 2018.
- [25] S. G. Garrido, «Renovetec,» Renove Tecnología S.L., 2019. [En línea]. Available: <http://energia.renovetec.com/plantas-de-cogeneracion/127-excitatriz-estatica>. [Último acceso: 10 Febrero 2020].
- [26] Consejo Superior de Investigaciones Científicas, «La corrosión en atmósferas marinas. Efectos de la distancia a la costa.,» *Revista de Metalurgia*, 1998.
- [27] T. G. Spiro, *Química Medioambiental*, Madrid: Pearson Education, 2003.
- [28] «Generador eléctrico,» 25 Febrero 2020. [En línea]. Available: <http://www.generadorelectrico.com/>. [Último acceso: 2020].

7 ANEXOS

ANEXO I: PLANOS DEL TABARCA

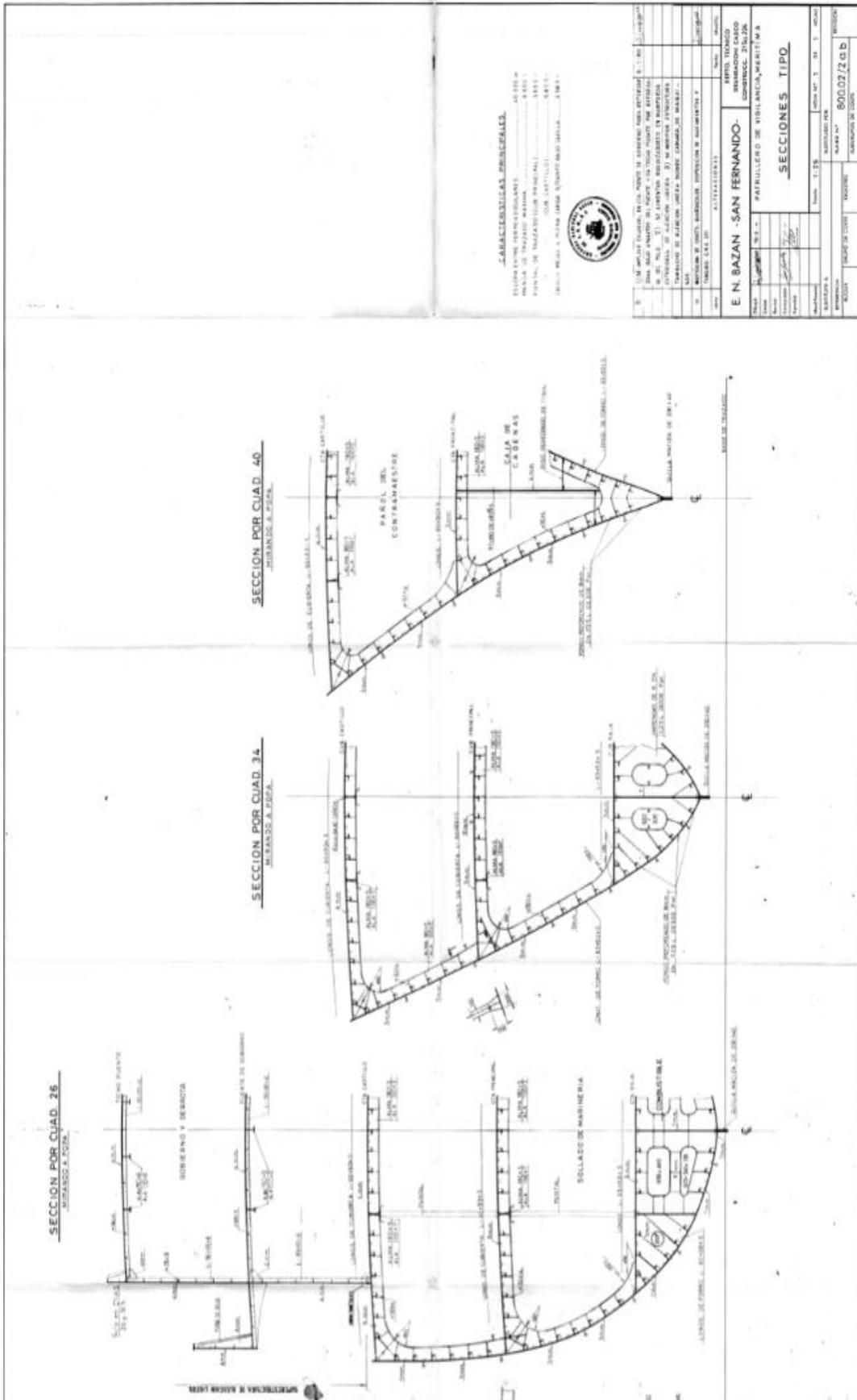


A1-1 Disposición general. Cubiertas bajas



ATTILACIONES		FECHA	MATERIAL
E. N. BAZAN - SAN FERNANDO -			
CENTRO TECNICO			
RELEVANTADO			
CONVENCION: 223			
PATRULLERO DE VIGILANCIA MARITIMA			
DISPOSICION GENERAL			
- CUBIERTAS ALTAS -			
ESCALA	1/150	PLAN N.º	2 DE 3
FECHA	1/7/90	PROYECTISTA	
REVISOR		REVISOR	
APROBADO		APROBADO	
NOMBRE		CHULO DE CONTRA	ESBORNO
N.º		802 04/1	
SOLUCION		SOLUCION EN COPIA	

A1-2 Disposición general. Cubiertas altas



A1-3 Secciones tipo. Parte I

ANEXO II: GENERADOR BAUDOIN



6 W105S Marine Generator Set

Model	Injection	Speed control	Cylinder configuration	Bore/stroke (mm)	Displacement (l)
6 W105S	Mechanical	Electronic	6 in line	105X130	6.75



Customer benefits

Continuous compact power with reference performances in its category

Easy service with accessible components and unit cylinder heads

Simple technology with mechanical injection

Life cycle cost efficiency with extended mean time between overhauls (MBTO)

Rating table

Rating	Frequency	RPM	kWm	kWe	kVA
PRP	50 Hz	1500	107	100	125
PRP	50 Hz	1500	129	120	150
PRP	60 Hz	1800	116	108	135
PRP	60 Hz	1800	144	135	170

Prime running power (PRP)

- Variable load with mean power calculated on 250 running hours
- No restriction on use if mean power $\leq 75\%$ of nominal power
- Total operating time at 100% nominal power shall not exceed 500 hours per year
- 10% overload available 1 hour each 12 hours

Power definition

Standard ISO 3046/1 - 1995 (F)

Reference conditions

Ambient temperature 25 °C / 77 °F
Barometric pressure 100 kPa
Relative humidity 30%

Fuel oil

Relative density 0,840 \pm 0,005
Lower calorific power 42 700 kJ/kg
Consumption tolerances $\pm 5\%$
Air inlet limit temperature 35 °C / 95 °F

Emissions

IMO Tier II



Standard equipment

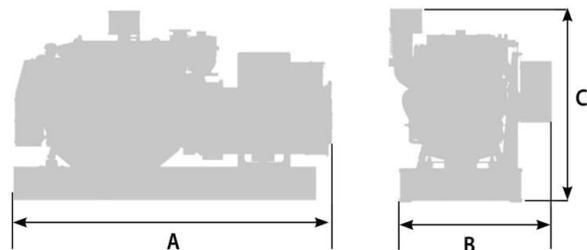
Engine and block	Cast iron cylinder block, with replaceable cylinder liners Separate cast iron cylinder heads Replaceable valves guides and seats Steel forged crankshaft Light alloy piston with 3 high performance piston rings
Cooling system	Fresh / raw water heat exchanger with integrated thermostatic valves and expansion tank Cast iron centrifugal fresh water pump, mechanically driven Bronze self-priming raw water pump, mechanically driven
Lubrication system	Full flow screwable oil filters Fresh water cooled lube oil cooler
Fuel System	In line injection pump with flanged electronic speed governor Double wall injection bundle Duplex fuel filters Water separator
Intake air and exhaust system	Fresh water cooled exhaust gas manifold Turbo blower with insulated turbine housing
Electrical system	Voltage 24Vdc Electrical starter on flywheel crown
Generator	- 50/60Hz Frequency, 4 Pole - Insulation / Heating Class H/H - Electronic voltage regulation - Brushless excitation - IP23 Protection, Marine impregnation - Single bearing

Specific fuel consumption

Frequency	PRP				75% PRP			50% PRP		
	kWe	kWm	g/kWh	l/h	kWm	g/kWh	l/h	kWm	g/kWh	l/h
50 Hz	100	107	199	25	81	203	19	53	258	16
50 Hz	120	129	194	29	97	201	23	75	228	20
60 Hz	108	116	203	28	87	207	21	58	243	16
60 Hz	136	144	200	34	109	202	26	73	218	18

Dimensions and dry weight (mm / kg)

	A	B	C	Weight
125-135 KVA	1991	1044	1130	1231
150-170 KVA	2031	1044	1130	1266

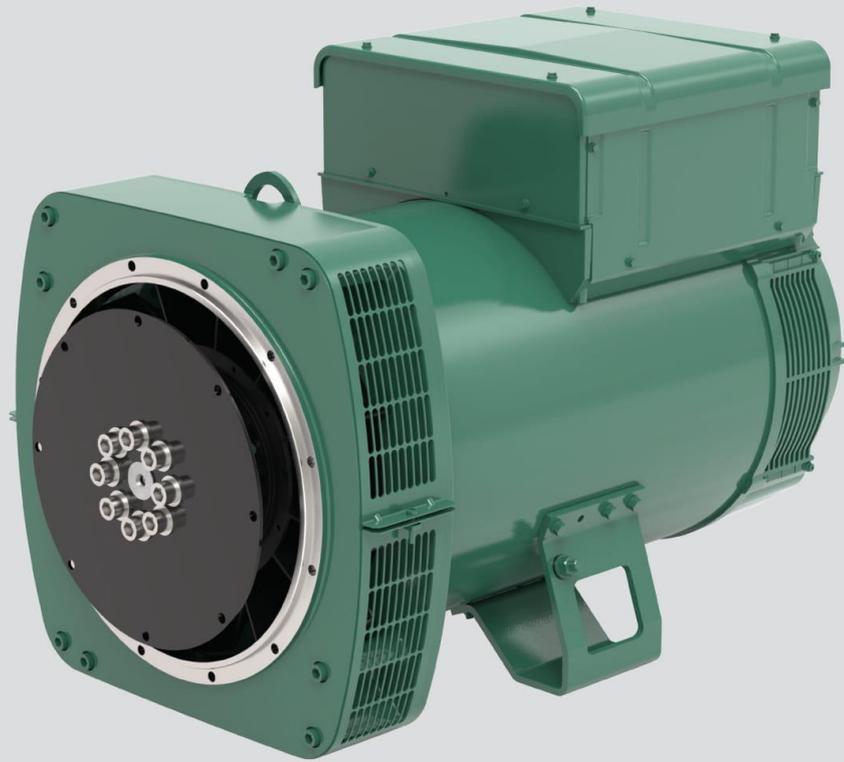


M.D.20.EN.06.18 - Moteurs Baudouin reserve the right to modify these specifications, without notice. Document not contractual.

Société Internationale des Moteurs Baudouin

Technoparc du Brégadan - 13260 Cassis - France - Tél. +33 488 688 500 - Baudouin.com

A2-1 Motor Baudouin. Parte II



LSA 44.3

Low Voltage Alternator - 4 pole

70 to 200 kVA - 50 Hz / 88 to 250 kVA - 60 Hz
Electrical and mechanical data

LEROY-SOMER™

Nidec
All for dreams

A2-2 Alternador LSA 44.4 L10. Parte I

LSA 44.3 - 70 to 200 kVA - 50 Hz / 88 to 250 kVA - 60 Hz**Specially adapted to applications**

The LSA 44.3 alternator is designed to be suitable for typical generator applications, such as: backup, prime power, cogeneration, marine applications, rental, telecommunications, etc.

Compliant with international standards

The LSA 44.3 alternator conforms to the main international standards and regulations: IEC 60034, NEMA MG 1.32-33, ISO 8528-3, CSA C22.2 n°100-14, UL 1446 (UL 1004 on request), marine regulations, etc. It can be integrated into a EC marked generator.

The LSA 44.3 is designed, manufactured and marketed in an ISO 9001 environment and ISO 14001.

Top of the range electrical performance

- Class H insulation
- Standard 12 wire re-connectable winding, 2/3 pitch, type no. 6
- Voltage range:
 - 50 Hz: 220 V - 240 V and 380 V - 415 V (440 V)
 - 60 Hz: 208 V - 240 V and 380 V - 480 V
- High efficiency and motor starting capacity
- Other voltages are possible with optional adapted windings:
 - 50 Hz: 440 V (no. 7), 500 V (no. 9), 690 V (n°10 or 52)
 - 60 Hz: 380 V and 416 V (no. 8), 600 V (no. 9)
- R 791 interference suppression conforming to standard EN 61000-6-3, EN 61000-6-2, EN 55011 group 1 class B standard for European zone (EC marking)

Reinforced mechanical structure using finite element modelling

- Compact rigid assembly to better withstand generator vibrations
- Steel frame and terminal box
- Aluminium flanges and shields
- Two-bearing and single-bearing versions designed to be suitable for commercially-available heat engines
- Half-key balancing two bearing
- Permanently greased bearings (20 000h)
- Direction of rotation: clockwise and anti-clockwise (without derating)

Excitation and regulation system suited to the application

Excitation system				Regulation options			
Voltage regulator	SHUNT	AREP (option)	PMG (option)	C.T. Current transformer for paralleling	Mains paralleling	3-phase sensing	Remote voltage potentiometer
R250	Standard	-	-	-	-	-	√
D350	-	Standard	Standard	C.T.	-	√	√
D550	Option	Option	Option	C.T.	√	√	√

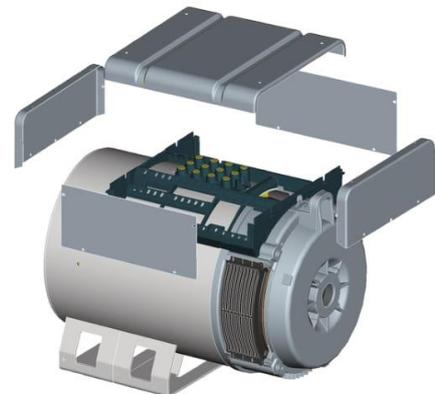
√: Possible option

Compact and design terminal box

- Easy access to the AVR (lid) and to the connections
- Terminal block for reconnecting the voltage

Protection system suited to the environment

- The LSA 44.3 is IP 23
- Standard winding protection for clean environments with relative humidity $\leq 95\%$, including indoor marine environments
- Options:
 - Filters on air inlet: derating 5%
 - Filters on air inlet and air outlet (IP 44) : derating 10%
 - Space heaters
 - Thermal protection for stator windings
 - Winding protection for harsh environments and relative humidity greater than 95%
 - Shaft height: H = 225 mm on demand
 - Cable outlet at right



LSA 44.3 - 70 to 200 kVA - 50 Hz / 88 to 250 kVA - 60 Hz

General characteristics

Insulation class	H	Excitation system	SHUNT	AREP / PMG
Winding pitch	2/3 (wdg 6)	AVR type	R250	D350
Number of wires	12	Voltage regulation (*)	± 0.5%	± 0.25%
Protection	IP 23	Short-circuit current	-	300% (3 IN): 10 s
Altitude	≤ 1000 m	Total Harmonic Distortion THD (**) in no-load	< 2%	
Overspeed	2250 min ⁻¹	Total Harmonic Distortion THD (**) on linear load ..	< 5%	
Air flow	0.25m ³ /s, 50 Hz - 0.30m ³ /s, 60 Hz	Waveform: NEMA = TIF (**)	< 50	
Air flow (***)	0.29m ³ /s, 50 Hz - 0.34m ³ /s, 60 Hz	(*) Steady state. (**) Total harmonic distortion between phases, no-load or on-load (non-distorting).		

(***) Only for LS 44.3 L12, VL13 & VL14

Ratings 50 Hz - 1500 R.P.M.

kVA / kW * - P.F. = 0.8																				
Duty/T°C	Continuous duty/40°C					Continuous duty/40°C					Stand-by/40°C				Stand-by/27°C					
Class/T°K	H/125°K					F/105°K					H/150°K				H/163°K					
Phase	3 ph.			1 ph.		3 ph.			1 ph.		3 ph.		1 ph.		3 ph.			1 ph.		
Y	380V	400V	415V	440V	ΔΔ	380V	400V	415V	440V	ΔΔ	380V	400V	415V	440V	ΔΔ	380V	400V	415V	440V	ΔΔ
Δ	220V	230V	240V	230V		220V	230V	240V	230V		220V	230V	240V	230V		220V	230V	240V	230V	
YY	220V					220V					220V					220V				
44.3 S2 kVA	70	70	70	63	42	64	64	64	57	38	74	74	74	67	45	77	77	77	69	46
kW	56	56	56	50	33.5	51	51	51	46	30.5	59	59	59	54	36	62	62	62	55	37
44.3 S3 kVA	80	80	80	72	48	73	73	73	66	44	85	85	85	76	51	88	88	88	79	53
kW	64	64	64	58	38.5	58	58	58	53	35	68	68	68	61	41	70	70	70	63	42
44.3 S4 kVA	90	90	90	81	54	82	82	82	74	49	95	95	95	86	57	100	100	100	89	59
kW	72	72	72	65	43	66	66	66	59	39	76	76	76	69	46	80	80	80	71	47
44.3 S5 kVA	100	100	100	90	60	91	91	91	82	55	106	106	106	95	64	110	110	110	99	66
kW	80	80	80	72	48	73	73	73	66	44	85	85	85	76	51	88	88	88	79	53
44.3 M6 kVA	125	125	125	113	67	114	114	114	103	61	133	133	133	120	71	138	138	138	124	74
kW	100	100	100	90	54	91	91	91	82	49	106	106	106	96	57	110	110	110	99	59
44.3 M8 kVA	135	135	135	122	73	123	123	123	111	66	143	143	143	129	77	150	150	150	134	80
kW	108	108	108	98	58	98	98	98	89	53	114	114	114	103	62	120	120	120	107	64
44.3 L10 kVA	150	150	150	135	80	137	137	137	123	73	159	159	159	143	85	165	165	165	149	88
kW	120	120	120	108	64	110	110	110	98	58	127	127	127	114	68	132	132	132	119	70
44.3 L12 kVA	165	165	165	138	88	150	150	150	126	80	175	175	175	150	93	182	182	182	157	97
kW	132	132	132	110	70	120	120	120	101	64	140	140	140	120	74	146	146	146	126	78
44.3 VL13 kVA	180	180	180	171	90	164	164	164	156	82	191	191	191	181	95	200	200	200	188	99
kW	144	144	144	137	72	131	131	131	125	66	153	153	153	145	76	160	160	160	150	79
44.3 VL14 kVA	192	200	200	192	100	175	182	182	175	91	204	212	212	204	106	211	220	220	211	110
kW	154	160	160	154	80	140	146	146	140	73	163	170	170	163	85	169	176	176	169	88

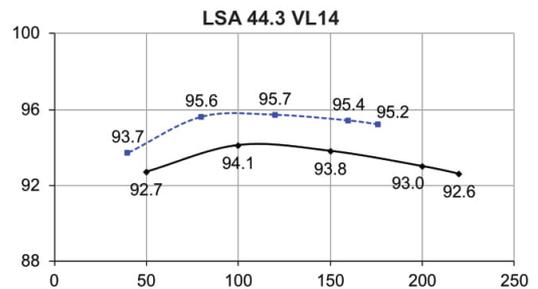
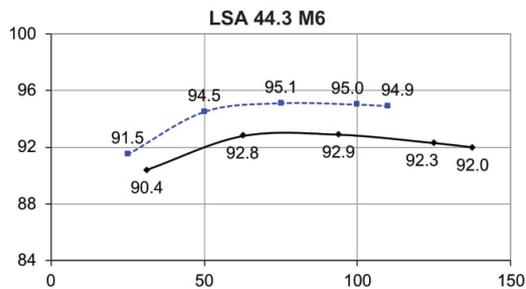
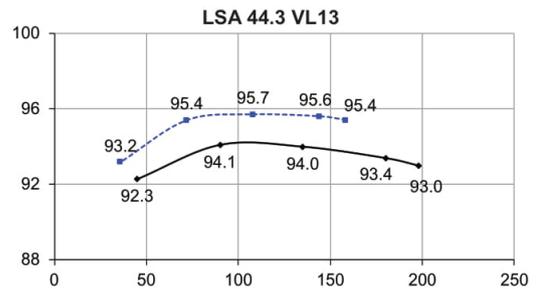
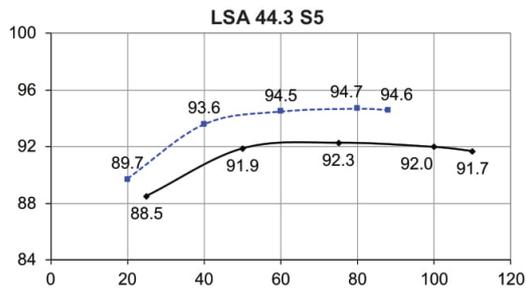
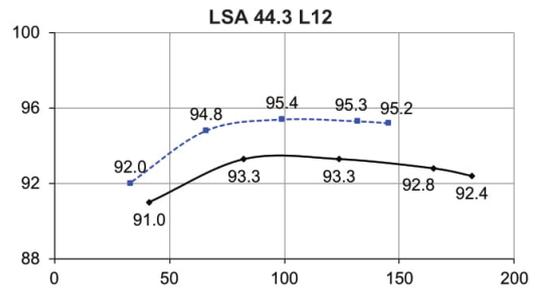
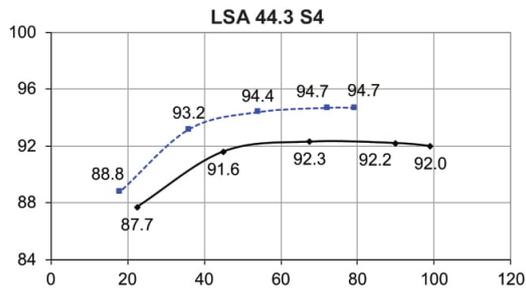
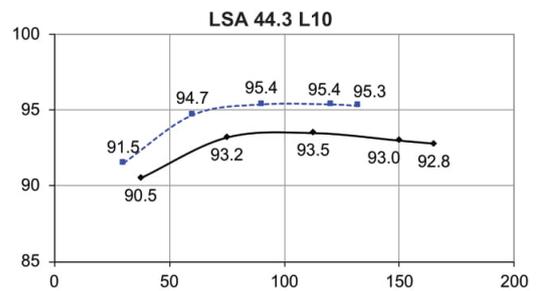
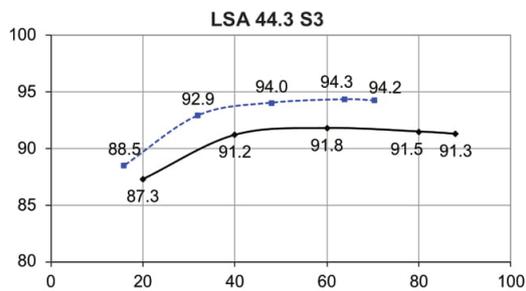
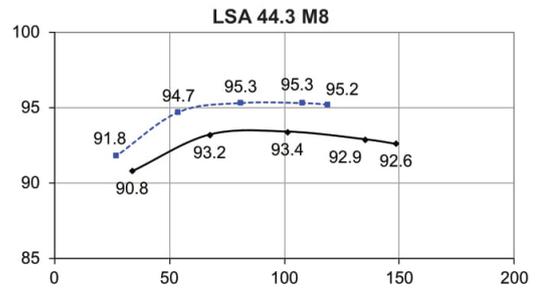
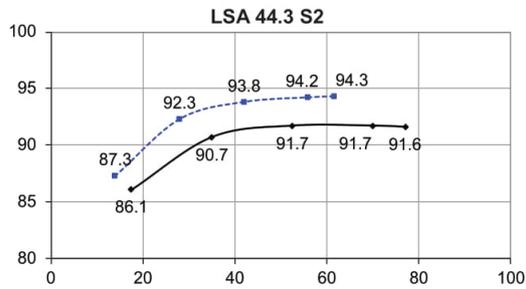
Ratings 60 Hz - 1800 R.P.M.

kVA / kW * - P.F. = 0.8																				
Duty/T°C	Continuous duty/40°C					Continuous duty/40°C					Stand-by/40°C				Stand-by/27°C					
Class/T°K	H/125°K					F/105°K					H/150°K				H/163°K					
Phase	3 ph.			1 ph.		3 ph.			1 ph.		3 ph.		1 ph.		3 ph.			1 ph.		
Y	380V	416V	440V	480V	ΔΔ	380V	416V	440V	480V	ΔΔ	380V	416V	440V	480V	ΔΔ	380V	416V	440V	480V	ΔΔ
Δ	220V	240V	240V	240V		220V	240V	240V	240V		220V	240V	240V	240V		220V	240V	240V	240V	
YY	208V					208V					208V					208V				
44.3 S2 kVA	69	76	80	88	46	63	69	73	80	42	73	81	85	93	49	76	84	88	97	51
kW	55	61	64	70	37	50	55	58	64	33.5	58	65	68	74	39	61	67	70	78	41
44.3 S3 kVA	79	87	92	100	52	72	79	84	91	47	84	92	98	106	55	87	96	101	110	57
kW	63	70	74	80	42	58	63	67	73	37.5	67	74	78	85	44	70	77	81	88	46
44.3 S4 kVA	89	98	103	113	59	81	89	94	103	54	94	104	109	120	63	98	108	113	124	65
kW	71	78	82	90	47	65	71	75	82	43	75	83	87	96	50	78	86	90	99	52
44.3 S5 kVA	99	108	115	125	65	90	98	105	114	59	105	114	122	133	69	109	119	127	138	72
kW	79	86	92	100	52	72	78	84	91	47	84	91	98	106	55	87	95	102	110	58
44.3 M6 kVA	124	135	143	156	76	113	123	130	142	69	131	143	152	165	81	136	149	157	172	84
kW	99	108	114	125	61	90	98	104	114	55	105	114	122	132	65	109	119	126	138	67
44.3 M8 kVA	134	146	155	169	81	122	133	141	154	74	142	155	164	179	86	147	161	171	186	89
kW	107	117	124	135	65	98	106	113	123	59	114	124	131	143	69	118	129	137	149	71
44.3 L10 kVA	148	163	172	188	95	135	148	157	171	86	157	173	182	199	101	163	179	189	207	105
kW	118	130	138	150	76	108	118	126	137	69	126	138	146	159	81	130	143	151	166	84
44.3 L12 kVA	165	179	189	206	105	150	163	172	187	96	175	190	200	218	111	182	197	208	227	116
kW	132	143	151	165	84	120	130	138	150	77	140	152	160	174	89	146	158	166	182	93
44.3 VL13 kVA	180	195	210	225	113	164	177	191	205	102	191	207	223	239	119	200	215	231	250	124
kW	144	156	168	180	90	131	142	153	164	82	153	166	178	191	95	160	172	185	200	99
44.3 VL14 kVA	200	215	230	250	125	182	196	209	228	114	212	228	244	265	133	220	237	253	275	136
kW	160	172	184	200	100	146	157	167	182	91	170	182	195	212	106	176	190	202	220	109

* Values are rounded-off and are subject to change without notice by the manufacturer.

LSA 44.3 - 70 to 200 kVA - 50 Hz / 88 to 250 kVA - 60 Hz

Efficiencias 400 V - 50 Hz (— P.F.: 0.8) (..... P.F.: 1)



LSA 44.3 - 70 to 200 kVA - 50 Hz / 88 to 250 kVA - 60 Hz

Reactances (%). Time constants (ms) - Class H / 400 V

	S2	S3	S4	S5	M6	M8	L10	L12	VL13	VL14
Kcc Short-circuit ratio	0.68	0.59	0.61	0.55	0.45	0.44	0.49	0.44	0.37	0.33
Xd Direct-axis synchro. reactance unsaturated	239	273	258	287	329	323	305	335	343	381
Xq Quadrature-axis synchro. reactance unsaturated	121	139	131	146	167	165	155	171	175	194
T'do No-load transient time constant	2308	2308	2211	2211	2154	2112	2077	2077	2025	2025
X'd Direct-axis transient reactance saturated	10.3	11.8	11.6	12.9	15.2	15.3	14.6	16.1	16.9	18.8
T'd Short-circuit transient time constant	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
X''d Direct-axis subtransient reactance saturated	6.2	7	7	7.7	9.1	9.1	8.8	9.6	10.1	11.3
T''d Subtransient time constant	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
X''q Quadrature-axis subtransient reactance saturated	13.2	15.1	14.5	16.1	18.6	18.3	17.4	19.1	19.7	21.9
Xo Zero sequence reactance	0.43	0.49	0.48	0.54	0.63	0.63	0.61	0.67	0.7	0.78
X2 Negative sequence reactance saturated	9.74	11.13	10.75	11.95	13.89	13.78	13.11	14.42	14.96	16.62
Ta Armature time constant	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15

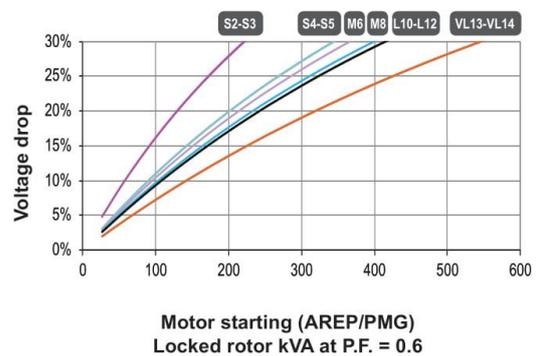
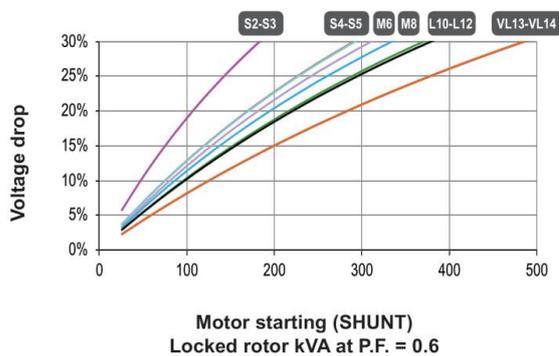
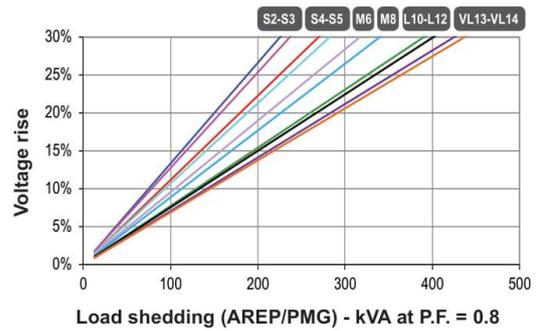
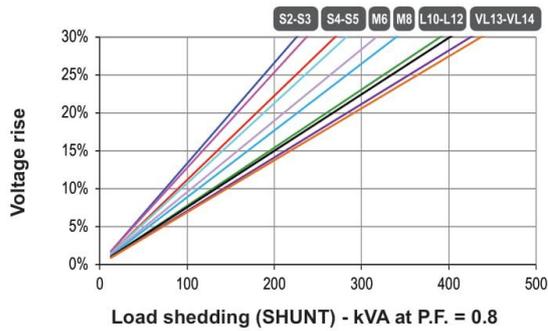
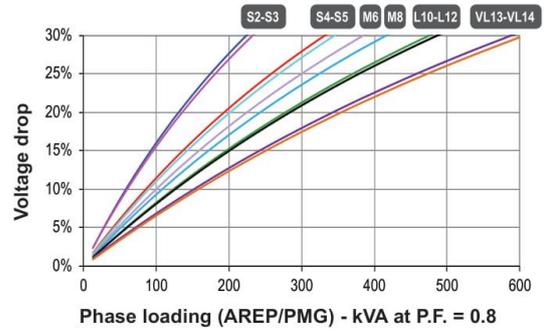
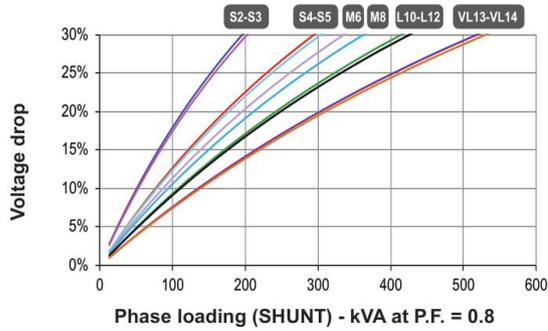
Other class H / 400 V data

io (A) No-load excitation current SHUNT	0.75	0.75	0.73	0.73	0.66	0.62	0.67	0.67	0.78	0.78
io (A) No-load excitation current AREP	0.97	0.97	0.94	0.94	0.85	0.81	0.86	0.86	0.78	0.78
ic (A) On-load excitation current SHUNT	2.07	2.33	2.11	2.31	2.47	2.37	2.45	2.71	3.17	3.53
ic (A) On-load excitation current AREP	2.67	3	2.71	2.98	3.18	3.05	3.15	3.49	3.17	3.53
uc (V) On-load excitation voltage SHUNT	23.1	25.8	26.5	28.9	30.6	29.3	29.9	32.7	16.2	17.9
uc (V) On-load excitation voltage AREP	18.6	20.7	21.3	23.2	24.5	23.5	24	26.3	16.2	17.9
ms Response time ($\Delta U = 20\%$ transient)	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
kVA Start ($\Delta U = 20\%$ cont. or $\Delta U = 30\%$ trans.) SHUNT*	184	184	292	293	310	334	371	379	487	487
kVA Start ($\Delta U = 20\%$ cont. or $\Delta U = 30\%$ trans.) AREP*	222	221	344	344	366	400	414	414	545	545
% Transient ΔU (on-load 4/4) SHUNT - P.F.: 0.8 _{LAG}	13.3	14.5	11.6	12.4	13.8	13.8	13.4	14.3	13	13.9
% Transient ΔU (on-load 4/4) AREP - P.F.: 0.8 _{LAG}	11.8	12.9	10.4	11.1	12.3	12.3	12	12.7	11.6	12.4
W No-load losses	2174	2174	2396	2396	2387	2478	2894	2946	2670	2670
W Heat dissipation	5025	5892	6073	6935	8254	8251	8914	10236	10165	11933

* P.F. = 0.6

LSA 44.3 - 70 to 200 kVA - 50 Hz / 88 to 250 kVA - 60 Hz

Transient voltage variation 400V - 50 Hz



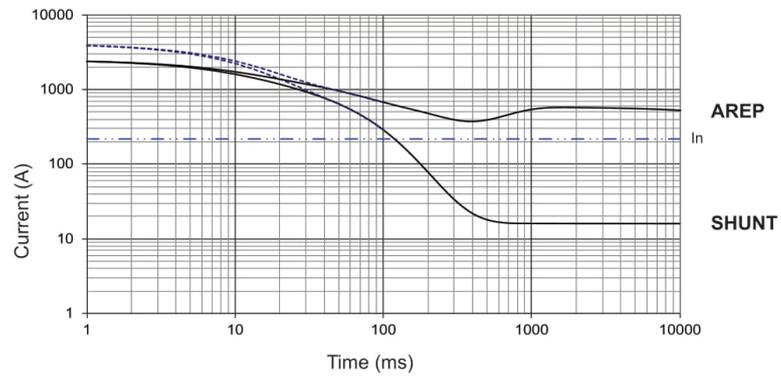
- 1) For a starting P.F. other than 0.6, the starting kVA must be multiplied by $K = \text{Sine P.F.} / 0.8$
- 2) For voltages other than 400V (Y), 230V (Δ) at 50 Hz, then kVA must be multiplied by $(400/U)^2$ or $(230/U)^2$.

LSA 44.3 - 70 to 200 kVA - 50 Hz / 88 to 250 kVA - 60 Hz

3-phase short-circuit curves at no load and rated speed (star connection Y)

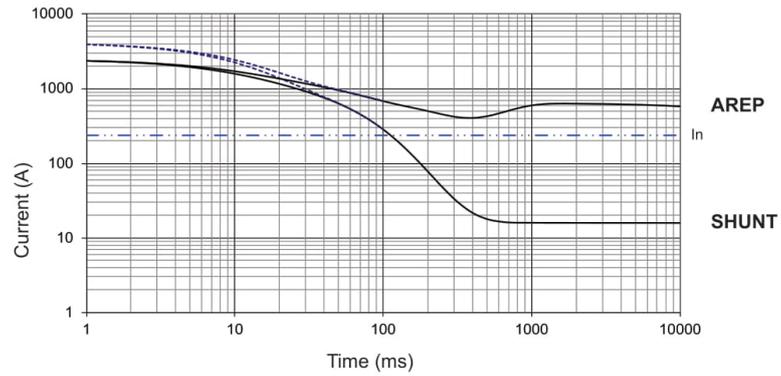
LSA 44.3 L10

Symmetrical —
Asymmetrical - - -



LSA 44.3 L12

Symmetrical —
Asymmetrical - - -



Influence due to connection

Curves shown are for star (Y) connection.

For other connections, use the following multiplication factors:

- Series delta : current value x 1.732 - Parallel star : current value x 2

8 ANEXO III: GENERADOR DEUTZ

La superioridad es la suma de muchos detalles.

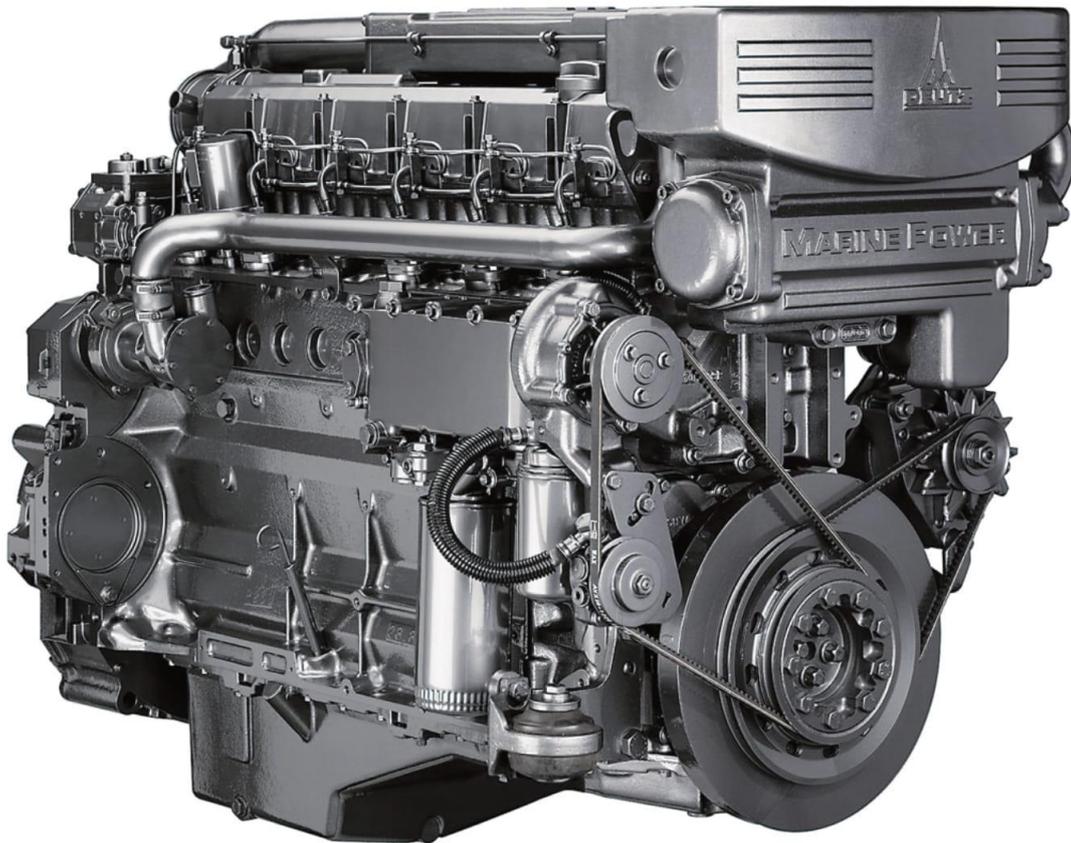
Con una larga tradición marítima y la sólida base de un fabricante de motores líder, los motores DEUTZ son conocidos en todo el mundo como los mecanismos de propulsión de buques de servicio y sus propulsores auxiliares.

Las funciones de los motores principales de buques y los motores de propulsores auxiliares son muy diversas. Las demandas son muy simples: la economía y la seguridad son lo más importante en cada operación.

Para fortalecer aún más la posición de nuestros clientes en el sector marítimo, nos hemos concentrado en el área de motores compactos para la propulsión de buques. La serie 1013M refleja también el "know how" del fabricante de motores DEUTZ en las operaciones marítimas.

Nuestros motores han sido perfeccionados técnicamente e integran los avances más recientes, además de ofrecer la seguridad y fiabilidad en su uso diario que nuestros clientes exigen.

Los motores DEUTZ también definen estándares en cuanto a la rentabilidad. Además de por los más modernos criterios de construcción y su concepción orientada a la práctica, nuestros motores se distinguen por una relación costo-beneficio ejemplar. La alta rentabilidad y el ejemplar nivel de emisiones para la protección del ambiente son parte del estándar DEUTZ.



A3-1 Motor Deutz. Parte I

Características

Motores en serie de cuatro tiempos de 4 y 6 cilindros refrigerados por agua | Turbocargador y tubos de escape refrigerados por agua | Tracción auxiliar por engranajes | Moderno sistema de inyección de alta presión con bomba de inyección individual | Refrigeración del aire de sobrealimentación mediante líquido refrigerante o agua cruda | Dimensiones compactas | Mantenimiento sencillo mediante áreas en un lado del motor

Sus ventajas

- Alta rentabilidad gracias a su bajo consumo de combustible y aceite.
- Su montaje en poco espacio reduce los gastos de instalación.
- El concepto inteligente con componentes de construcción idéntica reduce costos, desde los costos de reparación hasta los de revisión completa.
- Emisión de ruido ejemplar.
- Clasificación por parte de todas las sociedades de clasificación líderes.
- Todos los motores 1013M observan las normas OMI. Los motores con refrigeración de aire de sobrealimentación (MC/MCP) cumplen las normas ZKR (Comisión Central para la Navegación del Rin) II, EU Nivel II (2004/26/EG) así como US-EPA Marine Tier 2.
- Las emisiones de partículas de los tipos de motores MC y MCP son un 30% más bajas que las del límite establecido por el reglamento alemán ZKR II (CCNR).

Descripción de la construcción del motor

Tipo de refrigeración:	1) Refrigeración de dos circuitos como refrigeración indirecta con intercambiadores de calor mediante agua de mar integrados, bomba de refrigerante de circulación, depósito de expansión, termostato y bomba de agua cruda 2) Como refrigeración externa con bomba de refrigerante de circulación y termostatos integrados
Cárter:	Cárter alto de fundición gris; la estructura soporta el montaje en bloque, casquillos de rodadura intercambiables
Ventilación del cárter:	Ventilación cerrada
Cabeza cilíndrica:	Cabezal de fundición gris
Disposición de válvulas/mando:	Una válvula de entrada y una de salida accionadas mediante empujador, parachoques y balancines, accionamiento de árbol de levas mediante ruedas dentadas
Pistón:	Pistón de tres anillos: dos anillos de compresión, un anillo rascador de aceite
Refrigeración del pistón:	Mediante aceite refrigerante rociado por una boquilla
Biela:	De acero forjado
Cigüeñal:	Forjado a martinete con contrapesos integrados
Cigüeñal y cojinete de biela:	Cojinetes de deslizamiento de tres materiales
Árbol de levas:	Árbol de levas de acero
Tubos de escape:	Tubos de escape refrigerados por líquido
Carga:	Turbocargador refrigerado por líquido, motores MC/MCP con refrigeración de aire de sobrealimentación
Amortiguador de la vibración de torsión:	Amortiguador de vibración viscoso
Sistema de aceite de lubricación:	Lubricación de circulación a presión con bomba de rueda dentada, refrigerante del aceite de lubricación integrado en el motor, filtro fino como cartucho de cambio en la corriente principal de aceite de lubricación, filtro doble opcional
Bomba de inyección/ regulador:	Bombas de inyección individual para cada cilindro en el cárter dispuestas con regulador de motor mecánico
Conductos de inyección individual:	Conductos de inyección individual revestidos para inyección a alta presión, opcional
Sistema de combustible:	Bomba de transporte de combustible integrada en el rodillo tensor de la correa trapezoidal, cartuchos de cambio para filtro de combustible, filtro doble opcional
Generador:	Generador de corriente trifásica, 14 V o 28 V, 2 polos
Motor de arranque:	Arranque eléctrico, 12 V o 24 V, 2 polos
Calefacción:	Opciones de conexión para calefacción o calentador de agua en el circuito de refrigeración del motor
Gama de variantes:	Prensador de aire, bombas hidráulicas, volantes, carcasa de conexiones SAE, cubeta de aceite, dispositivos de arranque en frío, filtro de aire, pies de soporte para el motor, motor de arranque, generadores

A3-1 Motor Deutz. Parte II

Datos técnicos

Tipo de motor		BF4M1013M	BF4M1013MC	BF6M1013M	BF6M1013MC	BF6M1013MCP
Número de cilindros		4	4	6	6	6
Calibre/carrera	mm	108/130	108/130	108/130	108/130	108/130
Cilindrada	l	4,76	4,76	7,15	7,15	7,15
Relación de compresión		17,5	17,5	17,5	17,5	17,5

Potencia de motores para buques		BF4M1013M	BF4M1013MC	BF6M1013M	BF6M1013MC	BF6M1013MCP
Del grupo de potencia A						
con 1800 min ⁻¹	kW	—	—	—	—	141
con 1900 min ⁻¹	kW	72	89	108	130	145
con 2300 min ⁻¹	kW	81	102	123	148	166
Del grupo de potencia B*						
con 1900 min ⁻¹	kW	83	103	126	153	169
con 2100 min ⁻¹	kW	—	—	—	—	182
con 2300 min ⁻¹	kW	95	118	130	174	195

Potencia de los grupos de a bordo		BF4M1013M	BF4M1013MC	BF6M1013M	BF6M1013MC	BF6M1013MCP
con 1500 min ⁻¹ – “G” (“N”)*	kW	77 (81)	92 (97)	116 (122)	139 (146)	NA
con 1800 min ⁻¹ – “G” (“N”)*	kW	81 (85)	100 (105)	122 (128)	148 (155)	NA

* Las potencias “B” y “N” no son clasificables.

Grupo de potencia A: Potencia útil bloqueada para funcionamiento continuo temporalmente ilimitado, SCFN (ICFN**) o MCFN según ISO 3046-1. Capacidad > 70 %, tiempo de operación > 3000 horas.

Grupo de potencia B: Potencia útil bloqueada para funcionamiento continuo temporalmente limitado, SCFN (ICFN**) según ISO 3046-1. Capacidad < 70 %, tiempo de operación < 3000 horas.

Potencia de los grupos de a bordo: “G”-Potencia continua, SCXN (ICXN**) o MCXN según ISO 3046-1. Sobrecargable un 10 % por 1 hora dentro de un período de operación de 12 horas.

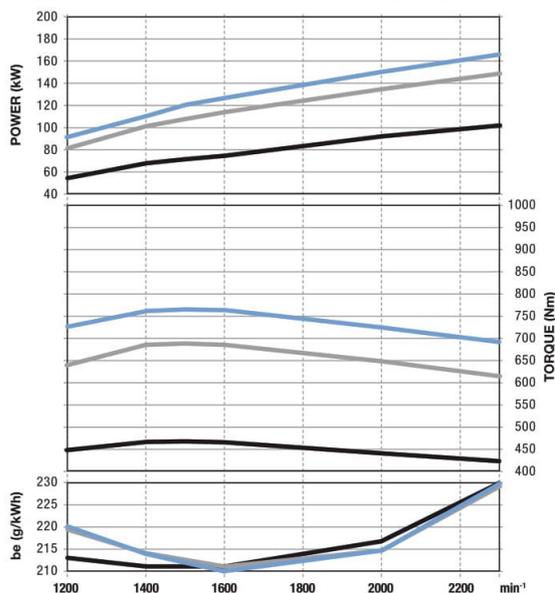
“N”-Potencia continua, SCXN (ICXN**) según ISO 3046-1. Sobrecargable un 5 % por 1 hora dentro de un período de operación de 12 horas. Capacidad media permitida ≤ 80 %.

** Válido para motores sin refrigeración de aire de sobrealimentación (condiciones referentes a la norma)

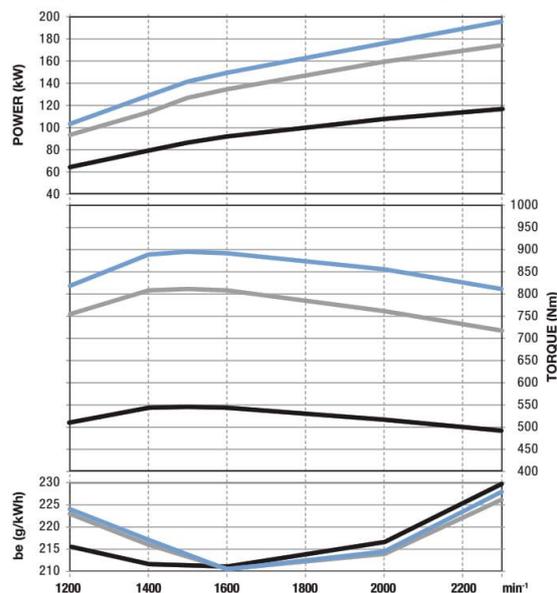
Los datos de esta hoja son sólo informativos y no representan valores vinculantes. Los datos de la oferta son los determinantes.

Curvas de par estándar

Grupo de potencia A 2300 min⁻¹
BF4M1013MC | BF6M1013MC | BF6M1013MCP



Grupo de potencia B 2300 min⁻¹
BF4M1013MC | BF6M1013MC | BF6M1013MCP

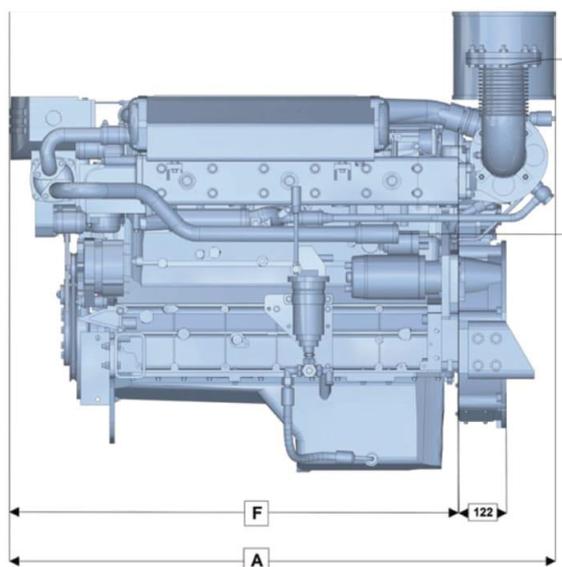


A3-1 Motor Deutz. Parte III

Refrigeración por agua cruda

Dimensiones		BF4M1013M	BF4M1013MC	BF6M1013M	BF6M1013MC	BF6M1013MCP
A	mm	1125	1125	1408	1408	1408
B	mm	666	666	850	850	850
C	mm	1185	1185	1197	1197	1197
D	mm	346	346	360	360	360
E	mm	839	839	837	837	837
F	mm	894	894	1158	1158	1158

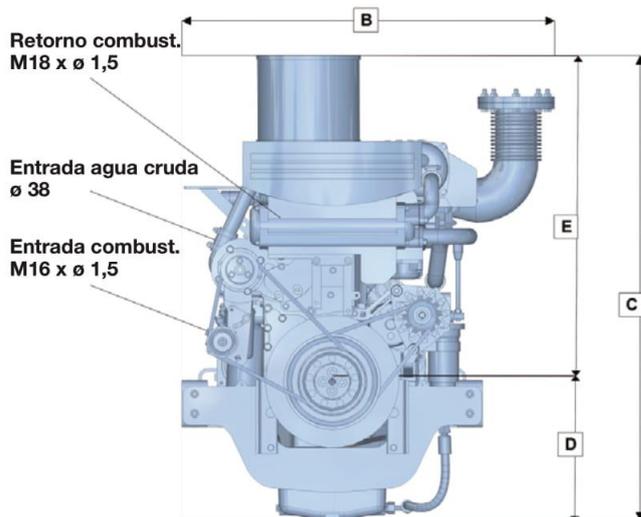
Peso		BF4M1013M	BF4M1013MC	BF6M1013M	BF6M1013MC	BF6M1013MCP
Peso en seco incl. intercambiador de calor		kg	560	580	730	760



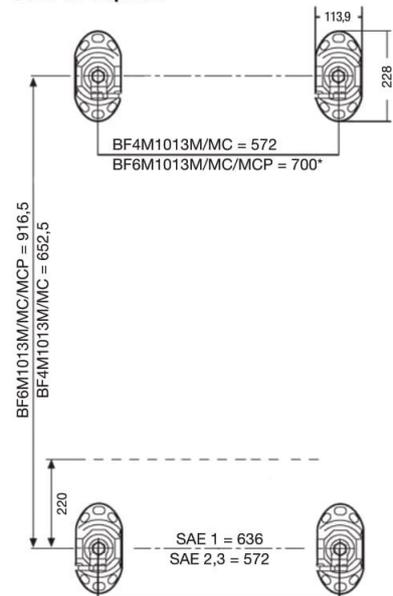
SALIDA de gas de escape

	4 cil.	6 cil.
interior	ø 77	ø 115
exterior	ø 138	ø 196
calibre	4 x ø 14	8 x ø 14

SALIDA de agua cruda
ø 42



Pies de soporte

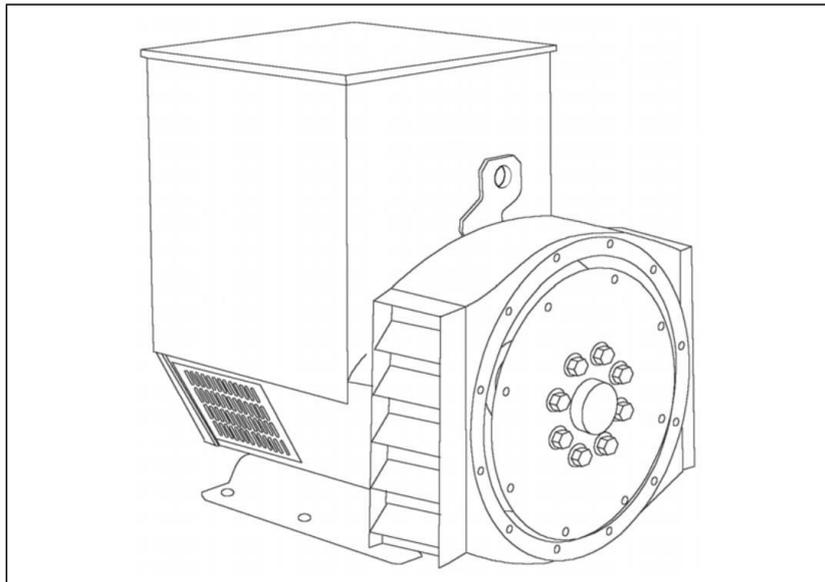


* Gen Motor 6 cil. = 572

A3-1 Motor Deutz. Parte IV



UCM274E - Technical Data Sheet





UCM274E WINDING 311

CONTROL SYSTEM	SEPARATELY EXCITED BY P.M.G.							
A.V.R.	MX321	MX341						
VOLTAGE REGULATION	± 0.5 %	± 1.0 %	With 4% ENGINE GOVERNING					
SUSTAINED SHORT CIRCUIT	REFER TO SHORT CIRCUIT DECREMENT CURVES (page 7)							
INSULATION SYSTEM	CLASS H							
PROTECTION	IP23							
RATED POWER FACTOR	0.8							
STATOR WINDING	DOUBLE LAYER CONCENTRIC							
WINDING PITCH	TWO THIRDS							
WINDING LEADS	12							
STATOR WDG. RESISTANCE	0.0317 Ohms PER PHASE AT 22°C SERIES STAR CONNECTED							
ROTOR WDG. RESISTANCE	1.34 Ohms at 22°C							
R.F.I. SUPPRESSION	BS EN 61000-6-2 & BS EN 61000-6-4, VDE 0875G, VDE 0875N. refer to factory for others							
WAVEFORM DISTORTION	NO LOAD < 1.5% NON-DISTORTING BALANCED LINEAR LOAD < 5.0%							
MAXIMUM OVERSPEED	2250 Rev/Min							
BEARING DRIVE END	BALL. 6315-2RS (ISO)							
BEARING NON-DRIVE END	BALL. 6310-2RS (ISO)							
	1 BEARING				2 BEARING			
WEIGHT COMP. GENERATOR	492 kg				577 kg			
WEIGHT WOUND STATOR	180 kg				180 kg			
WEIGHT WOUND ROTOR	167.5 kg				156.6 kg			
WR ² INERTIA	1.3271 kgm ²				1.2765 kgm ²			
SHIPPING WEIGHTS in a crate	525 kg				539 kg			
PACKING CRATE SIZE	105 x 67 x 103 (cm)				123 x 67 x 103 (cm)			
	50 Hz				60 Hz			
TELEPHONE INTERFERENCE	THF<2%				TIF<50			
COOLING AIR	0.514 m ³ /sec 1090 cfm				0.617 m ³ /sec 1308 cfm			
VOLTAGE SERIES STAR	380/220	400/231	415/240	440/254	416/240	440/254	460/266	480/277
VOLTAGE PARALLEL STAR	190/110	200/115	208/120	220/127	208/120	220/127	230/133	240/138
VOLTAGE SERIES DELTA	220/110	230/115	240/120	254/127	240/120	254/127	266/133	277/138
kVA BASE RATING FOR REACTANCE VALUES	120	120	120	n/a	135	137.5	140	144
X _d DIR. AXIS SYNCHRONOUS	2.01	1.81	1.68	-	2.26	2.06	1.91	1.81
X' _d DIR. AXIS TRANSIENT	0.18	0.16	0.15	-	0.21	0.19	0.18	0.17
X'' _d DIR. AXIS SUBTRANSIENT	0.12	0.11	0.10	-	0.14	0.13	0.13	0.11
X _q QUAD. AXIS REACTANCE	1.31	1.18	1.10	-	1.47	1.34	1.25	1.18
X'' _q QUAD. AXIS SUBTRANSIENT	0.15	0.14	0.13	-	0.19	0.17	0.16	0.14
X _L LEAKAGE REACTANCE	0.07	0.07	0.06	-	0.08	0.07	0.07	0.06
X ₂ NEGATIVE SEQUENCE	0.14	0.12	0.11	-	0.16	0.15	0.13	0.13
X ₀ ZERO SEQUENCE	0.09	0.08	0.07	-	0.09	0.08	0.08	0.07
REACTANCES ARE SATURATED				VALUES ARE PER UNIT AT RATING AND VOLTAGE INDICATED				
T' _d TRANSIENT TIME CONST.	0.032 s							
T'' _d SUB-TRANSTIME CONST.	0.01 s							
T' _{do} O.C. FIELD TIME CONST.	0.85 s							
T _a ARMATURE TIME CONST.	0.007 s							
SHORT CIRCUIT RATIO	1/X _d							

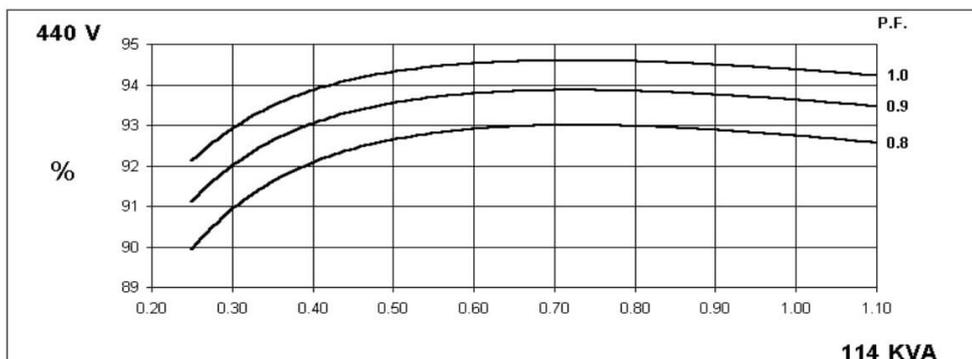
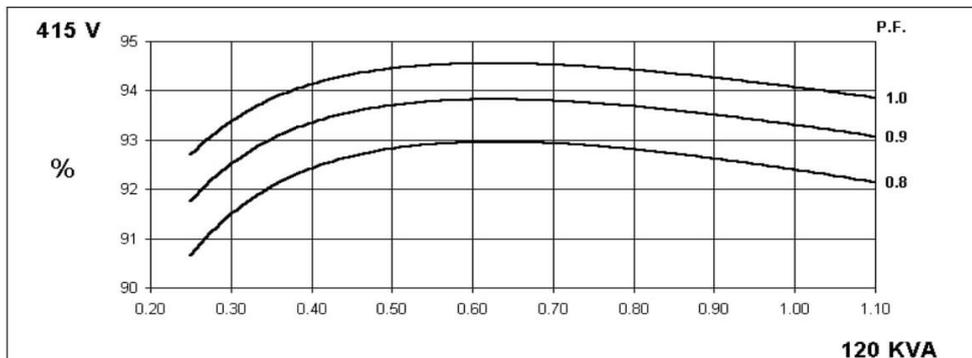
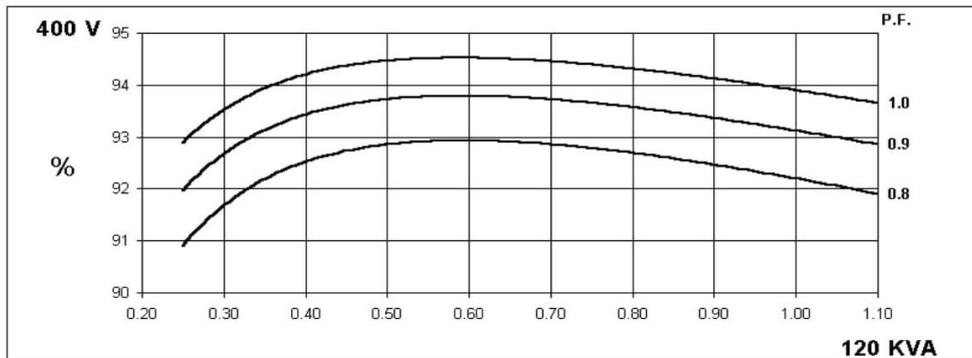
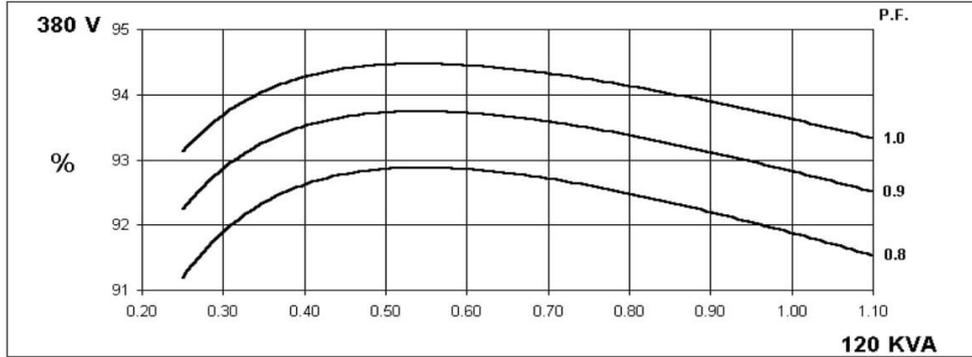
A3-2 Alternador UCM274E. Parte II

**50
Hz**

UCM274E
 Winding 311



THREE PHASE EFFICIENCY CURVES

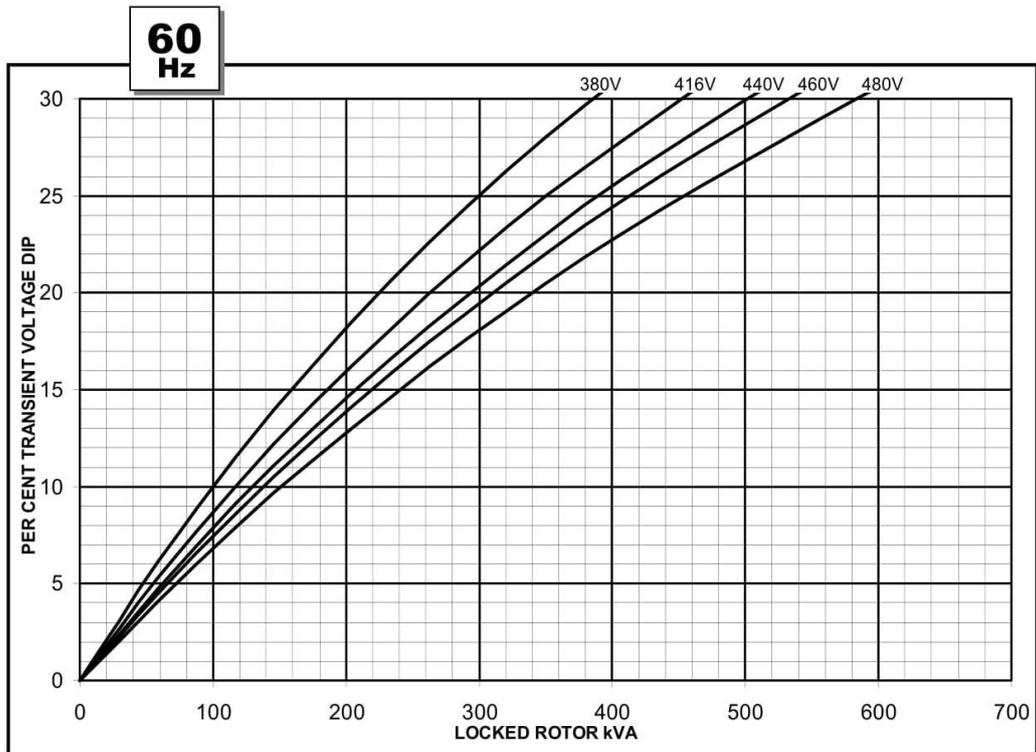
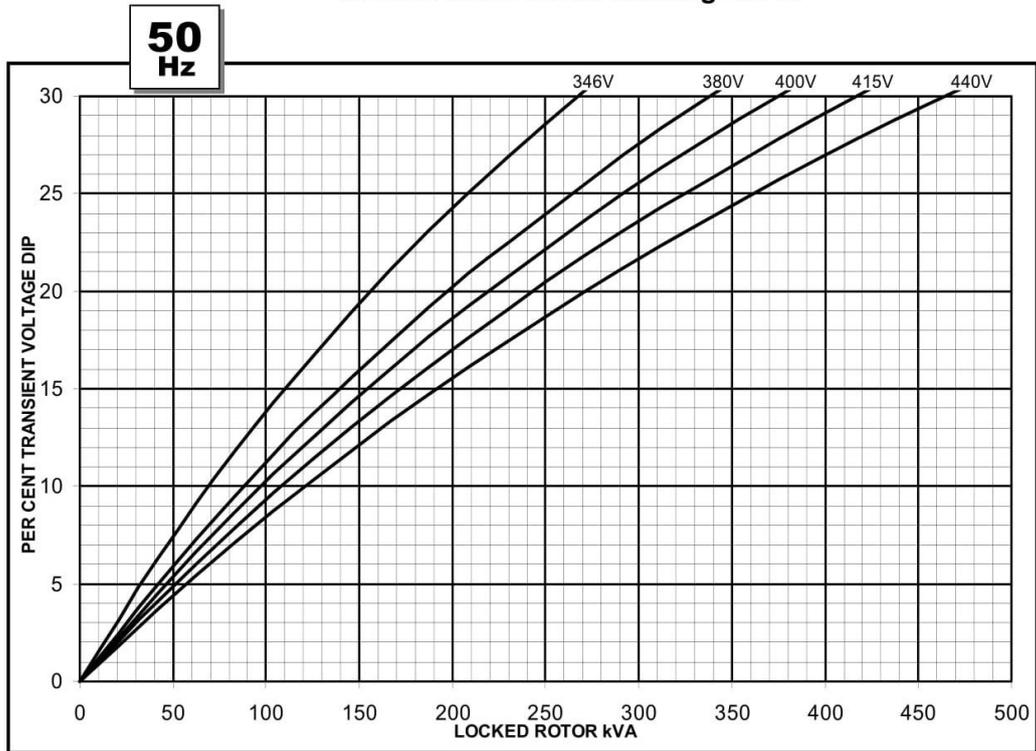


A3-2 Alternador UCM274E. Parte III

UCM274E
Winding 311



Locked Rotor Motor Starting Curve



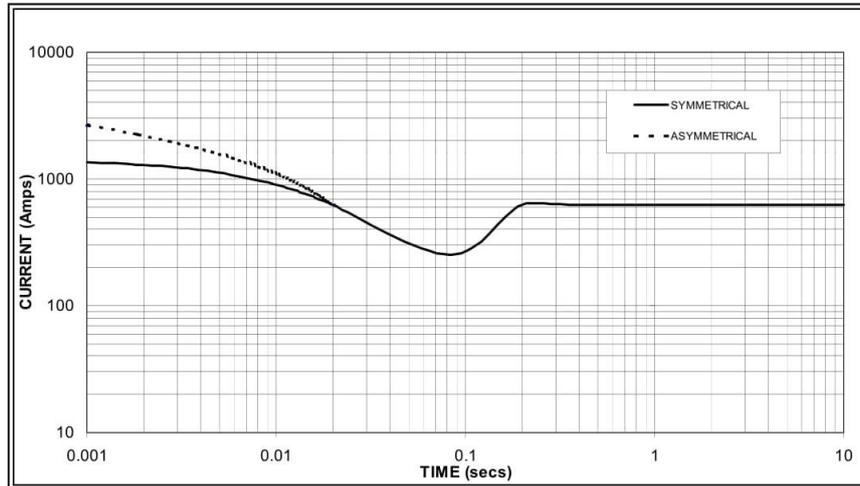
A3-2 Alternador UCM274E. Parte IV



UCM274E

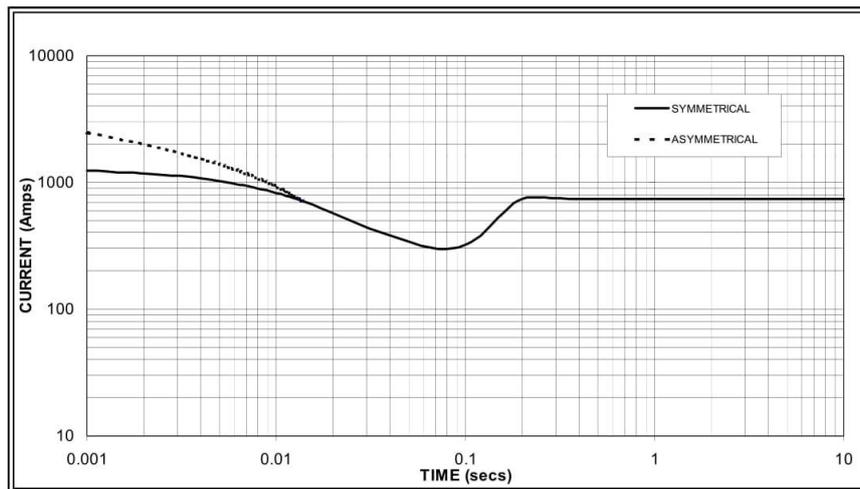
**Three-phase Short Circuit Decrement Curve. No-load Excitation at Rated Speed
Based on star (wye) connection.**

**50
Hz**



Sustained Short Circuit = 630 Amps

**60
Hz**



Sustained Short Circuit = 740 Amps

Note 1

The following multiplication factors should be used to adjust the values from curve between time 0.001 seconds and the minimum current point in respect of nominal operating voltage :

50Hz		60Hz	
Voltage	Factor	Voltage	Factor
380v	X 1.00	416v	X 1.00
400v	X 1.07	440v	X 1.06
415v	X 1.12	460v	X 1.12
440v	X 1.18	480v	X 1.17

The sustained current value is constant irrespective of voltage level

Note 2

The following multiplication factor should be used to convert the values calculated in accordance with NOTE 1 to those applicable to the various types of short circuit :

	3-phase	2-phase L-L	1-phase L-N
Instantaneous	x 1.00	x 0.87	x 1.30
Minimum	x 1.00	x 1.80	x 3.20
Sustained	x 1.00	x 1.50	x 2.50
Max. sustained duration	10 sec.	5 sec.	2 sec.

All other times are unchanged

Note 3

Curves are drawn for Star (Wye) connected machines. For other connection the following multipliers should be applied to current values as shown :

Parallel Star = Curve current value X 2

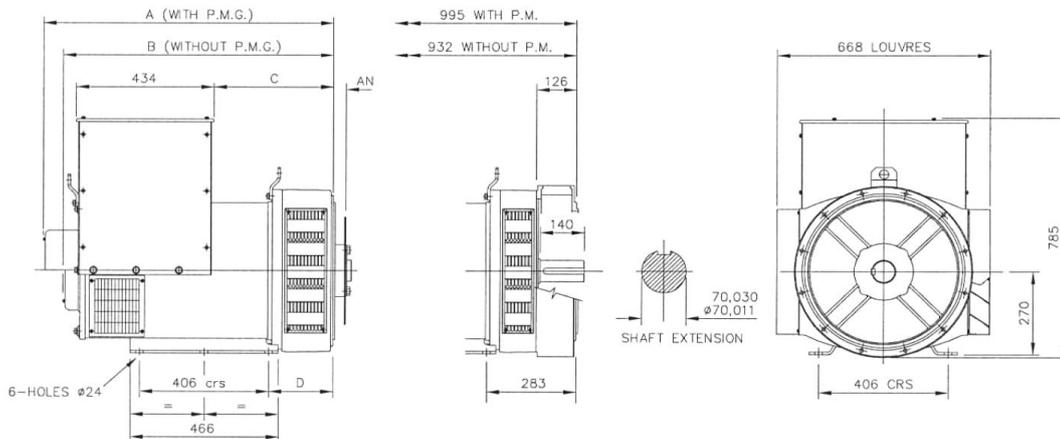
UCM274E
Winding 311 / 0.8 Power Factor



RATINGS

Class - Temp Rise		Cont. E - 65/50°C				Cont. B - 70/50°C				Cont. F - 90/50°C				Cont. H - 110/50°C			
50 Hz	Series Star (V)	380	400	415	440	380	400	415	440	380	400	415	440	380	400	415	440
	Parallel Star (V)	190	200	208	220	190	200	208	220	190	200	208	220	190	200	208	220
	Series Delta (V)	220	230	240	254	220	230	240	254	220	230	240	254	220	230	240	254
	kVA	93.8	93.8	93.8	n/a	100.0	100.0	100.0	n/a	112.5	112.5	112.5	n/a	120.0	120.0	120.0	n/a
	kW	75.0	75.0	75.0	n/a	80.0	80.0	80.0	n/a	90.0	90.0	90.0	n/a	96.0	96.0	96.0	n/a
	Efficiency (%)	92.5	92.7	92.8	n/a	92.4	92.6	92.8	n/a	92.1	92.4	92.5	n/a	91.9	92.2	92.4	n/a
	kW Input	81.1	80.9	80.9	n/a	86.6	86.4	86.2	n/a	97.7	97.4	97.3	n/a	104.5	104.1	103.9	n/a
60 Hz	Series Star (V)	416	440	460	480	416	440	460	480	416	440	460	480	416	440	460	480
	Parallel Star (V)	208	220	230	240	208	220	230	240	208	220	230	240	208	220	230	240
	Series Delta (V)	240	254	266	277	240	254	266	277	240	254	266	277	240	254	266	277
	kVA	105.0	110.0	115.0	115.0	110.0	112.5	118.8	118.8	125.0	131.3	137.5	137.5	135.0	137.5	140.0	144.0
	kW	84.0	88.0	92.0	92.0	88.0	90.0	95.0	95.0	100.0	105.0	110.0	110.0	108.0	110.0	112.0	115.2
	Efficiency (%)	92.6	92.8	92.9	93.0	92.5	92.8	92.9	93.0	92.3	92.5	92.6	92.8	92.0	92.3	92.6	92.7
	kW Input	90.7	94.8	99.0	98.9	95.1	97.0	102.3	102.2	108.3	113.6	118.8	118.5	117.4	119.2	121.0	124.3

DIMENSIONS



SINGLE BEARING ADAPTORS					COUPLING DISCS	
ADAPTOR	A	B	C	D	DISC	AN
SAE 1	928,3	865,3	389,3	216,3	SAE 10	53,98
SAE 2	914	851	375	202	SAE 11,5	39,68
SAE 3	914	851	375	202	SAE 14	25,40



PO Box 17 • Barnack Road • Stamford • Lincolnshire • PE9 2NB
Tel: 00 44 (0)1780 484000 • Fax: 00 44 (0)1780 484100
Website: www.newage-avkseg.com

© 2002 Newage International Limited.
Reprinted with permission of N.I. only.
Printed in England.

TD_UCM274E.GB_11.02_02_GB

A3-2 Alternador UCM274E. Parte VI