

ÍNDICE MEMORIA

Índice memoria	7
Resumen	11
Resum.....	11
Abstract	12
Agradecimientos	13
Capítulo 1: Introducción	14
1.1. Objetivo	14
1.2. Estado del arte	14
1.3. Alcance del proyecto	15
1.4. Características embarcaciones de recreo.....	16
1.5. Normativa aplicable	16
Capítulo 2: Estudio y análisis de la Instalación eléctrica	17
2.1. Introducción.....	17
2.1.1. Embarcaciones de 15 a 24 m de eslora.	19
2.2. Tipología de cargas	20
2.2.1. Iluminación	21
2.2.2. Climatización	22
2.2.3. Navegación	24
2.2.4. Confort	24
2.2.5. Sistemas de aguas	26
2.2.6. Seguridad	26
2.3. Aspectos a considerar.....	27
Capítulo 3: estudio de Alternativas.....	28
3.1. Introducción al Estudio	28
3.2. Estudio distribución	31
3.2.1. Distribución U.....	31
3.2.2. Distribución cables paralelos.....	31
3.2.3. Distribución cable central	32
3.2.4. Distribución cable lateral paralelo.....	32
3.3. Estudio alimentación	32
3.3.1. Estudio tensiones de funcionamiento	33

3.3.2. Estudio generadores	33
3.3.3. Estudio alternadores	34
3.3.4. Estudio baterías	35
3.3.5. Estudio cargador de baterías y regulador de carga	36
3.3.6. Estudio rectificador.....	37
3.3.7. Estudio inversor	37
3.3.8. Transformador de aislamiento	38
3.4. Estudio del cableado y toma de tierra	40
3.4.1. Estudio cableado	40
3.4.2. Estudio toma de tierra	40
3.4.3. Estudio de la instalación de conductores.....	40
3.4.4. Estudio de sub-cuadros	41
Capítulo 4: Solución propuesta	42
4.1. Elección distribución	42
4.2. Elección tensiones de funcionamiento	45
4.2.1. Elección tensión línea corriente continua.	45
4.2.2. Elección tensiones línea corriente alterna	46
4.2.3. Paramenta y tensión de funcionamiento	46
4.3. Elección baterías.....	51
4.3.1. Conexionado baterías	52
4.3.2. Tipos de baterías.....	52
4.3.3. Distribución de las baterías.....	55
4.4. Instalación principal de alimentación	56
4.4.1. Generación.....	57
4.4.2. Carga, regulación y rectificación.....	58
4.4.3. Distribución de la instalación principal de alimentación.....	60
4.5. Número de circuitos	64
4.5.1. Justificación número de circuitos	64
4.6. Elección toma de tierra y cableado	65
4.6.1. Elección conexión toma de tierra	66
4.6.2. Cables de corriente alterna, corriente continua, emergencia, tierra y datos	66
4.7. Instalación de los conductores y ubicación de la instalación	67
4.8. Ubicación sub-cuadros	69
Capítulo 5: Ejemplo de aplicación	71
5.1. Características de la embarcación	71

5.2.	Arquitectura de la instalación	72
5.3.	Componentes y consumos instalados	72
5.3.1.	Iluminación	73
5.3.2.	Climatización	73
5.3.3.	Navegación	74
5.3.4.	Confort	75
5.3.5.	Sistema de aguas.....	76
5.3.6.	Seguridad	76
5.4.	Circuitos y sectorización de la instalación	77
5.4.1.	Circuitos	77
5.4.2.	Ubicación de cuadros y sectorización de la instalación.....	78
5.5.	Instalación eléctrica	80
5.5.1.	Cálculo de potencias previstas.	80
5.5.2.	Baterías	80
5.5.3.	Generadores.....	82
5.5.4.	Tipo y secciones de los conductores	83
5.5.5.	Protecciones	86
5.5.6.	Configuración de sub-cuadros.....	88
5.5.7.	Instalación y ubicación de los conductores	90
5.6.	Sistema eléctrico de generación, alimentación y almacenamiento	96
5.6.1.	Visión global del sistema	96
5.6.2.	Toma de puerto	96
5.6.3.	Transformador de aislamiento	97
5.6.4.	Quattro.....	98
5.6.5.	Link box.....	98
5.6.6.	Cyrix-i	99
5.6.7.	Visor estado baterías	100
5.6.8.	Placa solar para carga de baterías de emergencia	101
5.7.	Resumen de los cálculos	103
Capítulo 6:	Conclusiones y futuras mejoras.....	105
6.1.	Conclusiones	105
6.2.	Futuras mejoras y modificaciones	106
Capítulo 7:	Tendencias	108
7.1.	Actuales	108
7.2.	Futuras.....	108
Capítulo 8:	Referencias.....	109

8.1.	Bibliografía	109
8.2.	Webgrafía	109

RESUMEN

En el presente proyecto se realiza una propuesta de arquitectura de la instalación eléctrica para embarcaciones de recreo con eslora comprendida entre 15 y 24 m, junto con su protocolo de dimensionado.

Debido al gran avance tecnológico en los últimos años, la potencia y los receptores eléctricos instalados en este tipo de embarcaciones han experimentado un aumento considerable. Contrariamente, la instalación eléctrica se ha quedado estancada en el tiempo sin sufrir grandes modificaciones. Esto ha derivado en instalaciones con una masiva utilización del cableado, resultando redes problemáticas para cualquier reparación o modificación.

Mediante la utilización de la arquitectura propuesta se consigue la sectorización de la instalación eléctrica, mejorando la diagnosis y reparación de averías, así como una reducción del número de conductores y paramenta necesaria para la gestión de la energía a bordo.

RESUM

En el present projecte es realitza una proposta d'arquitectura de l' instal·lació elèctrica per a embarcacions d'esbarjo amb eslora compresa entre 15 y 24 m, junt amb el seu protocol de dimensionat.

Degut al gran avanç de la tecnologia dels últims anys, la potència y els receptors elèctrics instal·lats en aquest tipus d'embarcacions han experimentat un augment considerable. Contràriament, l' instal·lació elèctrica s'ha quedat estancada en el temps sense patir grans modificacions. Això ha derivat en instal·lacions amb una massiva utilització de cablejat, resultant xarxes problemàtiques per a qualsevol reparació o modificació

Mitjançant l' utilització de l'arquitectura proposada s'aconsegueix la sectorització de l' instal·lació elèctrica, millorant la diagnosis y reparació d'avaries, així com una reducció del número de conductors y paramenta necessària per a la gestió de l'energia a bord.

ABSTRACT

In this project, it has been designed the installation's architecture for the pleasure boats between 15 and 24m of length.

Due to the technological advantages in the last years, the power and the number of electrical devices have experienced an important growth. Against, the electrical installation has not experienced big changes. This fact has derived in a massive use of wires, being more difficult the problem solving or simply an electrical installation's modification.

By means of the architecture proposed, it has been got an electrical installation's sectoring, improving the diagnostics and breakdown's reparations, as well as reducing the conductor's number and devices needed for the energy administration on board.

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto no se podría haber llevado a cabo sin la colaboración desinteresada de muchas personas. A todos vosotros nuestro más sincero agradecimiento.

De entre todas ellas, queríamos tener un recuerdo especial para las siguientes.

A Rocío y Sonia, por vuestra comprensión y apoyo durante estos duros meses de trabajo, sin vosotras esto no podría haber sido posible.

A nuestros padres, madres y familiares directos por aguantar nuestros malos días. Gracias por la comprensión y ayuda prestada, sin ella esto hubiese sido más difícil.

A Xavi Ribera, por toda la información brindada al inicio del proyecto, por aclarar nuestras dudas y guiarnos sobre el funcionamiento de este tipo de embarcaciones.

A nuestro tutor de proyecto Juan Antonio Ramírez, por su disponibilidad para llevar el proyecto y por su apoyo en todo momento.

Y como no, a todos los compañeros que habéis compartido con nosotros estos años de universidad. En especial a Antonio Ocaña, Noemí Campo, Elcides Carretero, Adrián Reino, Alejandro Bayo, Xavier Corominas, Rubén González, Jordi Costa, Víctor Herrera, Víctor Bernabé, Duane Gázquez, Jaime Fuentes, Javier Castro, Pedro Garós y a todo el resto que habéis aportado un granito de arena para hacer de nosotros unos mejores ingenieros y personas.

CAPÍTULO 1:

INTRODUCCIÓN

1.1. Objetivo

El objetivo del Proyecto de Fin de Carrera es acreditar de forma global la formación adquirida en la Escuela, que justifique la obtención del título de Ingeniero Técnico Industrial en la especialidad Electricidad Industrial. Se trata del desarrollo de un trabajo personal, de profundización y de síntesis dentro del ámbito de conocimientos de los estudios realizados.

El presente proyecto final de carrera, con título *"diseño de una nano-red de generación y distribución eléctrica para embarcaciones de recreo"*, pretende el estudio y diseño de la red eléctrica de potencia para embarcaciones recreativas con una longitud de eslora comprendida entre los 15 y los 24 m.

1.2. Estado del arte

Las embarcaciones han sufrido una gran transformación a lo largo de la historia. Éstas se han utilizado durante miles de años con diversos objetivos, algunos tan básicos como el transporte y poco a poco han ido evolucionando hasta el punto de usarlas con fines comerciales, bélicos, de ocio, etc.

Para satisfacer las necesidades actuales de ocio náutico, las embarcaciones de recreo han experimentado grandes cambios en los últimos años, sobre todo las grandes embarcaciones de recreo (de 15 a 24 m), convirtiéndose en embarcaciones con todo tipo de prestaciones gracias a las mejoras tecnológicas y debido a la demanda de los usuarios.

Todo esto ha inducido a grandes transformaciones en este tipo de embarcaciones para poder suplir las características demandadas, provocando una modernización de las embarcaciones obsoletas y una fabricación de nuevas embarcaciones mucho más complejas por parte de los fabricantes. Estas nuevas embarcaciones se fabrican prácticamente a gusto del usuario final y esto, junto a la falta de

acuerdo por parte de los fabricantes, ha desembocado en la no existencia de una instalación estándar, que facilitaría una unificación de las instalaciones, con las grandes ventajas que esto supondría para el sector.

Esto provoca que las instalaciones actuales dispongan de una gran cantidad de conductores, provocando mangueras extremadamente pobladas de cableado que hacen que la diagnosis y reparación de cualquier tipo de avería resulte muy complicado y requiera siempre la actuación de personal especializado ya que, por norma general, los propietarios no tienen conocimiento ni medios más sencillos con los que poder actuar.

En muchas reparaciones se realizan montajes paralelos a las líneas averiadas debido a la dificultad existente para acceder al cableado deteriorado y poder retirarlo, con lo cual empeora la situación de la instalación y de futuras reparaciones, haciendo que las averías de fácil resolución terminen siendo grandes quebraderos de cabeza incluso para los técnicos especializados, debido al desorden y a la masificación de cables. En algunas embarcaciones esto se está trabajando con instalaciones semejantes a las instalaciones domóticas utilizadas en vivienda, que permiten al usuario con pocos conocimientos en la materia poder diagnosticar el problema e incluso solventarlo.

Esta masificación de cables es debida al aumento progresivo de las cargas eléctricas que una embarcación de este tipo dispone, aumentando el consumo de energía eléctrica a bordo. Este gran consumo debe ser gestionado de manera eficiente para aprovechar toda la energía generada de manera que no se pierda la no consumida en el momento de la generación, pudiendo ser ésta almacenada. De esta necesidad aparece el término micro-red (o nano-red en este caso, debido a su reducido tamaño). Una micro-red tiene el objetivo de realizar una gestión eficiente de la energía, de manera que de toda la energía generada se consuma en el mismo instante parte de ella y la energía sobrante se pueda almacenar para su posterior consumo cuando sea necesario. Además, este tipo de redes favorecen la integración de fuentes de energía de origen renovables con las de origen fósil.

1.3. Alcance del proyecto

El alcance del proyecto es realizar el diseño de una arquitectura para la instalación eléctrica en embarcaciones de recreo con esloras comprendidas entre los 15 y los 24 m, realizando un estudio de las necesidades energéticas para este tipo de embarcaciones junto con la aplicación de la arquitectura escogida de la instalación principal en un ejemplo práctico. Se tendrá en cuenta el futuro inmediato de la tecnología utilizada en las embarcaciones para así obtener una solución mucho más duradera en el tiempo.

El estudio se realizará teniendo en cuenta los diferentes estados en los que puede estar el barco dependiendo de los cuales el origen de la energía eléctrica podría variar según conveniencia.

El proyecto ha sido realizado por Carlos Cortés y Juan Carlos Salvador, donde Carlos se ha centrado en la parte de diseño del tipo de instalación y Juan Carlos en la realización del programa para el cálculo de cargas y consumos dentro de este tipo de embarcaciones, aunque ambos conocen el trabajo total del proyecto.

1.4. Características embarcaciones de recreo

En primer lugar es necesario definir el concepto de embarcaciones de recreo.

Según el artículo 2.1 del RD 1434/1999, del 10 de septiembre:

Se consideran embarcaciones de recreo aquellas de todo tipo, con independencia del medio de propulsión, que tengan eslora de casco comprendida entre 2,5 y 24 m, proyectadas y destinadas para fiscal recreativos y deportivos, y que no transporten más de 12 pasajeros.

Esta definición es corroborada posteriormente por el RD 2127/2004, de 29 de octubre, en su artículo 3.a, ampliando su ámbito a su utilización con fines de lucro o con fines de entretenimiento para la navegación de recreo.

Las embarcaciones de recreo no pueden realizar actividades de transporte de cargas o de pasajeros ni de pesca no deportiva, es decir comercial.

1.5. Normativa aplicable

La normativa aplicable para la realización de éste proyecto es la siguiente:

- PER, por sus siglas "patrón de embarcación recreativa", utilizada como referencia de cara a algunas recomendaciones de seguridad.
- REBT, por sus siglas reglamento electrotécnico de baja tensión, Real Decreto 842/2002 de 2 de agosto de 2002 con sus correspondientes actualizaciones a día de hoy.
- Artículo 55 del REAL DECRETO 1185/2006, de 16 de octubre.
- UNE-EN ISO 10133: 2001 Embarcaciones de recreo. Sistemas eléctricos. Instalaciones de corriente continua a muy baja tensión (ISO 10133:2000).
- UNE-EN ISO 13297: 2001 Embarcaciones de recreo. Sistemas eléctricos. Instalaciones de corriente alterna (ISO 13297:2000).
- EN 60092-507: 2000 Instalaciones eléctricas de los barcos. Parte 507: embarcaciones de recreo (IEC 60092-507: 2000).
- IEC 60529:1989, Grados de protección proporcionados por los aislantes (código IP).
- IEC 60947-7-1:1989, Paramenta baja tensión - Parte 7: Materiales y accesorios -

CAPÍTULO 2: ESTUDIO Y ANÁLISIS DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

2.1. Introducción

La instalación eléctrica en las embarcaciones de recreo ha aumentado considerablemente en los últimos años debido al avance de la tecnología y la demanda de los usuarios, ya que estos buscan que sus barcos de recreo tengan todo tipo de comodidades a bordo.

El aumento de la demanda de este tipo de embarcaciones en la última década y la competitividad existente en el mercado de grandes embarcaciones de recreo ha causado un proporcional aumento de los dispositivos de navegación y confort de éstas, con el objetivo de hacerlas más llamativas para los usuarios.

Para poder realizar un estudio del sistema eléctrico de este tipo embarcaciones se tiene en cuenta la arquitectura actual de estos sistemas tales como la generación, distribución y almacenamiento de la energía eléctrica que forman parte de la instalación principal de alimentación.

En la figura 1 se ha realizado el diagrama de bloques de la instalación eléctrica para llegar a comprender mejor su estructura y los grupos que la forman.

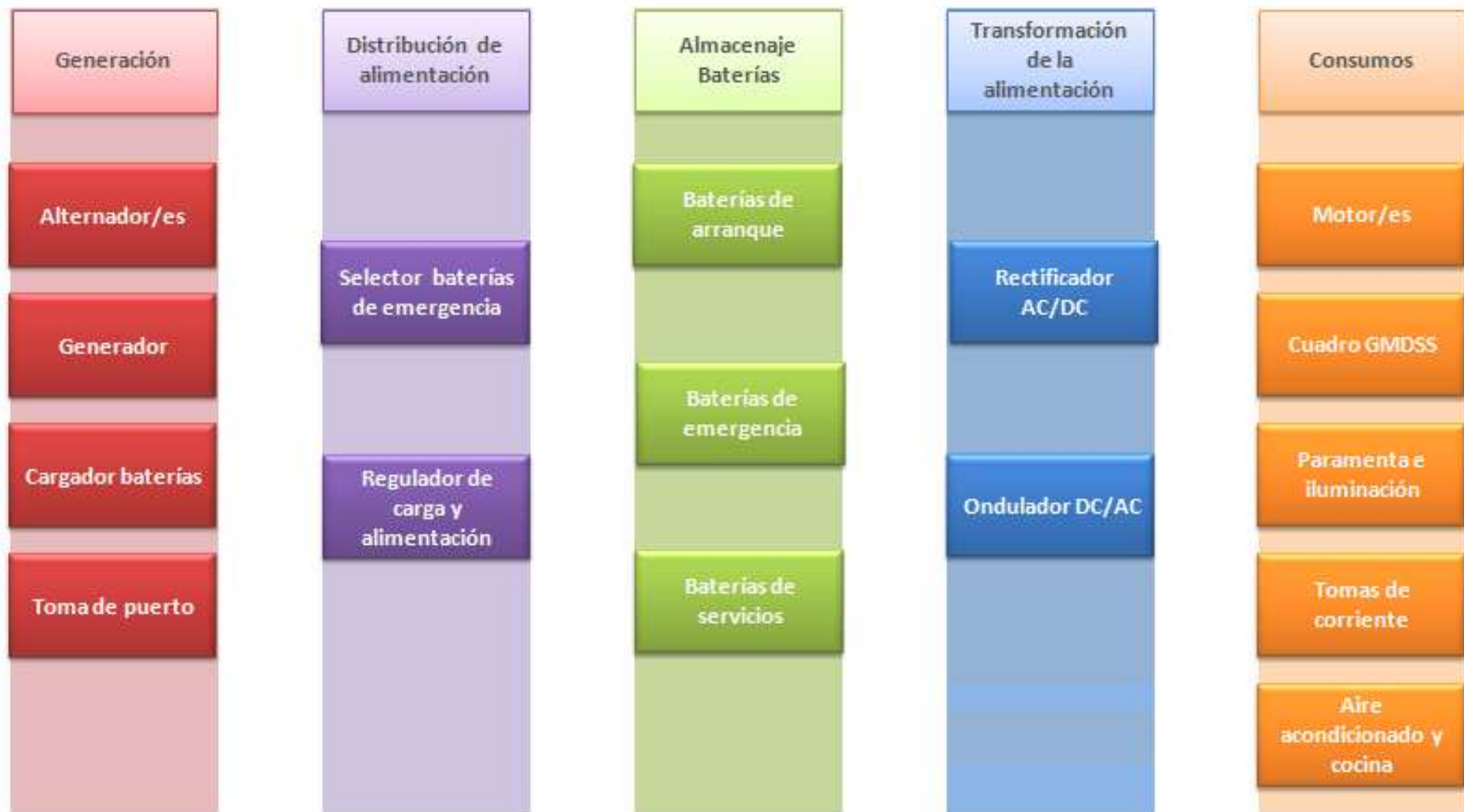


Figura1. Diagrama de bloques del sistema eléctrico

Este tipo de diagrama da una idea de la principal paramenta que componen la instalación eléctrica y determina los sistemas sometidos a estudio en este proyecto.

Todas las embarcaciones actuales contienen prácticamente los mismos dispositivos, únicamente se exponen ya que han sido objeto de estudio en los próximos apartados, este estudio se ha realizado para comprender el funcionamiento y necesidades que requieren este tipo de instalaciones.

Para obtener una referencia más clara en la distribución y un concepto de este tipo de embarcaciones, se ha escogido la gama *Squadron* del fabricante *Fairline*.

2.1.1. *Embarcaciones de 15 a 24 m de eslora.*

La diferencia existente entre las embarcaciones de recreo desde 15 m hasta los 24 m de eslora, en cuanto a instalación y cargas eléctricas se refiere, es prácticamente nula. Solo existe un pequeño incremento de la carga eléctrica debido a la existencia de un camarote y/o baño adicional.

Además, las zonas o compartimentos son más amplios pero esto no repercute prácticamente en la instalación.

Por ello, esto no supone grandes diferencias entre estas dos longitudes de eslora ya que el aumento de receptores eléctricos es muy pequeño en relación al total de los que la embarcación dispone.

La distribución en embarcaciones de 15 m (figura 2) es la siguiente:

1. Bañera
2. *Flybrige*
3. Salón
4. Cocina
5. Sala de maquinas
6. *Bow (solarium)*
7. Cabina de mandos
8. Hall (pasillo)
9. Camarotes
10. Baños



Figura 2. Embarcación de recreo de 15.44m de eslora modelo SQUADRON 50

Fuente: <http://www.fairline.com>

2.2. Tipología de cargas

Para realizar un estudio del sistema eléctrico en este tipo de embarcaciones se ha desglosado en los siguientes sub-sistemas:

- Iluminación
- Climatización
- Navegación
- Confort
- Sistema de aguas
- Seguridad

En este apartado solo se detallan las características de las cargas así como sus posibles tensiones de funcionamiento.

2.2.1. Iluminación

En este apartado se ha considerado la iluminación interior de la embarcación, así como la iluminación de navegación.

Se presentarán los diferentes tipos de iluminación, aunque la elección y las cantidades de luminarias no se han escogido siguiendo un estudio lumínico.

Este hecho no plantea cambios en la instalación principal ni en la generación debido a que el consumo de las luminarias es realmente bajo y prácticamente despreciable comparándolo con la potencia total de la instalación.

En la actualidad en las embarcaciones de recreo se realizan instalaciones de iluminación tipo LED (por sus siglas en inglés "*Light Emitting Diode*") ya que reducen considerablemente el consumo eléctrico y su vida útil es muy superior a las bombillas convencionales.

Hemos distinguido tres tipos de luminarias según su uso: general, cortesía y puntual.

- Iluminación general

Este tipo de iluminación en interiores debe ser suficiente para el reconocimiento y localización de objetos dentro de un habitáculo. Podemos denominarla iluminación general y cada compartimento tendrá la suya, pudiendo encender y apagar la iluminación de cada camarote, lavabo, etc.

- Iluminación de cortesía

Este tipo de iluminación es el que se utiliza para la señalización de objetos o vías, de manera que se hacen imprescindibles para escalones, pasillos o los límites físicos de alguna de las zonas.

- Iluminación puntual

Este tipo de luz se utiliza para la realización de acciones que precisan de una gran intensidad lumínica en un pequeño espacio. Son las utilizadas para lectura o visionado de mapas.



Figura 3. Iluminación LED embarcación.

- Iluminación de navegación

La iluminación de navegación es aquella que permite a la embarcación ser vista por otros patrones, siendo una medida de seguridad imprescindible cuando se

navega de noche. Esta iluminación suele ser de tipo LED con un muy bajo consumo.



Figura 4. Iluminación LED para navegación.

Este tipo de iluminación suele funcionar a corriente continua debido a que son diodos y tienen polaridad. La tensión de funcionamiento de estos dispositivos suele ser de 12 o 24 V en corriente continua.

2.2.2. Climatización

La instalación propuesta tiene el siguiente funcionamiento:

Este sistema está comprendido, como muestra la figura 5, por un circuito de tuberías rellenas de refrigerante que une el *chiller* y los *boilers* con los *fan-coils*. En cada habitáculo se pueden encontrar uno o varios dependiendo de sus dimensiones y son los encargados de enfriar o calentar el ambiente.

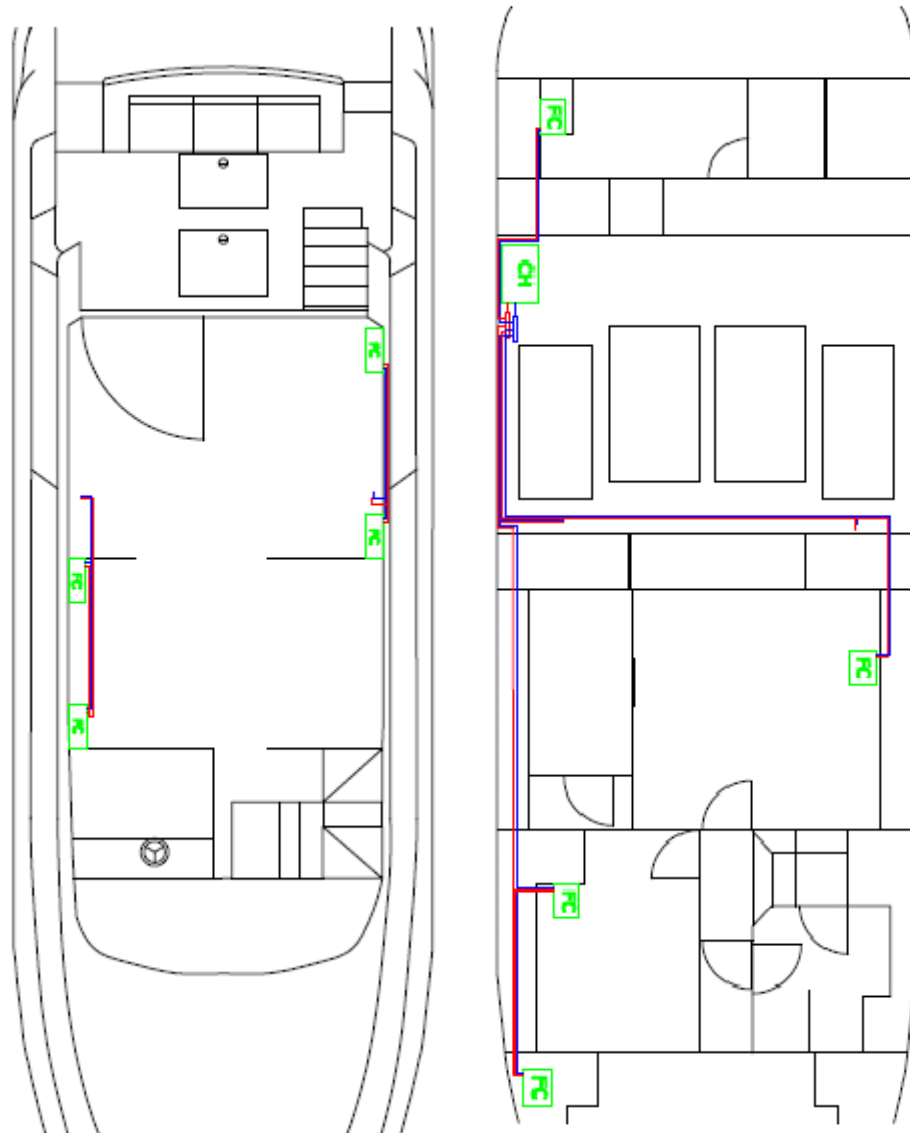


Figura 5. Sistema de HVAC

El *chiller* enfría el refrigerante en verano y los *boilers* lo calientan en invierno, estos nunca trabajan juntos. Su funcionamiento es el siguiente:

El refrigerante sale del *chiller* o de los *boilers* y se hace llegar hasta los fan-coils que son unos serpentines por donde circula el refrigerante que con un ventilador acoplado, impulsan el aire (que pasa a través del serpentín calentándolo o enfriándolo) hacia el interior del habitáculo.

Para refrigerar el condensador del *chiller* se utiliza el agua de mar y solo se hace en verano.

Finalmente la bomba sirve para hacer circular el refrigerante (*freshwater*) en ambos sistemas (invierno y verano).

El control de temperatura del interior del habitáculo se hace mediante el control de la velocidad del ventilador y el termostato. El ventilador lo controla únicamente el usuario y con el termostato solo fija la temperatura deseada. Cuando el aire interior llegue a esa temperatura se acciona una válvula (válvula solenoide) en el *fan-coil* que devuelve el refrigerante a la unidad de tratamiento sin que este circule por el evitando bajar más la temperatura.

Las embarcaciones entre 15 y 24 m suelen llevar un equipo de climatización comprendido entre 25.000 y 80.000 BTU.

2.2.3. Navegación

La embarcación, al ser un medio de transporte, necesita de paramenta para su correcta navegación, emisión y recepción de información, todos ellos imprescindibles para la realización de largas travesías.

Tabla 1. Dispositivos consola

Zona	Elemento
Consola	Display pantalla
	Procesador
	Teclado
	AIS
	Sonda
	Estación meteorológica
	Piloto automático
	Radio teléfono
	Antena satélite
	PLC
	Switch
	Gateway
	Limpiaparabrisas
	Bocina
	Antena radar
	Hélice de proa

2.2.4. Confort

Dentro del apartado de confort se ha tenido en cuenta toda la paramenta que suele instalarse en este tipo de embarcaciones para que la navegación y la habitabilidad sea mucho más confortable. En la tabla 2 semuestran todos los dispositivosque suelen incorporar.

Tabla 2. Tabla de consumos de confort por zonas

Zona	Elemento
BAÑERA	Motor eléctrico para Hard Top
	Tomas de corriente
	Motor pasarela entrada
	Motor enrollador cable puerto

	Kit Satélite TV
BOW (solarium)	Nevera eléctrica de proa
	Molinete de ancla
	Altavoces
SALÓN	TV 32"
	Sistema video CD/DVD
	Altavoces
	Tomas de corriente
CONSOLA	Asiento piloto control eléctrico
CAMAROTE 1	TV 26"
	Radio CD/DVD
	Tomas de corriente
	Altavoces
BAÑO 1	Tomas de corriente
CAMAROTE 2	TV 26"
	Radio CD/DVD
	Tomas de corriente
	Altavoces
BAÑO 2	Tomas de corriente
CAMAROTE 3	TV 26"
	Radio CD/DVD
	Tomas de corriente
	Altavoces
CAMAROTE TRIPULACIÓN	Radio CD/DVD
	Tomas de corriente
	Altavoces
BAÑO TRIPULACIÓN	Tomas de corriente
COCINA/GALERÍA	Nevera 160l
	Congelador 160l
	Vitrocerámica 2 fuegos
	Extractor de humos
	Lavavajillas
	Horno - Microondas
	Tomas de corriente
	Lavadora
SALA MÁQUINAS	Desalinizador (400l/día)

Para toda la paramenta de confort, existen diferentes tensiones de funcionamiento. Para los grandes consumos, tales como los electrodomésticos de cocina, suelen funcionar únicamente en corriente alterna, y normalmente a 230 V. Los electrodomésticos de baja potencia y demás paramenta de confort están disponibles en el mercado tanto en corriente alterna a 230 V como en corriente continua 12 o 24 V.

2.2.5. Sistemas de aguas

Para el correcto abastecimiento de agua potable, la descarga y almacenamiento de aguas residuales se tienen en cuenta los siguientes dispositivos tabla 3.

Tabla 3. Dispositivos de evacuación y suministro de aguas

Zona	Elemento
SALA MÁQUINAS	Bomba agua dulce
	Bomba presión grifos (bomba para 4 grifos)
	Bomba aguas negras y grises
	Bomba de repuesto aguas negras accionamiento Manual
	Bomba achique sala máquinas
	Calentador agua
	Toma corriente
CABINA	Bomba achique cabina
CONSOLA	Bomba achique consola + extra

Este tipo de paramenta, en la mayoría de los casos, está disponible en el mercado en corriente continua con una tensión de 12 o 24 V.

Los grandes consumos, tales como el calentador de agua, suelen suministrarse a una tensión de 230 V en corriente alterna.

2.2.6. Seguridad

Para una mayor seguridad y según el artículo 23 del reglamento de la marina deportiva nacional y otros en embarcaciones de más de 11 m de eslora se deberá instalar 3 extintores de incendio de 4 libras de CO₂o de polvo seco.

Para una mayor prevención en este tipo de embarcaciones se instalan dispositivos de video-vigilancia y radio en la sala de maquinas y consola.

En la tabla 4 se consideran estos dispositivos.

Tabla 4. Consumos de los dispositivos de seguridad

Zona	Elemento
Consola	Cámaras
	Interfono
Sala de maquinas	Cámaras
	Interfono
Popa	Cámaras

Las tensiones de funcionamiento para este tipo de paramenta acostumbran a ser de 12 o 24 V en corriente continua.

2.3. Aspectos a considerar

Con el estudio de la instalación eléctrica se puede comprobar el gran número de dispositivos que llevan instalados este tipo de embarcaciones, las instalaciones actuales provocan un gran número de cables, como se puede ver en la figura 6, esto refuerza la idea de una instalación con un conductor principal con el que disminuiría considerablemente el número de conductores y evitará las caóticas instalaciones actuales.



Figura 6. *Instalación masificada*

Fuente: <http://www.fondear.org>

CAPÍTULO 3: ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

3.1. Introducción al Estudio

Con el estudio de la instalación eléctrica se comprueba el gran número de dispositivos que llevan instalados este tipo de embarcaciones, la no estandarización de la instalación provoca la masificación de conductores, esto lleva, como ya se menciona anteriormente, a que cualquier tipo de avería eléctrica sea demasiado compleja ya que la instalación esta masificada en cuanto a cableado se refiere.

También hay que tener en cuenta que tal masificación de conductores provoca un aumento de peso en la instalación.

Una de las soluciones adoptadas en el mundo del automóvil para mitigar estos problemas se puede observar en el modelo Serie 7 de BMW con la introducción del llamado anillo MOST (de sus siglas en inglés *Media Oriented Systems Transport*) que podemos observar en la figura 7.

La utilidad de este sistema de transmisión de datos es realizar la comunicación entre los diferentes módulos de video, navegación, etc. con mayor rapidez y con la gran ventaja de hacerlo en un único cable de fibra óptica reduciendo notablemente el número de conductores, en este detalle está basado el estudio y la propuesta de la nueva instalación estandarizada.

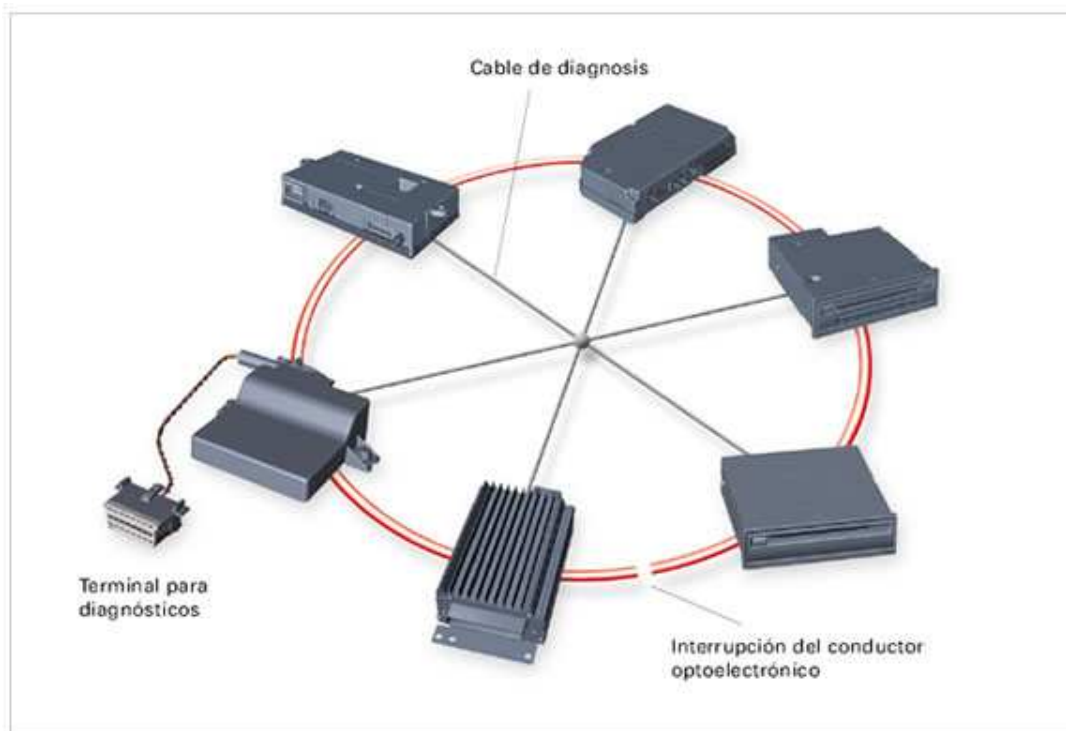


Figura 7. Conexión anillo MOST

Fuente: <http://www.mecanicavirtual.org/can-most-bus.htm>

Se han estudiado también las instalaciones realizadas en las viviendas (figura 8), éstas instalaciones se realizan conectando un cable principal de suministro (acometida) a una serie de sub-cuadros a través de una derivación individual, el número de estos sub-cuadros dependerá del número de viviendas que contenga el edificio.

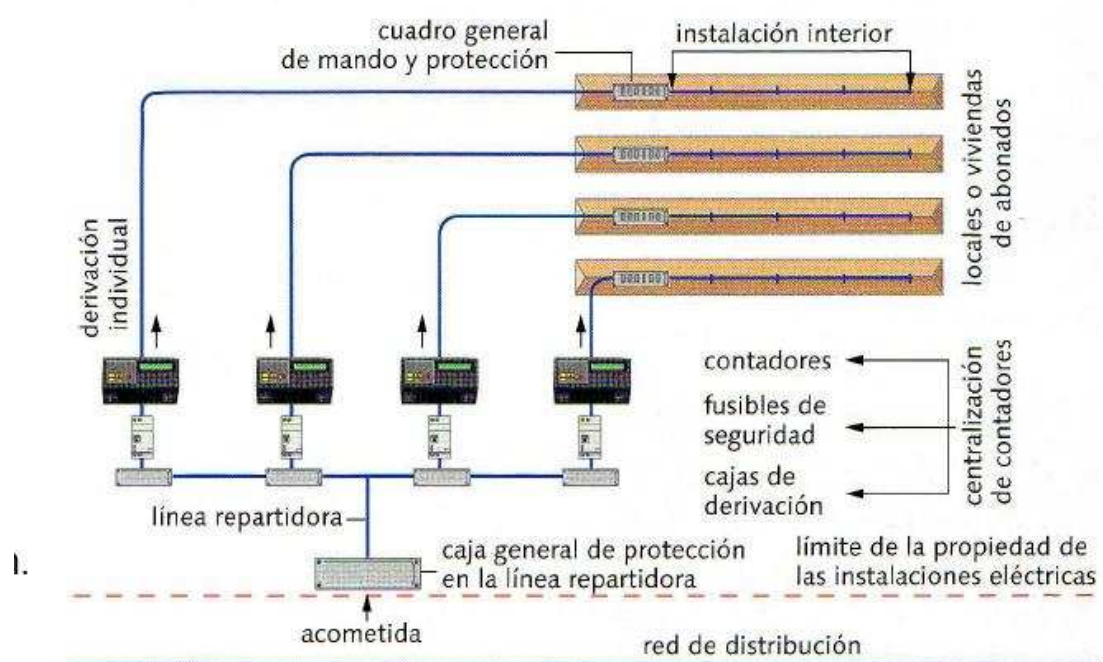


Figura 8. Tipo de instalación en viviendas

Fuente: www.tecnoloxicsnoelia.blogspot.com

Para solventar el problema que tiene el público que utiliza este tipo de embarcaciones en cuanto a la gestión de cualquier avería eléctrica se refiere, se están empezando a introducir en las instalaciones PLCs como se realiza en las instalaciones en viviendas con domótica, los dispositivos instalados permiten el control de cualquier parámetro del barco, así como poder advertir cualquier situación peligrosa que se esté produciendo en su embarcación, tanto a nivel de control como de seguridad.

Estos sistemas se centralizan normalmente en pantallas táctiles (ver figura 9) donde el usuario puede acceder a cualquier zona del barco de una forma muy intuitiva.



Figura 9. Software de control domótico

Fuente: <http://www.nauticexpo.es>

El estudio de distribución, alimentación y cableado se ha realizado de forma paralela ya que para la toma de algunas decisiones se requiere realizar un estudio completo teniendo en cuenta cada una de las temáticas nombradas.

3.2. Estudio distribución

Para realizar el estudio de las diferentes distribuciones se han tenido en cuenta las ideas extraídas de la instalación en viviendas y el automóvil. Derivando en cuatro tipos de distribuciones eléctricas:

- Distribución en U
- Distribución de cables paralelos
- Distribución mediante cable central
- Cable lateral paralelo

Los cuatro tipos de distribuciones ideados pretenden garantizar una longitud óptima del cable principal, sabiendo que a menor longitud mejores prestaciones obtendremos debido a una menor sección del conductor, lo que implica también una reducción de su peso.

Otro de los factores a tener en cuenta en la instalación es la garantía de una diagnosis más sencilla ya que teniendo dividido el sistema por zonas con los sub-cuadros, cualquier tipo de avería estará localizada en una zona específica y, si además se incluyen PLCs, se garantiza una mayor facilidad de manejo de cara a un usuario no experto en el sistema eléctrico de la embarcación.

3.2.1. *Distribución U*

Siguiendo la idea de instalación del anillo MOST se presenta la distribución U (figura 10).

Esta se basa en la presencia de un único conductor que pasa por todo el perímetro de la embarcación dando una vuelta casi completa. Del cable principal se realizarán las conexiones de los sub-cuadros que abastecerán a la embarcación.

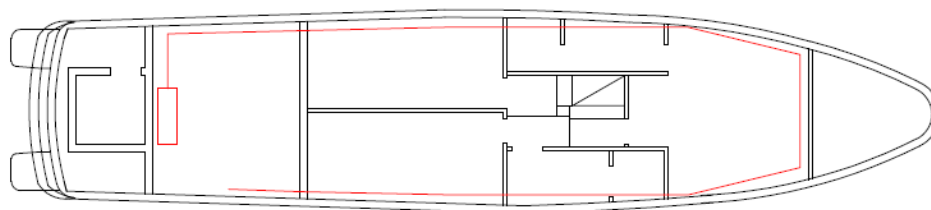


Figura 10. Esquema distribución U

3.2.2. *Distribución cables paralelos*

La distribución de cables paralelos (figura 11) ofrece la posibilidad de dividir circuitos con las ventajas e inconvenientes que esto puede suponer y surge con la intención de mejorar la distribución en U, aunque sin descartarla totalmente antes de la realización de un estudio severo de las diferentes posibilidades propuestas. Tras analizar la distribución en U se observan varios factores a mejorar que llevan a la distribución de cables paralelos, como se puede apreciar en las distribuciones de las embarcaciones en la proa solo tienen un camarote el cual tendría un solo sub-cuadro. Para reducir la longitud del conductor principal

se opta por la siguiente distribución, donde se elimina el cable sobrante que pasaba por toda la proa.

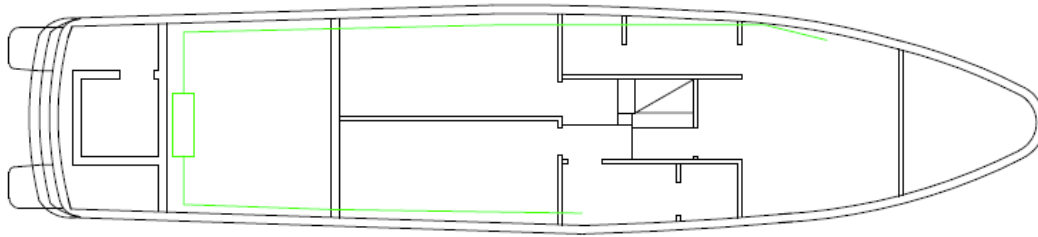


Figura 11. Distribución cables paralelos

3.2.3. Distribución cable central

La distribución de cable central (figura12) surge de la misma idea: reducir la longitud del conductor principal para así reducir la sección y el peso.

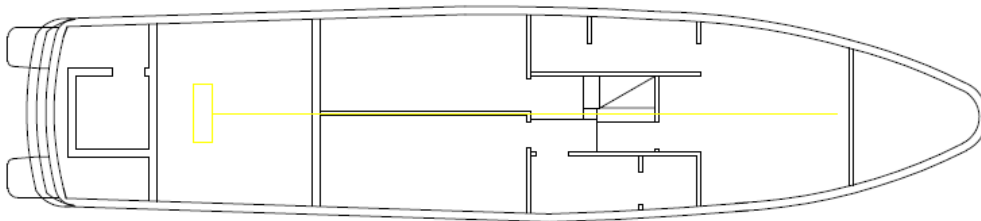


Figura 12. Distribución cable central

3.2.4. Distribución cable lateral paralelo

La distribución de cable lateral paralelo (figura 13) surge a partir de la distribución de cables paralelos pero con el objetivo de reducir la longitud del conductor de uno de los laterales.

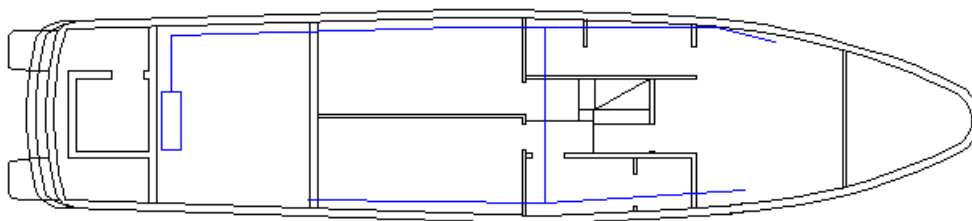


Figura 13. Distribución lateral paralelo

Cada una de estas distribuciones ofrece ventajas e inconvenientes que serán estudiadas en el apartado 4.1 Elección distribución.

3.3. Estudio alimentación

En este apartado se pretende realizar un estudio de las fuentes de alimentación y distribución que contienen este tipo de embarcaciones

En los apartados posteriores se realiza un pequeño estudio sobre toda la paramenta y cableado que se instalan en las embarcaciones de recreo, para poder hacer una elección adecuada en la solución final.

3.3.1. Estudio tensiones de funcionamiento

En la actualidad, como puede apreciarse en el apartado 2.2, prácticamente todo este tipo de embarcaciones trabaja con dos tensiones diferentes de funcionamiento: una en corriente continua con una tensión de 12 V o 24 V y otra en corriente alterna con una tensión monofásica de 230 V.

La necesidad de una instalación en corriente continua viene determinado principalmente por el mercado ya que todos los dispositivos de navegación se alimentan con 12 V o 24 V, debido a que la energía necesaria para el funcionamiento de esta paramenta se extrae de la acumulación en las baterías y éstas solo trabajan de manera directa con este tipo de corriente.

Si la instalación de corriente continua se realizase a otra tensión implicaría la instalación de convertidores de corriente continua.

En cuanto a la instalación de corriente alterna, y debido a que las cargas eléctricas existentes en las embarcaciones de recreo no son excesivamente grandes aunque sí importantes, la tensión de funcionamiento para toda la paramenta de gran consumo será de 230 V en corriente alterna, ya que las cargas necesarias en la embarcación funcionan a esta tensión derivada de la utilizada en las viviendas.

Otra posibilidad para las cargas importantes en corriente alterna sería utilizar una tensión trifásica a 400 V.

3.3.2. Estudio generadores

La elección de generadores se realiza una vez estudiados los cálculos de consumo de las baterías, aire acondicionado, calefacción, etc.

Los generadores instalados (figura 14) en este tipo de embarcaciones vienen totalmente insonorizados para evitar molestias causadas por contaminación acústica a la tripulación.



Figura 14. *Generador insonorizado*

Fuente: <http://www.new.nautiexpo.es>

Los generadores son máquinas eléctricas que, a partir de la energía mecánica, producida por ejemplo mediante un motor de combustión, es capaz de transformar energía mecánica en energía eléctrica, generando una corriente alterna mediante inducción electromagnética. Estos generadores pueden producir corriente monofásica o trifásica.

3.3.3. Estudio alternadores

Para este tipo de embarcaciones el alternador (figura 15) tiene la función de cargar las baterías de arranque de los motores. La potencia de estos viene determinada por los fabricantes pudiendo ser sustituido si así se cree oportuno. Además, una vez cargadas las baterías de arranque, se pueden aprovechar para otros usos.

El alternador genera corriente alterna, pero el puente de diodos que lleva incorporado en su interiorse encarga de convertir la corriente alterna en corriente continua para la carga de baterías.

La tensión de funcionamiento acostumbra a ser de 12 o 24 V en corriente continua.

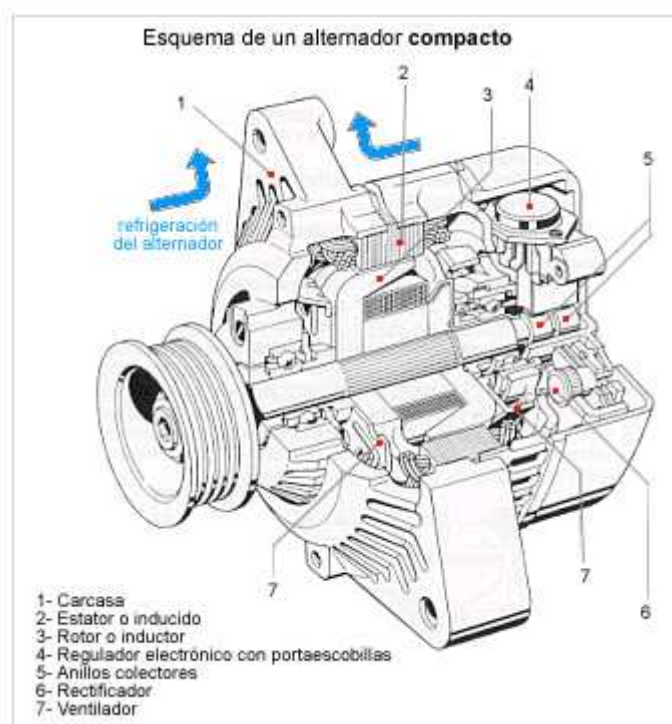


Figura 15. Alternador para embarcaciones.

Fuente: <http://www.grupos.emagister.com/imagen/alternador/1044-163616>

En embarcaciones más pequeñas se instalan alternadores sobredimensionados para así satisfacer también la demanda eléctrica de la escasa paramenta y evitar la instalación de generadores.

3.3.4. Estudio baterías

La tensión de baterías que suelen instalar estas embarcaciones es de 12 V donde la variante son los amperios hora que son capaces de almacenar.

Los tipos de baterías que se instalan son:

- Baterías de ácido: este tipo de baterías se componen de un depósito de ácido sulfúrico y de una serie de placas de plomo colocadas alternadamente. Suelen dar 6V, 12V u otro múltiplo, pero la tensión que suministra cada celda es de unos 2V. Tienen una gran capacidad de corriente que las hacen ideales para los motores de arranque. (actualmente en desuso debido a la nueva gama de baterías de gel y AGM).
- Baterías de gel: las baterías de gel como su propio nombre indica están llenas con electrolito en gel. Gracias a que el electrolito es sólido no puede derramarse si la carcasa de la batería se rompe o vuelca.
- Baterías AGM: en las baterías AGM (*Absorbed Glass Mat*) el electrolito se encuentra absorbido en finas esferas de fibra de vidrio, de manera que nunca fluye de un lado a otro. Las baterías AGM están teniendo gran aceptación en muchas áreas: aplicaciones militares (en aire, mar y tierra), aviación civil, uso náutico tanto en embarcaciones de recreo como profesionales, aplicaciones de almacenamiento de energía (UPS: *uninterruptible powersupply*) e instalaciones fotovoltaicas, y en general cualquier aplicación que requiera unos ciclos de carga-descarga profundos y gran suministro de potencia para el arranque, destacando por su seguridad, eficiencia y larga duración.
- Baterías Litio-ion: Son baterías de iones de litio. Es una tecnología en auge en estos momentos ya que se está utilizando en la industria del automóvil como acumuladores de energía para vehículos eléctricos. Su gran relación Wh/kg hacen que sea una batería a tener en cuenta.

Existen en el mercado baterías de voltajes superiores pero sus prestaciones no son las adecuadas para el uso que en este proyecto se requiere, son baterías con mayor peso y menor capacidad de almacenamiento.

Para obtener los diferentes voltajes o intensidades del grupo de baterías existen diferentes formas de conexión, la conexión puede ser en serie (figura 16), en paralelo (figura 17), o en circuito mixto (figura 18).

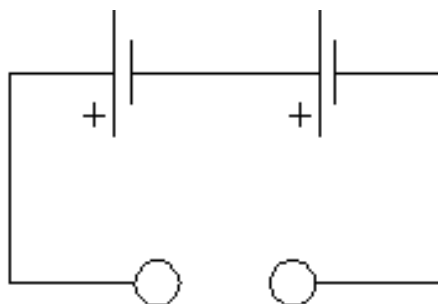


Figura 16. Conexión de baterías en serie

Con la conexión en serie de las baterías se consigue un aumento del voltaje cuyo resultado es la suma de los voltajes de las baterías conectadas sin variar la entrega de amperios.

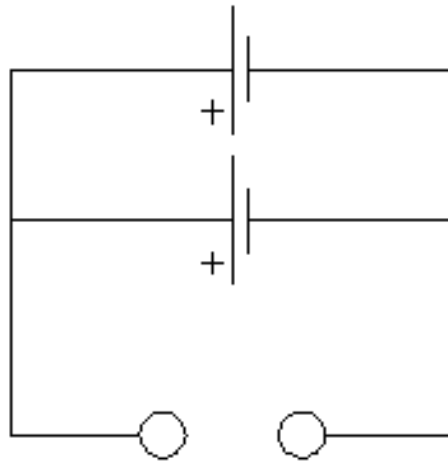


Figura 17. *Conexión en paralelo de baterías*

Con esta configuración el voltaje no varía pero sí el amperaje entregado por el grupo de baterías cuyo resultado es la suma de los amperios hora de las baterías conectadas.

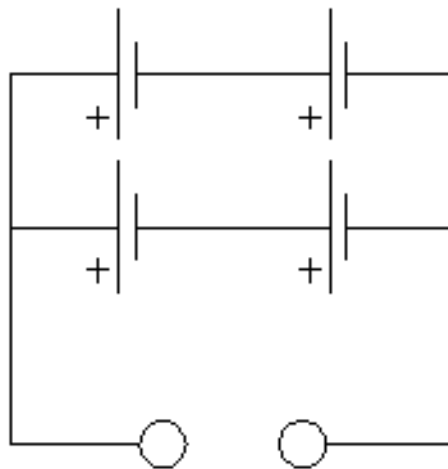


Figura 18. *Conexión en serie-paralelo banco de baterías*

La conexión en serie-paralelo del banco de baterías proporciona el aumento del voltaje con las baterías conectadas en serie y el aumento del amperaje de las baterías conectadas en paralelo.

3.3.5. Estudio cargador de baterías y regulador de carga

Como su propio nombre indica el cargador de baterías (figura 19) es el encargado de mantener los diferentes grupos de baterías con la suficiente carga para el buen funcionamiento del sistema.

Muchos de ellos llevan integrado un regulador de carga para administrar la carga al grupo de baterías que más lo necesite.

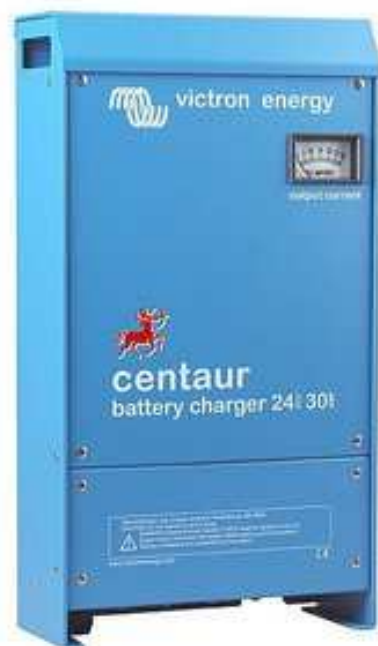


Figura 19. Cargador de baterías con regulador de carga incorporado

Fuente: <http://www.pixelsoler.eu>

El cargador de baterías es alimentado por el grupo electrógeno o la toma de puerto dependiendo en qué estado se encuentre la embarcación.

Cuando los sistemas de alimentación disponen de diferentes grupos de baterías es necesario instalar un regulador de carga. En algunos casos estos reguladores vienen integrados en los cargadores de baterías.

La función del regulador es controlar el estado de carga de las baterías mediante la regulación de la intensidad de carga, para así alargar la vida útil de las mismas protegiéndolas frente a sobrecargas y descargas profundas.

3.3.6. Estudio rectificador

En las embarcaciones existen varios rectificadores, unos vienen ya integrados en los alternadores instalados en los motores, estos rectifican la tensión proporcionada por los alternadores para la carga de las baterías.

El otro tipo de rectificadores que se instalan en este tipo de embarcaciones son los que forman parte del sistema principal de alimentación de la embarcación. Estos son los encargados de rectificar la tensión proveniente de la toma de puerto 230 V en corriente alterna a 12/24 V en corriente continua para alimentar el circuito de paramenta evitando de esta manera que el sistema descargue las baterías.

3.3.7. Estudio inversor

Este tipo de dispositivos se instalan en el sistema principal de alimentación de la embarcación y se utilizan para convertir la salida de las baterías de 12/24 V en corriente continua a 230 V en corriente alterna para así alimentar la diferente paramenta.

La elección de este tipo de alimentación se ha determinado así para evitar el funcionamiento del grupo generador para consumos pequeños, ya que en la mayoría de tomas de corriente rara vez se conectan dispositivos potentes durante un tiempo prolongado, así las baterías proporcionan un consumo moderado de estos dispositivos y si en algún momento la demanda fuera superior se activaría entonces el grupo electrógeno.

3.3.8. *Trasformador de aislamiento*

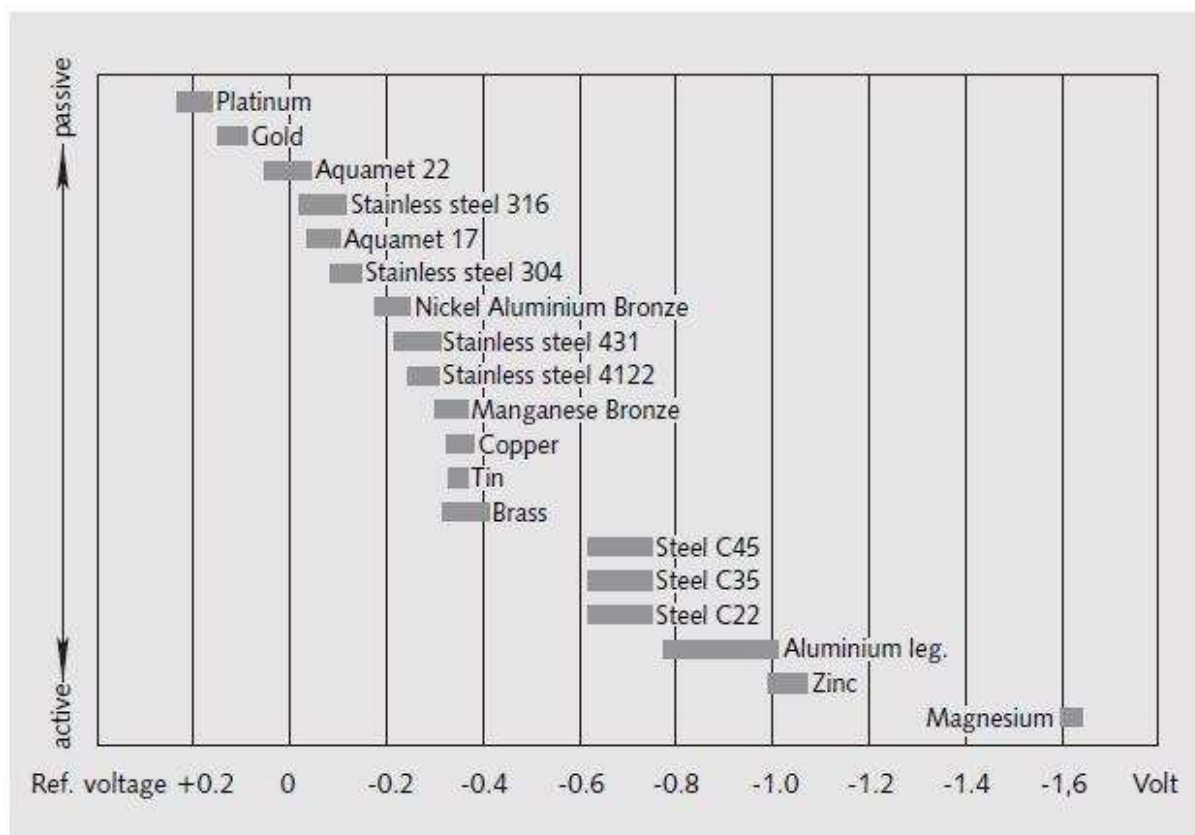
Por razones de seguridad, tanto para proteger la instalación como la propia embarcación, es necesario la instalación de un transformador de aislamiento.

Las funciones principales son:

- Evitar la electrolisis sobre todo en embarcaciones con casco de aluminio o acero.
- Garantizar la correcta conexión a masa del circuito de CA.

Es una consideración vital evitar la corrosión galvánica, esta produce corrosión en metales que se encuentren bajo la influencia de corrientes eléctricas, como puede verse en la tabla 5. Cada tipo de metal tiene diferencias de potencial con respecto a otros metales. Si se sumergen componentes hechos de distintos metales en un conductor liquido y se cortocircuitan, la corriente fluye entre ellos, produciendo corrosión en el metal de menor potencial, llegando incluso a disolverlo completamente.

Tabla 5. Influencia de corrientes eléctricas en diferentes metales



Tal y como puede verse en la figura 20, la conexión a puerto sin transformador de aislamiento provoca electrolisis en la embarcación.

Al no existir separación galvánica entre la toma de corriente de puerto y el circuito de CA de la embarcación, esto puede provocar una corriente de corto circuito debido a la conductividad del agua marina que deteriorara las partes metálicas de la embarcación tales como el casco y las conexiones eléctricas.

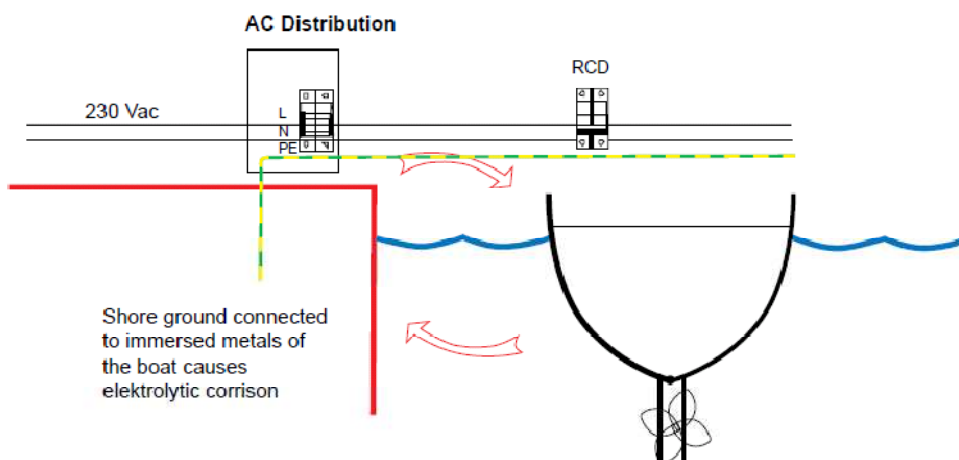


Figura 20. Embarcación sin transformador de aislamiento

Fuente: <http://www.victronenergy.com.es>

Con la instalación del transformador de aislamiento (figura 21) se garantiza el correcto funcionamiento de la instalación y se evita la electrolisis que pueda sufrir la embarcación.

Se garantiza la separación galvánica necesaria entre la toma de corriente de la alimentación de puerto y el circuito de CA instalada a bordo, previniendo la corrosión eléctrica de las piezas metálicas de la embarcación.

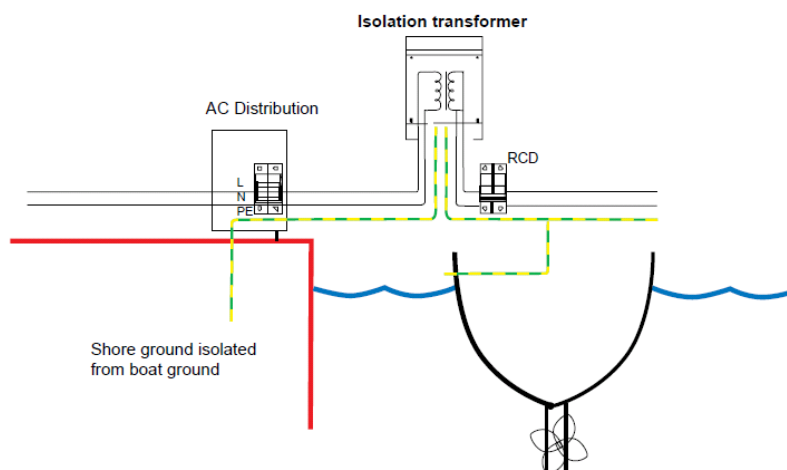


Figura 21. Embarcación con transformador de aislamiento

Fuente: <http://www.victronenergy.com.es>

3.4. Estudio del cableado y toma de tierra

En este apartado se pretende solucionar todo lo relacionado con el cableado a instalar, la puesta a tierra de los elementos eléctricos de la embarcación y la conexión a la toma de puerto.

3.4.1. *Estudio cableado*

Tal y como establece la ITC-BT 42 REBT los conductores a utilizar en este tipo de instalaciones serán conformes a la norma UNE 21166 o UNE 21027-16.

Los cables utilizados serán aislados y de sección adecuada al servicio que prestan.

El aislamiento de los cables será resistente al agua de mar, a los aceites, a los hidrocarburos y no propagará las llamas. Los que estén expuestos a la acción solar tendrán una cubierta exterior insensible a la radiación ultravioleta.

La elección de la sección de cableado se realiza según REBT (ICT-BT-19), así como la tabla A1 de la ISO 13297:2000, escogiendo la más restrictiva.

3.4.2. *Estudio toma de tierra*

La toma de tierra se realizará según la ITC-BT-42 del REBT, pudiendo escoger cualquier esquema de protección de tierra siguiendo:

Cualquiera que sea el esquema utilizado, la protección debe estar asegurada por un dispositivo de corte diferencial-residual. En el caso de un esquema TN, se utilizará sólo la variante TN-S.

Se dispondrá de una toma de masa en contacto permanente con el mar en instalaciones de categoría By en caso de combustibles del grupo 1. Todas las partes metálicas de los aparatos de estas instalaciones estarán permanentemente conectados a esta masa de manera eficaz. Los dispositivos de toma de masa serán de tipo adecuado.

De acuerdo con las tensiones de alimentación, las instalaciones eléctricas se clasifican en dos categorías:

—Categoría A: tensiones iguales o inferiores a 50 voltios.

—Categoría B: tensiones superiores a 50 voltios.

Clasificación de los combustibles.

Los combustibles utilizados a bordo de embarcaciones de recreo, se clasifican en dos grupos:

Grupo 1: combustibles líquidos cuyo punto de inflamación sea inferior a 55°C, comprende las gasolinas, querosenos, alcoholes, etc.

Grupo 2: combustibles líquidos cuyo punto de inflamación sea igual o superior a 55° C, comprende el gas-oíl, fuel-oíl, etc.

Reglamento Patrón Embarcación Recreativa.

La puesta a masa se hará por medio de cables de sección amplia y protegidos.

3.4.3. *Estudio de la instalación de conductores*

Para realizar el estudio de la instalación de conductores hay que tener presente la ubicación de los conductores principales ya que la embarcación consta de diferentes alturas, la correcta elección de esta podrá dotar a la instalación con líneas más cortas con todas las ventajas que ello comporta.

También se tendrá en cuenta el tipo de sujeción ya que las instalaciones en las embarcaciones no son instalaciones fijas dado por el movimiento continuo tanto navegando, varada o amarrada en puerto sin una buena sujeción, los

conductores podrían sufrir un desgaste excesivo en sus coberturas provocando averías indeseadas.

La instalación de conductores será según el punto 11 de la ISO 13297:2000.

3.4.4. *Estudio de sub-cuadros*

En las embarcaciones actuales se dispone de un cuadro general (figura 22) normalmente ubicado en la sala de maquinas. Este tipo de cuadros son muy parecidos a los instalados en las viviendas aunque difieren en la estanqueidad de los mismos, quedando así protegidos contra la humedad ya que en este tipo de instalaciones es de vital importancia.



Figura 22. Cuadro principal embarcación Squadron 55.

Fuente: <http://www.fairline.com>

La instalación estudiada en este proyecto determinará la cantidad de sub-cuadros y su ubicación.

CAPÍTULO 4: SOLUCIÓN PROPUESTA

4.1. Elección distribución

Una vez presentadas las posibilidades de mejora de la instalación eléctrica, las cuatro distribuciones a estudio (figura 23) se han evaluado en la tabla 8.

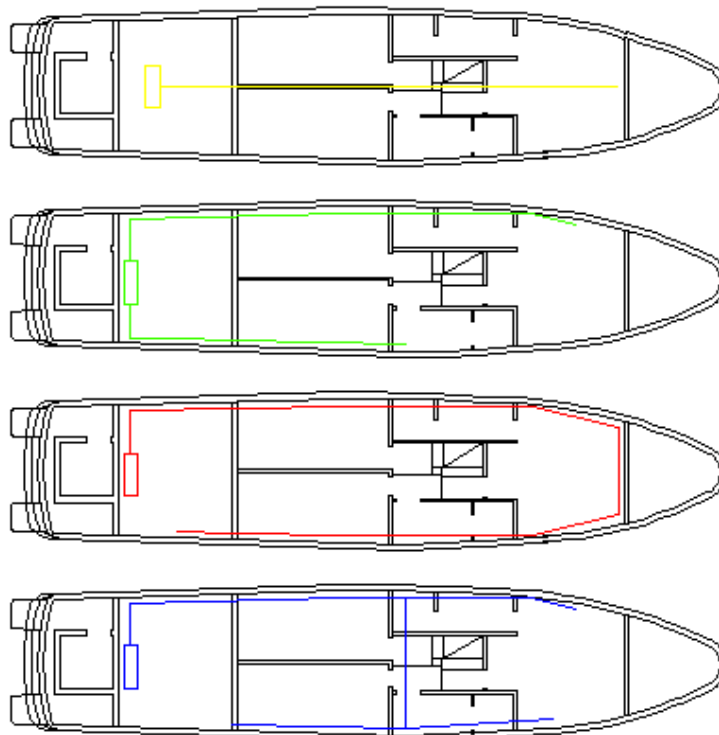


Figura 23. *Distribuciones a estudio*

Para poder determinar qué distribución de las propuestas cumple mejor las características de la instalación que se quiere diseñar, se ha confeccionado una

escala de valores para poder cuantificar que características cumplen cada una de las distribuciones.

Para poder crear la escala que diferencie las características principales de las diferentes distribuciones se ha realizado un estudio de los factores que afectarían a la instalación, estos datos se han representado en la tabla 7. Entre las características cuantificadas en la tabla, se encuentra la de pesos de los conductores, que se puede observar en la tabla 6.

Los cálculos de peso se han realizado para el cableado de corriente continua en las diferentes tensiones. Para el cableado de corriente alterna no se ha tenido en cuenta esta condición ya que al trabajar a tensiones de funcionamiento superiores, disminuye considerablemente la sección del cableado, siendo su peso prácticamente despreciable.

Tabla6. Tabla secciones y pesos de los conductores

CABLE EN U	30 m	Sección Total	Peso (kg)
	Sección a 12V	363,05	97,59
	Sección a 24V	90,76	24,40
	Sección a 36V	40,34	10,84
	Sección a 48V	22,69	6,10
2 CABLES PARALELOS	15 m	Sección Total	Peso (kg)
	Sección a 12V	90,76	12,20
	Sección a 24V	22,69	3,05
	Sección a 36V	10,08	1,36
	Sección a 48V	5,67	0,76
	8 m	Sección Total	Peso (kg)
	Sección a 12V	48,41	3,47
	Sección a 24V	12,10	0,87
	Sección a 36V	5,38	0,39
	Sección a 48V	3,03	0,22
	TOTAL 2 CABLES PARAL.		Suma pesos (kg)
	Sección a 12V		15,67
	Sección a 24V		3,92
	Sección a 36V		1,74
	Sección a 48V		0,98
CABLE CENTRAL	15 m	Sección Total	Peso (kg)
	Sección a 12V	181,53	24,40
	Sección a 24V	45,38	6,10
	Sección a 36V	20,17	2,71
	Sección a 48V	11,35	1,52
CABLE LATERAL PARALELO	20 m	Sección Total	Peso (kg)
	Sección a 12V	145,22	19,52
	Sección a 24V	36,31	4,88
	Sección a 36V	16,14	2,17
	Sección a 48V	9,08	1,22

A continuación en la tabla 7, se muestran los valores seleccionados para puntuar las características a tener en cuenta en la selección de la tipología de la instalación.

Negativa o nula = 1

Positiva = 2

Muy positiva = 3

Tabla 7. Tabla estudio distribución

Características/Tipología	Tipo U	Cables paralelos	Cable central	Cable lateral paralelo
Longitud cable	1	2	3	2
Distancia a sub-cuadros	3	3	1	3
Coste cable principal	1	2	3	2
Peso cable principal	1	2	3	2
Coste cables a sub-cuadros	3	3	1	3
Peso cable a sub-cuadros	3	3	1	3
Separación de circuitos	1	3	1	2
Suma	13	18	13	17

Por lo tanto, la tipología escogida es la conocida como cables paralelos (figura 24).

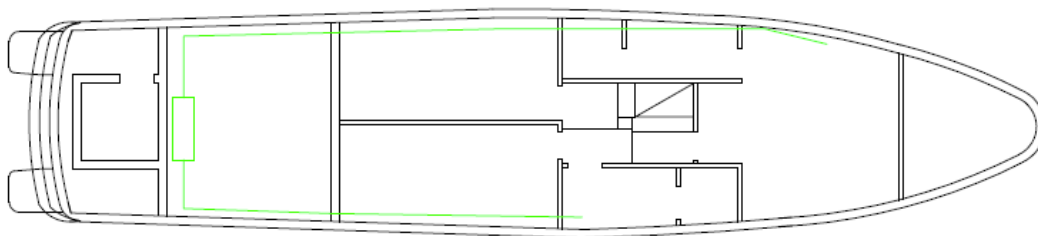


Figura 24. Distribución cables paralelos

Esta distribución proporciona una longitud de cable menor y una reducción de la sección debido a la división de cargas, ya que al quedar la instalación dividida en dos zonas, estribor y babor. Cada cable alimentara solo a 2 o 3 sub-cuadros dependiendo de la embarcación, con las distribuciones en U y cable central había un único conductor con lo que este alimentaria a los 5 o 6 sub-cuadros de la instalación y la intensidad que circularía por el sería mucho mayor, aumentando considerablemente la sección e influyendo directamente sobre el peso de la instalación.

Además, la separación de los circuitos permite poder localizar las averías más rápidamente, se reduce la longitud de cable con respecto a la configuración de la topología en U y se reduce la distancia entre el cable principal y los sub-cuadros con respecto a la configuración del cable central. Todos estos parámetros estudiados se han representado en la tabla 7.

Otra ventaja en este tipo de instalación es que esta queda dividida en dos ramales, si cualquiera de los dos tuviera una avería solo dejaría de funcionar una parte del sistema mientras que con los otros modos de distribución dejaría de funcionar todo el sistema desde el punto donde se encuentra el fallo.

4.2. Elección tensiones de funcionamiento

Aunque en el presente proyecto las diferentes elecciones están presentadas en diferentes apartados, la elección y estudio de todos ellos se ha realizado en paralelo ya que toda elección influye en las demás.

4.2.1. Elección tensión línea corriente continua.

Cabe destacar la necesidad actual de la utilización de una línea de corriente continua debido a que la mayoría de paramenta necesaria para navegación funciona entre los 10 V y 50 V en corriente continua, siendo algunos aparatos restrictivos al uso de 12 o 24 V. Este hecho implica la utilización de una línea de corriente continua.

Para la elección de la tensión de corriente continua se ha tenido en cuenta el tipo de baterías que se instalará en la embarcación.

Como este tipo de baterías es de 12 V, las tensiones que se pueden obtener son 12, 24, 36, 48V y sus múltiplos.

Para realizar el estudio se han tenido en cuenta los factores representados en la tabla 8 dando la puntuación siguiente según sus características positivas o negativas del siguiente modo:

0 = mala o nula

1=buena

Tabla 8. Estudio de los diferentes voltajes de funcionamiento en CC.

Ventajas/inconvenientes	Instalación a:				
	12 V	24 V	36V	48V	>48V
Compatibilidad directa con receptores	1	1	0	0	0
Peso cableado	0	1	1	1	1
Peso, peor rendimiento y precio añadido debido a convertidores	1	1	0	0	0
Total	2	3	1	1	1

Dado que la mayoría de paramenta existente en el mercado actual trabaja a tensiones de 12/24 V, el realizar la instalación a tensiones diferentes implicaría una complejidad mayor de la instalación y un peor rendimiento ya que se deberían instalar reductores de tensión.

Como se puede apreciar en la tabla 9, los pesos de los conductores dependiendo de la tensión de funcionamiento escogida muestran una reducción de peso considerable entre 12 V y 24 V, pero a partir de aquí la pérdida de peso entre los diferentes voltajes es prácticamente despreciable considerando el peso total de la embarcación.

Tabla 9. Tabla del peso de los conductores según sección.

TOTAL 2 CABLES PARALELOS	SUMA DE PESOS (kg)
Sección a 12 V	15,67
Sección a 24 V	3,92
Sección a 36 V	1,74
Sección a 48 V	0,98

Después de realizar el estudio de las diferentes tensiones de funcionamiento de la línea de corriente continua, se ha escogido para la línea de corriente continua la tensión de 24V, puesto que la utilización de un voltaje mayor implicaría el uso de paramenta de acondicionamiento de tensión.

4.2.2. Elección tensiones línea corriente alterna

Toda la paramenta conectada a esta red será aquella que no tendrá un uso específico en corriente continua. La línea será de 230 V de corriente alterna monofásica ya que la paramenta disponible a ésta tensión de funcionamiento es muy amplia debida a que es la utilizada en el ámbito doméstico.

La elección de corriente alterna monofásica es debido a que una instalación con corriente alterna trifásica aumentaría el número de conductores, ya que la instalación tendría tres fases, incrementando la complejidad de la instalación.

También se ha optado por la utilización de este tipo de tensión debido a que es complicado encontrar disponibilidad de tomas de corriente trifásica en los puertos actuales.

4.2.3. Paramenta y tensión de funcionamiento

Una vez escogida las tensiones de línea y dentro de las posibilidades que ofrece el mercado en cuanto a paramenta se refiere, se ha hecho la elección de la tensión de funcionamiento para cada carga de la embarcación.

Toda la paramenta que está disponible para una tensión de funcionamiento de 230 V en corriente alterna se ha seleccionado para tal fin, mientras que los dispositivos disponibles únicamente en corriente continua o que por alguna razón de seguridad deben estar siempre disponibles, se han seleccionado para su funcionamiento a una corriente continua de 24 V de tensión.

Las tomas de corriente generales tendrán una doble alimentación, ya que siempre que la energía acumulada en las baterías lo permita, serán alimentadas a partir de ellas, pasando previamente por un inversor. En el caso contrario, se activará el generador que será el encargado de suministrar la tensión a las tomas de corriente a la vez que carga las baterías.

Tabla 10. Consumos unitarios de la paramenta estándar en embarcaciones con esloras comprendidas entre 15 y 24 m.

Sistema	Cantidades / habitáculo	Equipamiento	W/unidad	Cantid ad	Total (W)	DC/AC /AA
2. ALMACENAMIENTO Y GENERACIÓN	Sala de máquinas	Tensión para carga de baterías	4896	1	4896	AC
3. ILUMINACIÓN	Bañera	Luces cortesía tipo LED	1	8	8	DC
		Luces LED	2	8	16	DC
	Salón	Luces cortesía tipo LED	1	6	6	DC
		Luces LED	2	10	20	DC
	Cocina	Luces LED	2	8	16	DC
		Luces cortesía tipo LED	2	4	8	DC
	Sala máquinas	Luces LED	2	16	32	DC
	Flybridge	Luces cortesía tipo LED	1	4	4	DC
	Consola	Luces LED	2	4	8	DC
		Luz de lectura	1	2	2	DC
	HALL (pasillo)	Luz LED	2	2	4	DC
		Luces cortesía tipo LED	1	6	6	DC
	Camarote 1	Luces de lectura	1	2	2	DC
		Luces LED	2	8	16	DC
		Luces de ambiente	2	4	8	DC
	Baño 1	Luces LED	2	4	8	DC
	Camarote 2	Luces de lectura	1	2	2	DC
		Luces LED	2	8	16	DC

		Luces de ambiente	2	4	8	DC
	Baño 2	Luces LED	2	4	8	DC
	Camarote 3	Luces de lectura	1	2	2	DC
		Luces LED	2	8	16	DC
		Luces de ambiente	2	4	8	DC
	Camarote tripulación	Luces de lectura	1	2	2	DC
		Luces LED	2	8	16	DC
	Baño tripulación	Luces LED	2	4	8	DC
4. CLIMATIZACIÓN	Aire acondicionado	Equipo aire acondicionado (sin incluir Fan-coils)	3500	1	3500	AA
5. NAVEGACIÓN	Cubierta	Limpiaparabrisas	50	1	50	DC
		Mastil con luz de navegación	4,5	1	4,5	DC
		Luz Alcance	1,5	1	1,5	DC
		Luz remolque	1,5	1	1,5	DC
		Luz todo horizonte	3	1	3	DC
		Bocina	60	1	60	DC
		Luz Fondeo	15	1	15	DC
		Antena radar	100	1	100	DC
		Hélice de proa	5000	1	5000	AC
	Consola	Display pantalla	100	2	200	DC
		Procesador	60	2	120	DC
		Teclado	2,5	1	2,5	DC
		AIS	25	1	25	DC
		Sonda	20	1	20	DC
		Estación meteorológica	3	1	3	DC

		Piloto automático	40	1	40	DC
		Radio teléfono	25	1	25	DC
		Antena satélite	30	1	30	DC
		PLC	30	6	180	DC
		SWITCH	8	6	48	DC
		GATEAWAY	5	6	30	DC
6. CONFORT	Bañera	Motor eléctrico para Hard Top	50	2	100	AC
		TC	3450	2	6900	AC
		Motor pasarela entrada	4000	1	4000	AC
		Motor enrollador cable puerto	180	1	180	AC
		Kit Satélite TV	30	1	30	DC
	BOW (solarium)	Nevera eléctrica de proa	65	1	65	AC
		Molinete de ancla	2000	1	2000	AC
		Altavoces	100	2	200	AC
	Salón	TV 32"	70	1	70	AC
		Sistema video CD/DVD	25	1	25	AC
		Altavoces	100	2	200	AC
		TC	3450	2	6900	AC
		Fan-coil	175	4	700	AA
	Consola	Asiento piloto control eléctrico	200	1	200	AC
	Camarote 1	TV 26"	60	1	60	AC
		Radio CD/DVD	25	1	25	AC
		TC	3450	2	6900	AC

		Altavoces	100	2	200	AC
		Fan-coil	240	1	240	AA
	Baño 1	TC	3450	1	3450	AC
	Camarote 2	TV 26"	60	1	60	AC
		Radio CD/DVD	25	1	25	AC
		TC	3450	2	6900	AC
		Altavoces	100	2	200	AC
		Fan-coil	130	1	130	AA
	Baño 2	TC	3450	1	3450	AC
	Camarote 3	TV 26"	60	1	60	AC
		Radio CD/DVD	25	1	25	AC
		TC	3450	2	6900	AC
		Altavoces	100	2	200	AC
		Fan-coil	130	1	130	AA
	Camarote tripulación	Radio CD/DVD	25	1	25	AC
		TC	3450	2	6900	AC
		Altavoces	100	2	200	AC
		Fan-coil	130	1	130	AA
	Baño tripulación	TC	3450	1	3450	AC
	Cocina/galería	Nevera 160l	65	1	65	AC
		Congelador 160l	70	1	70	AC
		Vitrocerámica 2 fuegos	1200	2	2400	AC
		Extractor de humos	300	1	300	AC
		Lavavajillas	190	1	190	AC
		Horno - Microondas	2200	1	2200	AC

		TC	3450	2	6900	AC
		Lavadora	2200	1	2200	AC
	Sala máquinas	Desalinizador (400l/día)	423	1	423	DC
7. AGUAS	Sala máquinas	Bomba agua dulce	46,8	2	93,6	DC
		Bomba presión grifos (bomba para 4 grifos)	90	2	180	DC
		Bomba aguas negras y grises	300	3	900	DC
		Bomba repuesto aguas negras acci. Manual				
		Bomba achique sala máquinas	90	2	180	DC
		Calentador agua 250 litros (1,46 W mantener Tª)	3000	1	3000	AC
		TC	3450	2	6900	AC
	Cabina	Bomba achique cabina	90	2	180	DC
	Consola	Bomba achique consola + extra	90	2	180	DC
8. SEGURIDAD	Control y comunicación emergencias	Cámaras en popa y sala de máquinas	10	3	30	DC
		Interfono comunicación altavoces	30	2	60	DC

4.3. Elección baterías

Para la elección de las baterías se ha tenido cuenta tanto su voltaje de funcionamiento como la tecnología utilizada.

4.3.1. *Conexionado baterías*

Para el conexionado de las baterías, pueden observarse las figuras 16, 17 y 18 del apartado 3.3.4. *Estudio baterías*. En éste se explica las diferentes distribuciones posibles.

4.3.2. *Tipos de baterías.*

Una de las características más importantes que deben tener las baterías son los ciclos de vida. Un ciclo de vida es una descarga y carga de una batería a cualquier porcentaje de descarga.

Esta característica es muy importante ya que el sistema de alimentación requiere de la energía del grupo de baterías, produciendo la descarga del mismo. En el momento que el regulador detecta la descarga excesiva del grupo activa el proceso de carga activando el grupo generador o mediante la conexión a puerto.

Este proceso se le denomina ciclo de vida y dependiendo del modelo de baterías instaladas podrá variar, determinando así la durabilidad de las mismas.

Las tecnologías de baterías estudiadas y sus características son:

- Baterías de ácido: este tipo de baterías se encuentra en desuso debido a la nueva gama de baterías de gel y AGM que son muy superiores en prestaciones de carga y descarga aunque se ha creído conveniente nombrarlas porque aun pueden encontrarse en algunas embarcaciones.
- Baterías de gel: las baterías de gel como su propio nombre indica están llenas con electrolito en gel. Gracias a que el electrolito es sólido no puede derramarse si la carcasa de la batería se rompe o vuelca. Las ventajas de la utilización de este tipo de baterías son las siguientes:

- + Ácido gelificado
- + Robustas características constructivas
- + Sin mantenimiento
- + No hay escape de vapores de ácido
- + Destacable arranque en frío durante toda su vida útil
- + Mínima descarga
- + Superior rendimiento de trabajo en ciclos
- + Permite un ángulo de inclinación de 180º
- + Probada capacidad de descarga profunda
- + Alta resistencia a la vibración

Tipos de baterías de gel y sus características (tabla 11)

Tabla 11. Tabla de características baterías de gel

TIPO	Voltaje	Capacidad Ah (20 h)	Intensidad A (EN)	Dimensiones (mm)			Esquema montaje	Talón
				Largo	Ancho	Alto		
G-85	12 V.	85 Ah.	480 A	345	175	239	1	B0
G-120	12 V.	120 Ah.	760 A	513	198	223	3	B0
G-140	12 V.	140 Ah.	900 A	513	223	223	3	B0
G-210	12 V.	210 Ah.	1030 A	518	274	239	3	B0
G-16	12 V.	16 Ah.	100 A	181	76	167	0	B0
G-19	12 V.	19 Ah.	170 A	186	82	174	0	B0
G-120S*	12 V.	120 Ah.	750 A	349	175	290	0	B0
G-110	12 V.	110 Ah.	780 A	284	267	226	2	B0
G-180/6	6 V.	180 Ah.	900 A	244	190	275	0	B0
G-60	12 V.	60 Ah.	460 A	278	175	190	0	B13
G-80	12 V.	80 Ah.	540 A	378	175	190	0	B13
G-40 (F)**	12 V.	40 Ah.	280 A	210	175	175	0	B4
G-40-S*	12 V.	40 Ah.	280 A	210	175	175	0	B4
G-55	12 V.	55 Ah.	360 A	278	175	175	0	B4
G-25 (F)*	12 V.	25 Ah.	240 A	166	175	125	0	B0
G-30 (F)	12 V.	30 Ah.	180 A	197	132	180	0	B0

(F) Terminal Ford

* Restringida para suministro de energía.

** Especialmente resistente a la vibración.

- Baterías Litio-ion: Como se ha comentado anteriormente, estas baterías están en pleno auge debido a su utilización en el sector del automóvil eléctricos. Sus ventajas e inconvenientes principales son los siguientes:
 - + Elevada densidad de energía
 - + Baterías con ausencia de efecto memoria
 - + Gran capacidad de descarga
 - Vida útil corta
 - Muy costosas
 - Peligrosas por explosión a altas temperaturas
 - Delicadas en el sistema de carga y descarga para conseguir alargar su vida útil
- Baterías AGM: en las baterías AGM (AbsorbedGlass Mat) el electrolito se encuentra absorbido en finas esferas de fibra de vidrio, de manera que nunca fluye de un lado a otro.

Este tipo de baterías están teniendo una gran aceptación en muchas áreas: aplicaciones militares (en tierra, mar y aire), aviación civil, uso náutico tanto en embarcaciones de recreo como profesionales, aplicaciones de almacenamiento de energía (UPS e instalaciones fotovoltaicas), y en general cualquier aplicación que requiera unos ciclos de carga-descarga profundos y gran suministro de potencia para el arranque, destacando por su seguridad, eficiencia y larga duración. Los ciclos de vida de las baterías AGM son muy superiores a las baterías de gel como muestra la figura 25.

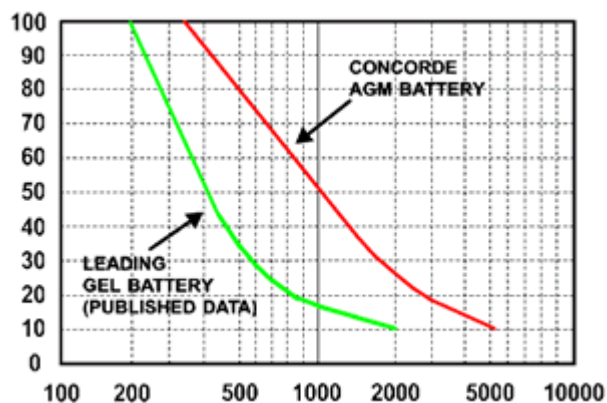
















Figura 25. Ciclos de vida de las baterías AGM

Como se puede apreciar en la figura 25 para una descarga al 50% una batería de GEL dura 400 ciclos mientras una LIFELINE AGM dura 1000 ciclos. Las ventajas de este tipo de baterías son las siguientes:

- + Construcción de células de tipo aeronáutico: reducen la Resistencia interna para dar una alta corriente de arranque incluso de manera altamente repetitiva teniendo más resistencia a los golpes y vibraciones.
- + Doble cantidad de ciclos carga/descarga que la mejor batería de gel.
- + Carga más rápida, sin limitaciones de corriente con recargas que aplican unatensión regulada.
- + Mucha mejor retención de carga que las baterías de ácido, incluso a temperatura ambiente.
- + Carga completa tras 30 días de almacenamiento totalmente descargada (25°C).
- + Construcción sellada con electrolito absorbido – sin restricciones en el transporte, sumergible sin sufrir daños, se instala en cualquier posición; no necesita rellenado de agua, los terminales no se corroen.
- + Válvulas de seguridad en las celdas, reguladas en presión, no extraíbles.
- + Caja robusta de co-polímero (polipropileno)
- + Seguridad – incluso en caso de una fuerte sobrecarga, la batería marina Lifeline AGM produce menos de un 2% de gas hidrógeno (hace falta como mínimo un 4% para que el aire sea inflamable)

En la tabla 12 se pueden observar algunos modelos y sus especificaciones de baterías AGM disponibles en el mercado.

Tabla 12. Tabla de características Baterías AGM

Lifeline Battery Part Number 	Voltios	Dimensiones Externas						Peso lb - kg 		Amperios Arranque en frío 20°C 0°C -17°C 			Capacidad Ah en 20h 	Minutos de descarga 25 15 8 Amps Amps Amps 		
		Largo in mm 	Ancho in mm 		Alto in mm 											
 GPL-24T	12v	11.13	282.70	6.60	167.60	9.25	234.80	56.00	25.50	800	680	550	80	149	259	524
 GPL-27T	12v	13.09	332.50	6.60	167.60	9.25	234.80	65.00	29.50	845	715	575	100	186	324	655
 GPL-31T	12v	12.90	327.80	6.75	171.30	9.27	235.50	69.00	31.40	880	750	600	105	195	340	688
 GPL-4DA	12v	20.76	527.40	8.70	221.00	8.63	219.10	135.00	61.20	1595	1380	1100	210	390	680	1375
 GPL-8DA	12v	20.76	527.30	10.89	276.60	8.60	218.40	162.00	73.60	1975	1675	1350	255	475	825	1670
 GPL-U1T	12v	7.71	195.90	4.97	126.10	6.89	175.00	24.00	10.90	325	275	215	33	50	93	185

El modelo escogido por las grandes prestaciones de seguridad y ciclos de vida son las baterías AGM.

4.3.3. Distribución de las baterías

Para poder realizar el cálculo también se ha tenido en cuenta las diferentes potencias requeridas por los distintos grupos de baterías, estos son:

- Banco de baterías de emergencia:

Para realizar el cálculo de la potencia necesaria para este grupo de baterías se ha tenido en cuenta que el sistema de emergencia debe funcionar con estas baterías un mínimo de 3 horas.

- Banco de baterías de los motores:

En este caso la potencia requerida dependerá siempre del tipo de motor que posea la embarcación, para este tipo de embarcaciones y los motores instalados es suficiente con un grupo de baterías a 24 V y 200 Ah.

- Banco de baterías de servicios:

Para realizar el cálculo de la energía necesaria para este grupo de baterías se ha tenido en cuenta que el sistema debe funcionar sin necesidad del generador durante gran parte del día, aprovechando para cargar las baterías cuando se use el generador para otros fines, como por ejemplo la utilización de electrodomésticos de gran consumo.

Se pueden tener en cuenta al menos dos periodos diarios en que será necesaria la utilización del generador, para la utilización de la cocina (para la comida y la cena).

De este modo, podemos decir que el generador funcionará de manera obligada dos veces al día, así que el tiempo máximo estimado que estará sin funcionar será de aproximadamente dos tercios de día.

Teniendo en cuenta que este periodo será por la noche y los consumos serán prácticamente nulos durante gran parte de este, y sabiendo que el grupo de baterías está sobredimensionado, se garantiza que el grupo de baterías no se descargue más del 70% recomendado por los fabricantes para que las baterías no entren en descarga profunda, garantizando así una mayor durabilidad de las mismas.

El cálculo de las horas de utilización de toda la paramenta ha sido calculada para una duración de 24 h y suponiendo un periodo máximo de utilización de las baterías (sin utilización del generador) de dos tercios de un día, garantizando las condiciones óptimas de funcionamiento mencionadas anteriormente y sabiendo que en caso de un consumo excesivo, el grupo electrógeno se encargará de la carga de las baterías accionado por el selector o de manera automática.

Después de realizar el estudio de los diferentes tipos de baterías la opción escogida son las baterías tipo AGM.

Para conseguir una tensión de trabajo de 24 V, las baterías se conectarán en bloques en serie de dos baterías y cada bloque de dos en paralelo entre ellas hasta conseguir así la energía almacenada necesaria.

4.4. Instalación principal de alimentación

Para realizar un estudio adecuado de la instalación se debe recordar tal y como se expone en el apartado 2.1 del presente proyecto el esquema de bloques de la figura 26 en el cual se representan toda la paramenta necesaria para el correcto funcionamiento de la red, generación, distribución de la energía, acumulación, transformación y consumos.

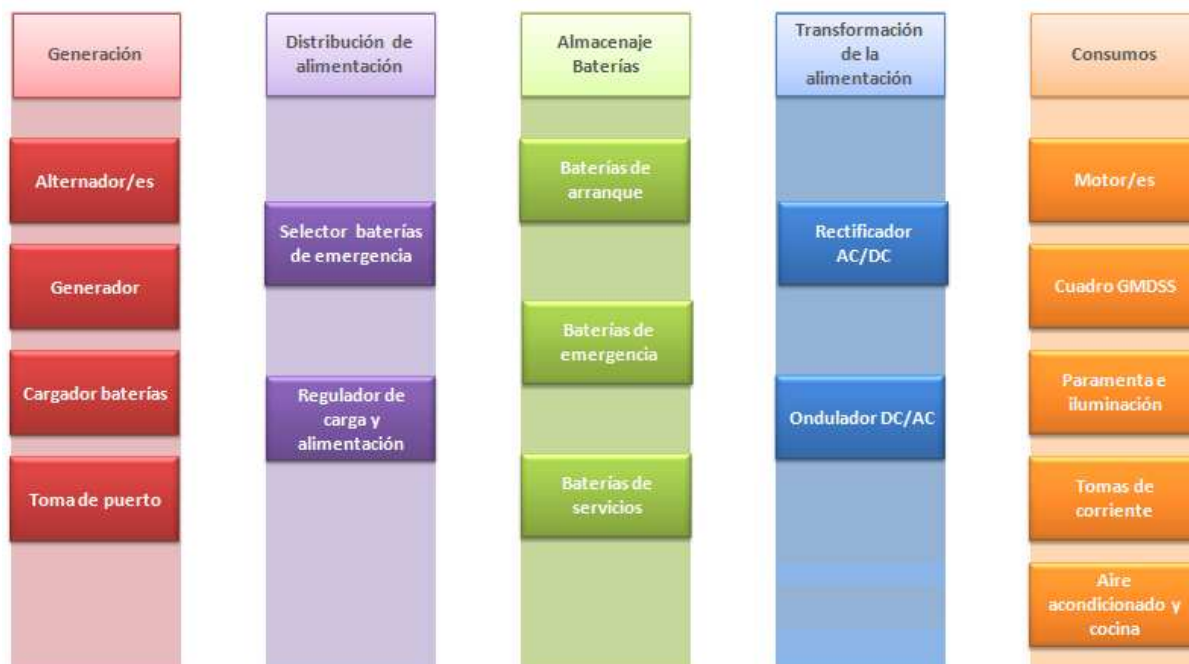


Figura 26. Esquema de bloques del sistema eléctrico

4.4.1. Generación

Dentro del sistema de generación podemos encontrar distintos aparatos que realizan la función de abastecimiento y almacenaje de la energía eléctrica necesaria a bordo. Entre los más comunes en el tipo de embarcaciones sobre el cual se está llevando a cabo este estudio podemos distinguir los alternadores, los generadores o grupos electrógenos y la toma de puerto.

Los alternadores serán los encargados de mantener las baterías de arranque de los motores y emergencia, así como las de servicio en plenitud de carga.

La elección del alternador viene impuesto principalmente por el fabricante del motor ya que la potencia de éste determina la potencia necesaria para el funcionamiento del motor de arranque, ya que éste es el consumidor directo de las baterías de arranque y todo depende de la potencia que necesita el motor de combustión para arrancar.

La elección del generador en el tipo de instalación propuesta viene determinada por la potencia necesaria para el abastecimiento de toda la paramenta de la embarcación.

Se instalarán dos generadores: uno de uso exclusivo para el aire acondicionado y calefacción, debido al gran consumo y prolongada utilización a lo largo del día en determinadas épocas del año, y otro para el resto de paramenta con tensión 230 V y carga de baterías de servicio.

La elección de la toma de puerto viene configurada en la REBT (ITC-BT 42) apartado 4.3.2. Bases de toma de corriente, el cual expone:

Salvo para los casos excepcionales referidos en el apartado 2, las bases de toma de corriente deberán ser de uno de los tipos establecidos en la norma UNE-EN 60309, con las características siguientes:

Tensión asignada: 230 V

Intensidad asignada: 16 A

Número de polos: 2 y toma tierra

Grado de protección: IP X6

Cada base de toma de corriente debe estar protegida con un dispositivo individual contra sobre intensidades mayores o igual a 16 A.

Las bases de toma de corriente deberán estar protegidas por un dispositivo de corriente diferencial-residual no mayor a 30 mA. Un mismo dispositivo no debe proteger más de una base de toma de corriente.

Las tomas de corriente dispuestas sobre la misma escollera o pantalán deberán estar realizadas sobre la misma fase, a menos que estén alimentadas por medio de transformadores de separación.

REBT ITC-BT 42

Tras realizar el estudio de las necesidades de este tipo de embarcaciones se ha designado la instalación de una toma de puerto de corriente alterna monofásica ya que, la disponibilidad de tomas de corriente de gran potencia, siendo estas de corriente alterna trifásica, es muy limitada en cuanto a disponibilidad se refiere.

Por lo tanto, con la toma de puerto se podrá alimentar toda la paramenta de la línea de corriente alterna y carga de baterías, incluyendo así toda la paramenta de corriente continua.

En caso de que la embarcación disponga de instalación de aire acondicionado, y debido al gran consumo de éste dispositivo funcionará únicamente a partir de su generador específico.

4.4.2. Carga, regulación y rectificación

Tras realizar un estudio de las posibilidades que ofrece el mercado actual se ha seleccionado un dispositivo inversor cargador que se asemeja al modelo Quattro que se puede observar en la figura 27, en este único dispositivo se encuentran integrados el cargador de baterías, el regulador de carga, el rectificador de 230 V en corriente alterna monofásica a 24 V en corriente continua y el inversor 24 V en corriente continua a 230 V en corriente alterna monofásica.



Figura 27. *Inversor cargador Quattro*

Fuente: www.solostocks.com

Las características principales de este dispositivo son:

El Quattro puede conectarse a dos fuentes de alimentación de corriente alterna independientes, por ejemplo a la red de puerto y un generador, o a dos generadores. Se conectará automáticamente a la fuente de alimentación activa.

Es un cargador de baterías muy potente. Se puede establecer un límite de corriente para cada una de las entradas de corriente alterna. El Quattro tiene en cuenta las demás cargas de corriente alterna y utiliza la corriente sobrante para la carga de baterías, evitando así sobrecargar el generador o la red de puerto.

Para una mejor comprensión del sistema se puede observar la figura 28.

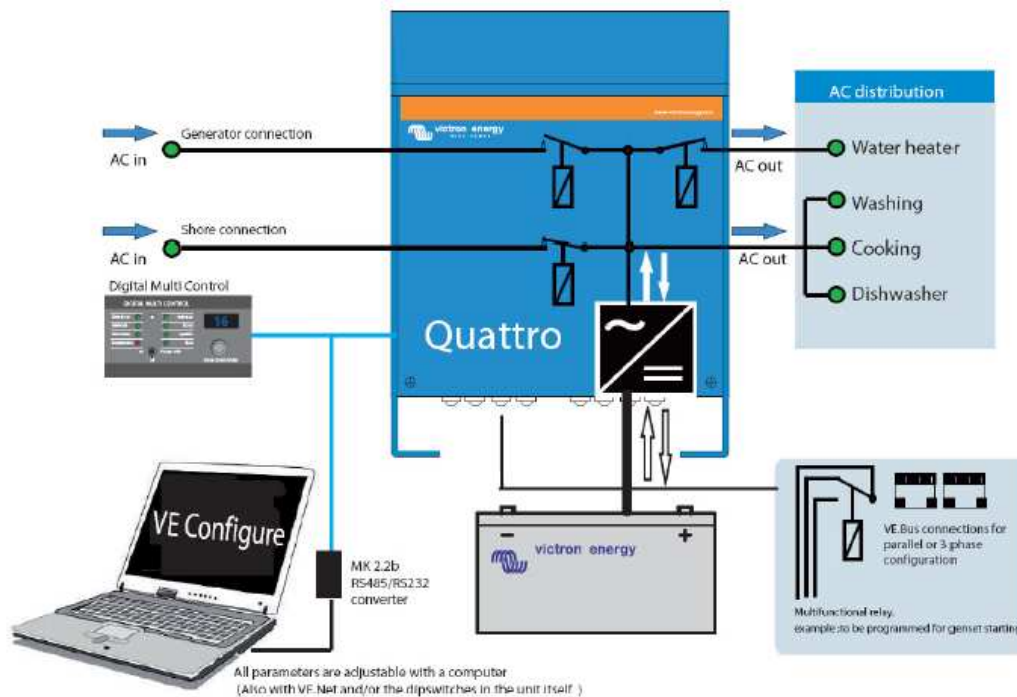


Figura 28. Esquema de conexión de Quattro

Fuente: Datasheet Quattro

4.4.3. Distribución de la instalación principal de alimentación

Una vez seleccionada la paramenta que forma parte de la instalación eléctrica es necesario hacer un estudio sobre la distribución final incluyendo los diferentes estados de funcionamiento de la embarcación ya que dependiendo de si la embarcación se encuentra navegando, varada o en puerto los suministros de energía se producen de diferentes maneras.

- Navegando

Cuando la embarcación se encuentra navegando, como se puede apreciar en la figura 29, tiene el siguiente funcionamiento:

La línea discontinua es para los sistemas que funcionan intermitentemente dependiendo de las necesidades de la embarcación, estos sistemas pueden ser controlados manualmente o automáticamente a través del SCADA o Quattro.

El motor mediante su alternador es el encargado de cargar las baterías de arranque, emergencia y servicios.

El generador entra en funcionamiento si se detectan alguno de los siguientes estados: si el sistema detecta una baja carga en el grupo de baterías o si el sistema detecta la necesidad de funcionamiento del aire acondicionado, calefacción o la paramenta de alto consumo eléctrico a 230 V en corriente alterna.

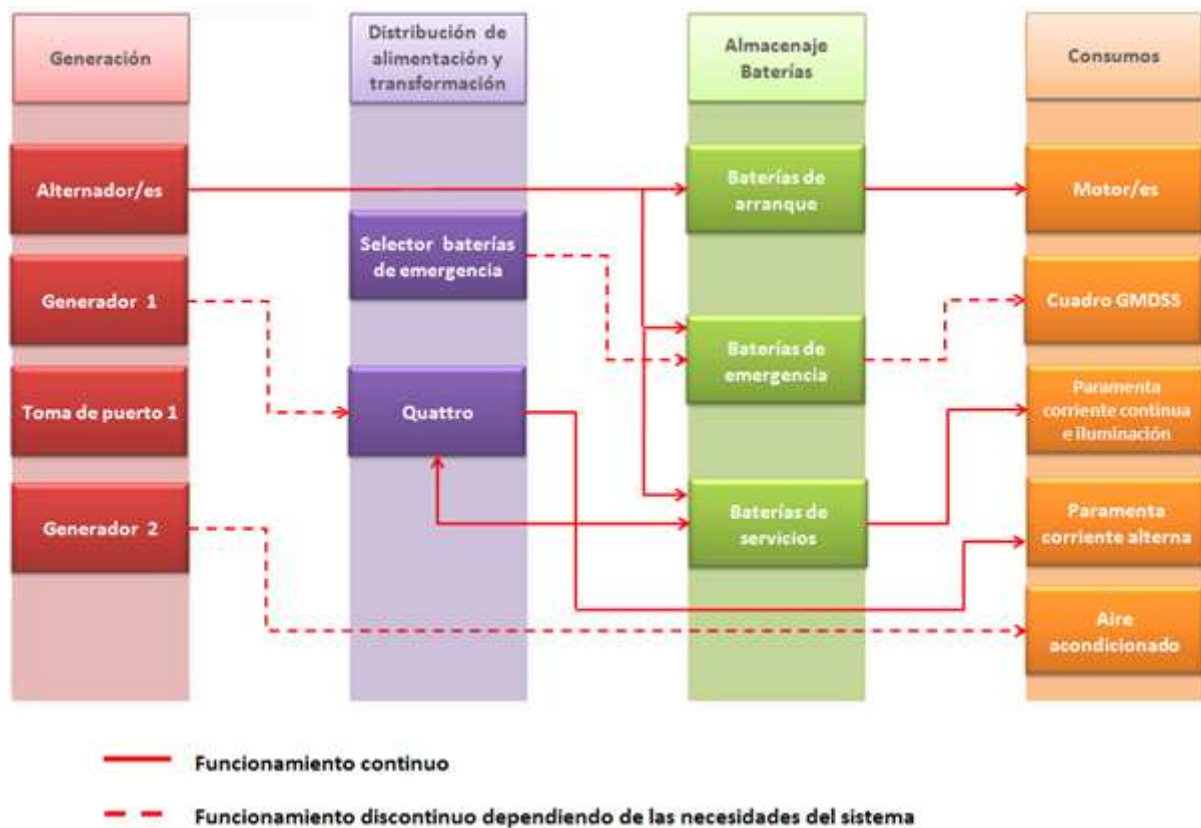


Figura 29.Diagrama de bloques de la embarcación navegando.

- Varada

Cuando la embarcación se encuentra varada los sistemas que entran en funcionamiento, como puede verse en la figura 30, son los siguientes:

Los generadores pueden entrar en funcionamiento cuando ocurre alguna de las siguientes consignas: cuando el sistema detecta que se requiere el funcionamiento del aire acondicionado, cuando la paramenta de alto consumo eléctrico a 230 V en corriente alterna requiere ser usada o si la energía almacenada en las baterías es escasa.

Las baterías de servicio alimentan a toda la paramenta e iluminación de la embarcación y mediante el inversor abastecen a las tomas de corriente alterna a 230 V de la embarcación.

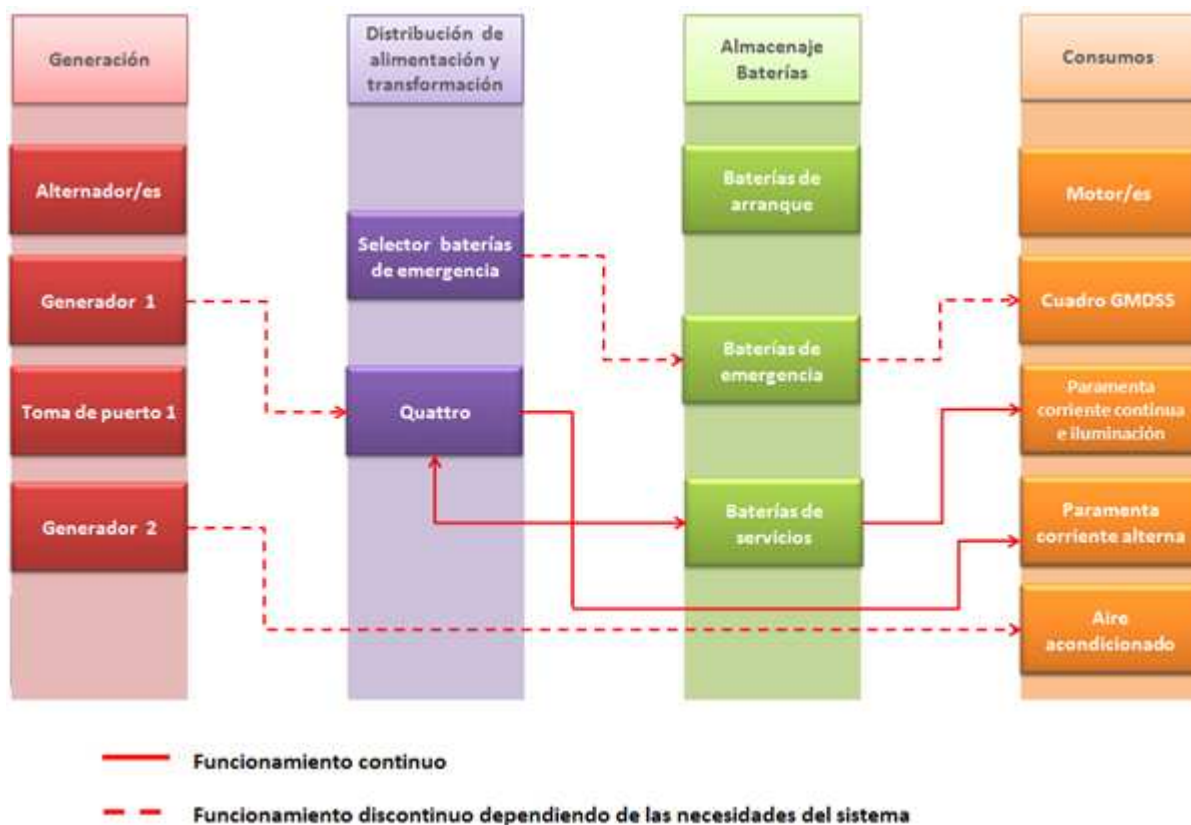


Figura 30.Diagrama de bloques de la embarcación varada

- Puerto

Cuando la embarcación se encuentra en puerto los sistemas que entran en funcionamiento como puede verse en la figura 31 son los siguientes:

De la toma de puerto se obtiene la energía eléctrica necesaria para las necesidades de la embarcación en cada momento. La instalación de la toma de puerto va conectada directamente al inversor/cargador Quattro.

De esta manera el funcionamiento de toda la paramenta de corriente continua viene alimentada a través de las baterías, que son cargadas a través del inversor/cargador.

Las tomas de corriente alterna y la paramenta de alto consumo eléctrico se abastecen directamente de la toma de corriente alterna del puerto a través del dispositivo Quattro y si el sistema así lo cree necesario activa el generador 1.

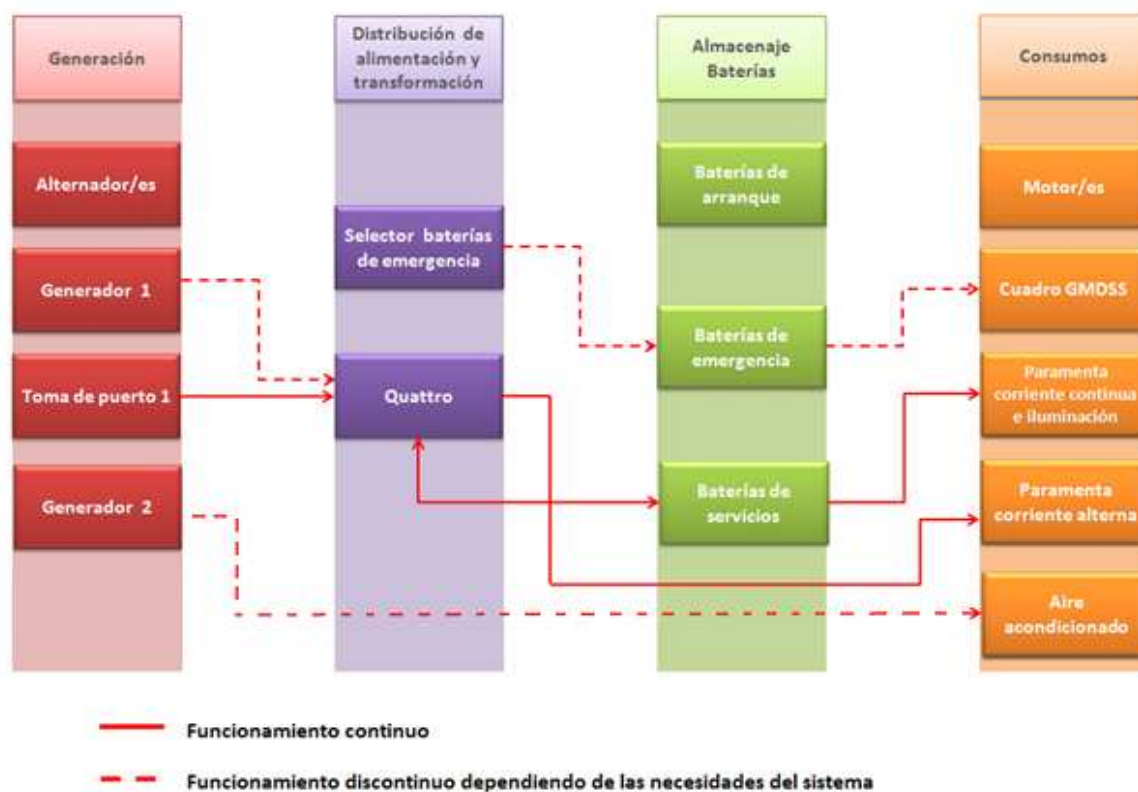


Figura 31. Diagrama de bloques de la embarcación en puerto

- Emergencia

Cuando la embarcación se encuentra sin suministro eléctrico por avería se activa el sistema de emergencia como se puede apreciar en la figura 32.

Para todas las embarcaciones de recreo menores de 24 metros se aplica el Artículo 55 del REAL DECRETO 1185/2006, de 16 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento por el que se regulan las radiocomunicaciones marítimas a bordo de los buques civiles españoles.

El sistema de baterías de reserva consiste en la instalación de una nueva red de alimentación independiente de 12 V ó 24 V. que permite la utilización de los siguientes elementos durante al menos tres horas si falla la alimentación principal de la embarcación.

Los equipos de radiocomunicaciones obligatorios para la zona donde se realicen las navegaciones.

Alumbrado eléctrico de emergencia suficiente para iluminar adecuadamente los mandos radioeléctricos destinados a operar la instalación radioeléctrica.

Luces de navegación.

El GPS, con el fin de que la llamada de DSC contenga la situación de la embarcación.

Alarma acústica y luminosa en el caso de fallo de la alimentación principal.

Conmutación automática que no cause pérdida de datos ni reinicio de los equipos.

Es necesario por tanto, instalar un nuevo cuadro eléctrico desde donde se controle la alimentación de los equipos radioeléctricos, luces de navegación, alumbrado de emergencia y GPS, ya sea con la alimentación principal o con la proveniente de las baterías de reserva. A dicho cuadro eléctrico se le denomina cuadro de GMDSS.

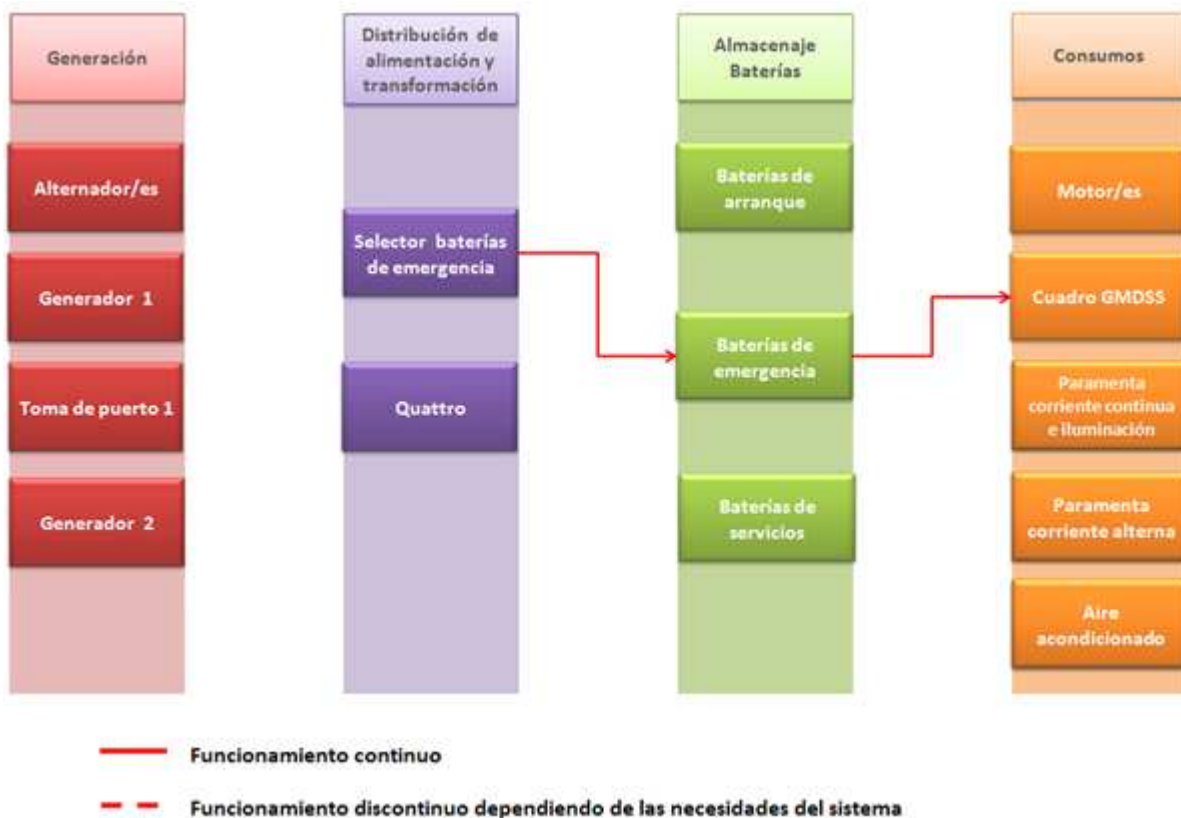


Figura 32. *Diagrama de bloques de la embarcación en emergencia*

4.5. Número de circuitos

Tras realizar el estudio de funcionamiento de la paramenta de la instalación se determina el número de circuitos necesarios para la embarcación.

4.5.1. *Justificación número de circuitos*

El número de circuitos principales instalados serán los siguientes:

- Circuito de corriente alterna monofásica: este circuito alimentará toda la paramenta de la red de 230 V, incluyendo las tomas de corriente.
- Circuito de corriente continua: este circuito alimentará toda la paramenta que funciona a 24 V, además de la iluminación.
- Circuito de aire acondicionado: Este circuito será opcional y dependerá de las exigencias del usuario final. En caso de se opte por la instalación de climatización, ésta llevará su propia línea de alimentación, así como su propio generador, debido al alto consumo eléctrico y para optimizar el rendimiento del generador.
- Circuito GDMSS: este circuito alimentará la paramenta estrictamente necesaria para la navegación en caso de emergencia.

Con este tipo de instalación se consiguen las siguientes características:

- Instalación separada: con la separación de circuitos se consigue una diagnosis de averías mucho más centralizada que mejora junto a la distribución de sub-cuadros.
- Fácil modificación y reparación de la instalación: al tener los cables principales separados cualquier reparación que requiera la sustitución del cableado principal de alguno de los circuitos, no influirá en los demás, reduciendo el tiempo de reparación considerablemente.
- Reducción de sección: con la separación de circuitos se consigue una reducción de las secciones en los conductores principales ya que las potencias que pasan por ellos quedan divididas.
- Mejor eficiencia de los generadores: al tener los circuitos separados se puede hacer una mejor elección de los generadores ajustando las potencias de estos a los circuitos que alimentan, evitando así sobredimensionarlos y perder eficacia obteniendo un mayor consumo de combustible para un rendimiento similar.

En la figura 33 se puede observar la distribución de los diferentes circuitos.

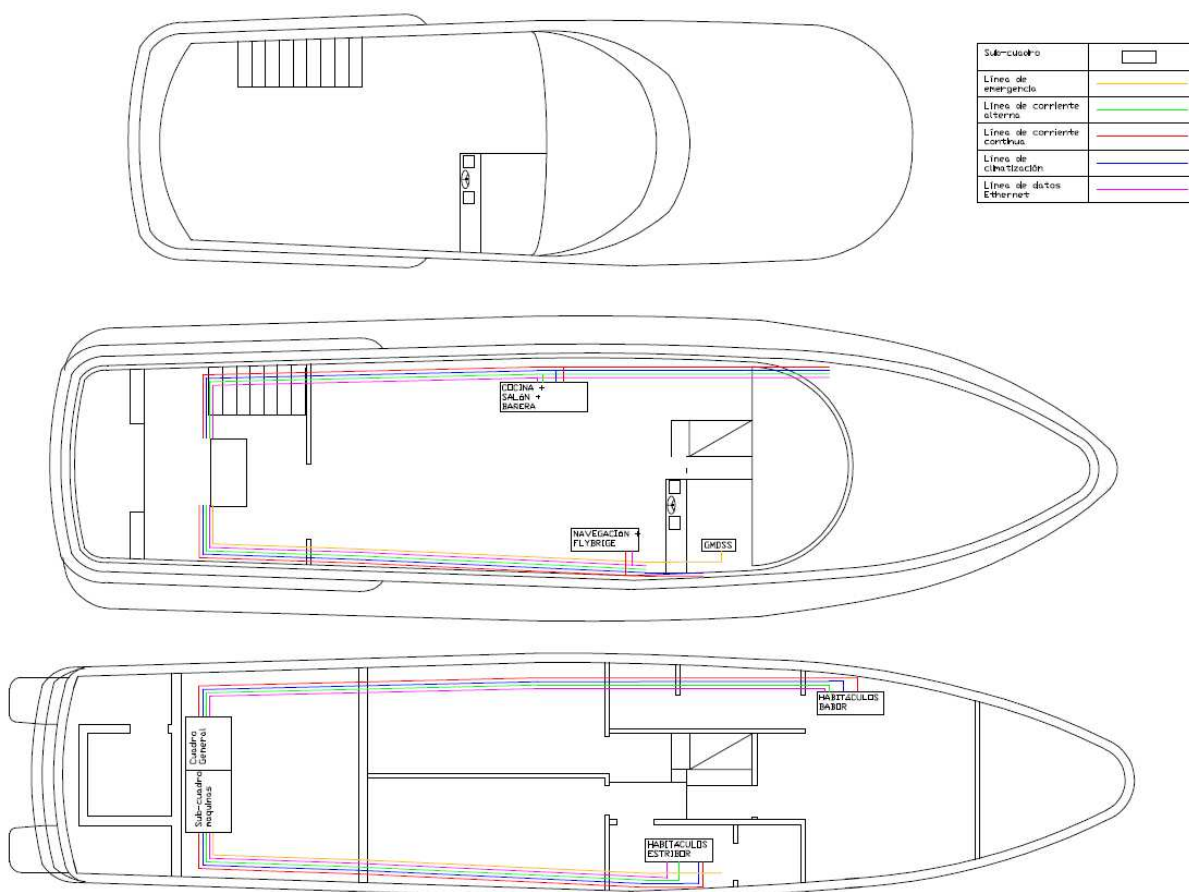


Figura 33. Esquema distribución cables paralelos y circuitos que lo forman

4.6. Elección toma de tierra y cableado

4.6.1. Elección conexión toma de tierra

El tipo de embarcación seleccionada dispondrá de una instalación eléctrica de categoría B y un tipo de combustible del grupo 1. Esta es la tipología de embarcaciones estudiadas en el presente proyecto.

El tipo de instalación escogido para la puesta a tierra conforme con REBT (itc-bt-24) es el esquema de conexión TT figura 34.

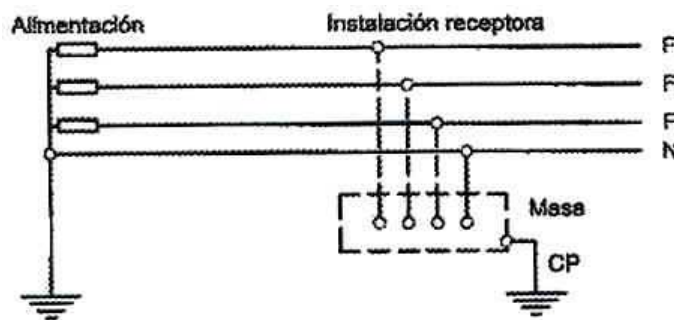


Figura 34. Esquema de conexión TT.

Fuente: <http://www.ffii.es>

El esquema TT tiene un punto de alimentación, generalmente el neutro o compensador, conectado directamente a tierra. Las Masas de la instalación receptora están conectadas a una toma de tierra separada de la toma de tierra de la alimentación.

REBT ITC-BT 24.

En cada sub-cuadros se instalará un embarrado de conexión a masa para conectar a tierra todos los dispositivos instalados y así cumplir con el esquema de conexión, derivando la masa al casco y haciendo de tierra el agua del mar.

4.6.2. Cables de corriente alterna, corriente continua, emergencia, tierra y datos

El armador podrá elegir el tipo de cableado siempre que cumpla con la normativa UNE 21166 y UNE 21027-16, la cual solo dice al respecto que el cableado instalado en este tipo de embarcaciones debe cumplir:

Los cables utilizados serán aislados de la sección adecuada al servicio que prestan.

El aislamiento de los cables será resistente al agua de mar, a los aceites, a los hidrocarburos y no propagara las llamas. Los que estén expuestos a la acción solar tendrán una cubierta exterior insensible a la radiación ultravioleta.

Para las conexiones de cables se emplearan siempre cajas de derivación o uniones mediante terminales aislados y excluyendo totalmente los empalmes encintados. El cableado se fijara con abrazaderas. No podrán ir bajo una misma abrazadera cables que alimenten instalaciones de categoría diferente, salvo que estén apantallados y puestos a masa.

El cableado será tal que evite, en lo posible la formación de campos magnéticos en la proximidad de los compases y otros instrumentos de navegación.

Los enchufes que correspondan a diferentes categorías de instalación serán de diseño diferente, de forma que no se pueda, por error, enchufar un aparato en una toma de distinta tensión. La tensión de cada tipo de enchufe ira marcada en el mismo en forma bien visible.

Los enchufes, las cajas de empalmes y las lámparas situadas a la intemperie serán de tipo estanco.

Tras realizar un estudio en el mercado actual sobre instalación de cableado, la opción más utilizada son conductores marinos estañados, que aun no siendo de obligado cumplimiento ofrecen una mejor protección contra el deterioro prematuro.

4.7. Instalación de los conductores y ubicación de la instalación

La instalación de los conductores es otro punto donde hay que tener en cuenta que las embarcaciones no son sistemas fijos si no que sufren movimiento continuo debido al oleaje y a la navegación.

Los sistemas de instalación más recomendados, son los de instalación en canaleta ya que los conductores quedan más protegidos a las condiciones de humedad e inmersión.

Para la elección de la ubicación del cableado que forma parte de la instalación de los cables principales se ha tenido en cuenta las características que ofrecen cada una de las siguientes disposiciones:

- Instalación entre plantas: con este tipo de instalación se alejaría el cableado de las posibles filtraciones de agua, el acceso a él sería más práctico ya que en las dependencias de la planta media existe un mejor acceso debido a que el mobiliario que hay en ellas no están aparatoso como en las habitaciones y baños, la longitud del cable principal a los sub-cuadros sería menor ya que estaría colocado a una altura media entre la disposición de los cuadros.
- Instalación inferior: en este tipo de instalación el cableado queda muy expuesto a posibles filtraciones de agua dado que pasaría por debajo de la línea de flotación, la longitud del cableado principal con los sub-cuadros sería mayor que las otras alternativas y la accesibilidad en la sala de maquinas y demás dependencias de la última planta sería dificultosa.
- Instalación Media: en este tipo de instalación el cableado no quedaría tan expuesto a las filtraciones de agua como en la instalación inferior su accesibilidad sería prácticamente igual y la longitud del cableado principal no variaría como para tenerla en cuenta.

Como se puede ver en la tabla 13 se analizan los puntos anteriormente descritos. Los valores seleccionados para puntuar las características a tener en cuenta son:

Negativa o nula = 0

Positiva = 1

Muy positiva = 2

Tabla 13. Tabla elección ubicación cableado principal

Ventajas/inconvenientes	Posición vertical cable		
	Inferior (por debajo línea flotación)	Media (por encima línea flotación)	Entre plantas (comedor y camarotes)
Seguridad (lejanía del agua)	0	1	2
Accesibilidad (reparaciones)	0	0	2
Longitud (entre cable y sub-cuadros)	0	0	2

La solución escogida es la distribución entre plantas, debido a las grandes ventajas que ofrece en comparación al resto.

En la figura 35 se puede apreciar la arquitectura que seguirán los circuitos principales de la instalación.

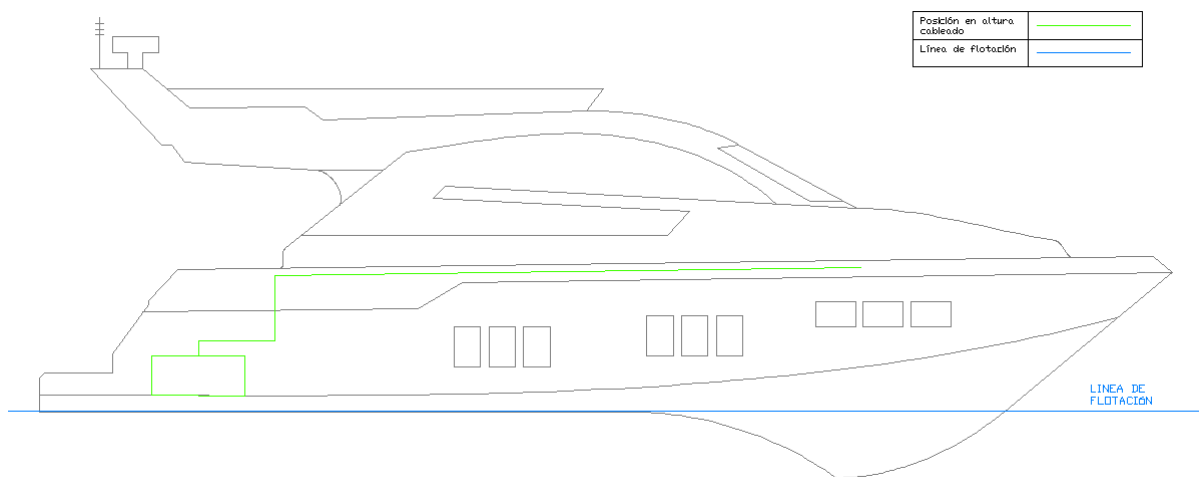


Figura 35. Disposición cableado principal

La instalación de canaletas se realiza aprovechando la estructura de la embarcación.

Como muestra la figura 35, la ubicación utilizada transcurre debajo de las pasarelas laterales de la embarcación, ya que por esta zona no existen barreras arquitectónicas que compliquen su instalación.

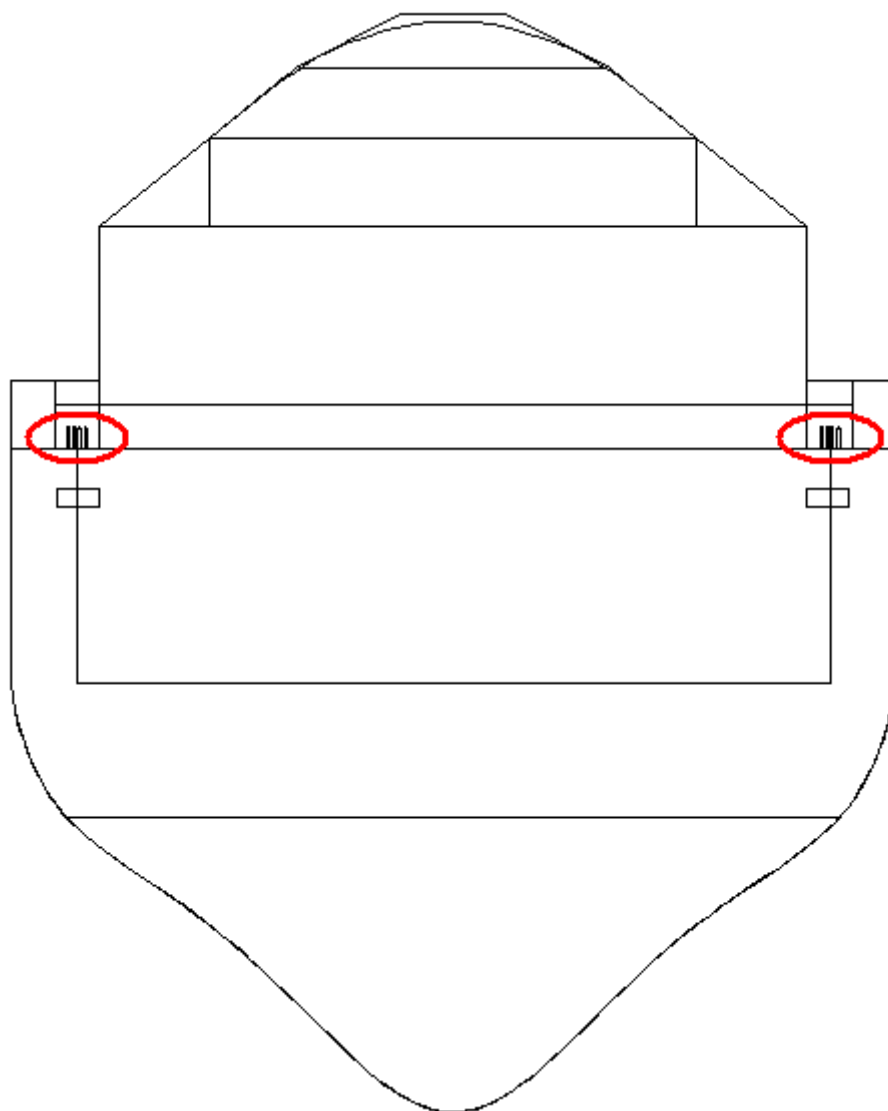


Figura 36. *Ubicación canaletas instalación eléctrica*

4.8. Ubicación sub-cuadros

Para la ubicación de los sub-cuadros se ha tenido en cuenta que el espacio en las embarcaciones es muy limitado, la instalación se ha realizado con el menor número de sub-cuadros necesarios para una buena distribución y sectorización de la embarcación, tal y como muestra la figura 37.

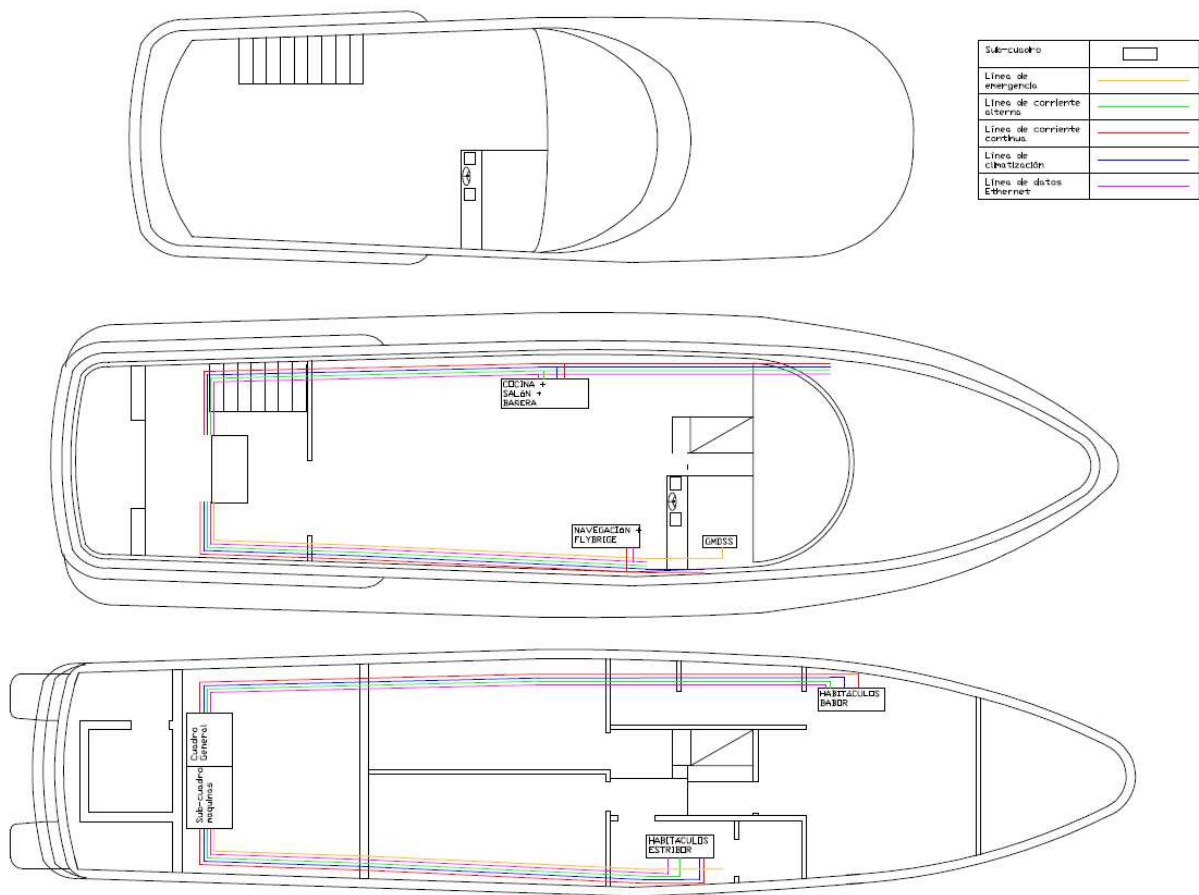


Figura 37. Ubicación sub-cuadros

CAPÍTULO 5: EJEMPLO DE APLICACIÓN

El ejemplo de aplicación del protocolo de instalación eléctrica para embarcaciones de recreo se basará en la implementación del sistema para la embarcación "Squadron 50" del fabricante fairline figura 38.



figura 38. Squadron 50

Junto al estudio realizado, sobre el tipo de paramenta, consumos y tipos de alimentación instalada en este tipo de embarcaciones, se ha realizado la programación de una hoja de Excel. Esta hoja facilita el cálculo de cualquier instalación obteniendo desde el número de baterías para cada grupo, hasta las secciones de los conductores a instalar, los cálculos realizados se exponen cada uno en los próximos apartados de la presente memoria y en el anexo de cálculos.

5.1. Características de la embarcación

- Características constructivas de la embarcación (ver plano 01 en anexo planos):

Longitud total (incl. borda): 15,59 m

Manga (incl. borda): 4,43 m

No. de literas: 6 - 7

Calado: 1,21 m descargado

Altura encima de línea de flotación (incl. arco con mástil de luz de navegación): 5,41 m

Peso en seco (aprox): 19.100 kg

Capacidad de combustible: 2.288 L

Motores: 2 x Volvo Penta D11-670 CV

Alternadores: 2 x 24 V y 110 A.

5.2. Arquitectura de la instalación

Tras realizar el estudio de la instalación eléctrica para embarcaciones de recreo, la propuesta de instalación es la distribución cables paralelos como muestra la figura 39.

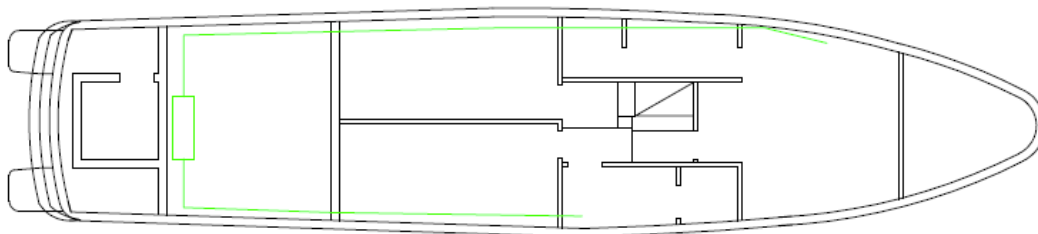


Figura 39. Instalación eléctrica de cables paralelos

5.3. Componentes y consumos instalados

Se ha realizado la programación de una hoja de Excel. Esta hoja facilita el cálculo de la instalación obteniendo desde el número de baterías para cada grupo, la potencia de los generadores y hasta las secciones y protecciones de los conductores a instalar.

Todas las tablas mostradas en este apartado han sido extraídas de dicho programa.

En primer lugar se introduce toda la paramenta instalada en la embarcación bajo petición del cliente, indicando su consumo y tensión de funcionamiento.

Para una mejor comprensión se han separado en diferentes grupos por función del elemento, estos grupos son:

- Iluminación
- Climatización
- Navegación
- Confort
- Aguas
- Seguridad

5.3.1. Iluminación

La iluminación instalada en esta embarcación es tipo LED, diferenciando tres tipos de luminarias: luz de cortesía, de lectura y LED, como ya se menciona en el apartado 2.2.

La tabla 14 muestra los consumos de luminaria de toda la embarcación, separándola también por la zona en la que se encuentra.

Tabla 14. Consumos de iluminación

Localización	Tipología	Consumo (W)	Cantidad	Consumo total (W)	Circuito
BAÑERA	Luces cortesía tipo LED	1	8	8	DC
	Luces LED	2	8	16	DC
SALÓN	Luces cortesía tipo LED	1	6	6	DC
	Luces LED	2	10	20	DC
COCINA	Luces LED	2	8	16	DC
	Luces cortesía tipo LED	2	4	8	DC
SALA MÁQUINAS	Luces LED	2	16	32	DC
FLYBRIDGE	Luces cortesía tipo LED	1	4	4	DC
CONSOLA	Luces LED	2	4	8	DC
	Luz de lectura	1	2	2	DC
HALL (pasillo)	Luz LED	2	2	4	DC
	Luces cortesía tipo LED	1	6	6	DC
CAMAROTE 1	Luces de lectura	1	2	2	DC
	Luces LED	2	8	16	DC
	Luces de ambiente	2	4	8	DC
BAÑO 1	Luces LED	2	4	8	DC
CAMAROTE 2	Luces de lectura	1	2	2	DC
	Luces LED	2	8	16	DC
	Luces de ambiente	2	4	8	DC
BAÑO 2	Luces LED	2	4	8	DC
CAMAROTE 3	Luces de lectura	1	2	2	DC
	Luces LED	2	8	16	DC
	Luces de ambiente	2	4	8	DC
CAMAROTE TRIPULACIÓN	Luces de lectura	1	2	2	DC
	Luces LED	2	8	16	DC
BAÑO TRIPULACIÓN	Luces LED	2	4	8	DC

5.3.2. Climatización

A continuación se detallan los cálculos referidos a la climatización interior de la embarcación. Cabe destacar que no se ha realizado ningún estudio de climatización para los cálculos de potencia necesaria y se ha escogido una potencia estándar equipada por la mayoría de embarcaciones de recreo de estas dimensiones.

Tabla 15. Consumos de climatización

Localización	Tipología	Consumo (W)	Cantidad	Consumo total (W)	Circuito
AIRE ACONDICIONADO	Equipo aire acondicionado	3500	1	3500	AA
CAMAROTE 1	Fan-coil	240	1	240	AA
CAMAROTE 2	Fan-coil	130	1	130	AA
CAMAROTE 3	Fan-coil	130	1	130	AA
CAMAROTE TRIPULACIÓN	Fan-coil	130	1	130	AA

5.3.3. Navegación

En este apartado se tiene en cuenta toda la paramenta necesaria para la navegación y comunicación de la embarcación.

Tabla 16. Consumos de navegación

Localización	Tipología	Consumo (W)	Cantidad	Consumo total (W)	Circuito
CUBIERTA	Limpiaparabrisas	50	1	50	DC
	Mástil con luz de navegación	4,5	1	4,5	DC
	Luz Alcance	1,5	1	1,5	DC
	Luz remolque	1,5	1	1,5	DC
	Luz todo horizonte	3	1	3	DC
	Bocina	60	1	60	DC
	Luz Fondeo	15	1	15	DC
	Antena radar	100	1	100	DC
	Hélice de proa	5000	1	5000	AC
CONSOLA	Display pantalla	100	2	200	DC
	Procesador	60	2	120	DC
	Teclado	2,5	1	2,5	DC
	AIS	25	1	25	DC
	Sonda	20	1	20	DC
	Estación meteorológica	3	1	3	DC
	Piloto automático	40	1	40	DC
	Radio teléfono	25	1	25	DC
	Antena satélite	30	1	30	DC
	PLC	30	6	180	DC
	SWITCH	8	6	48	DC
	GATEAWAY	5	6	30	DC

5.3.4. Confort

Dentro del sistema de confort se incluyen equipos de música, televisores, electrodoméstico de cocina y todo tipo de dispositivos que hacen que la vida en la embarcación sea más confortable.

Tabla 17. Consumos de confort

Localización	Tipología	Consumo (W)	Cantidad	Consumo total (W)	Circuito
BAÑERA	Motor eléctrico para Hard Top	50	2	100	AC
	TC	3450	2	6900	AC
	Motor pasarela entrada	4000	1	4000	AC
	Motor enrollador cable puerto	180	1	180	AC
	Kit Satélite TV	30	1	30	DC
BOW (solarium)	Nevera eléctrica de proa	65	1	65	AC
	Molinete de ancla	2000	1	2000	AC
	Altavoces	100	2	200	AC
SALÓN	TV 32"	70	1	70	AC
	Sistema video CD/DVD	25	1	25	AC
	Altavoces	100	2	200	AC
	TC	3450	2	6900	AC
	Fan-coil	175	4	700	AC
CONSOLA	Asiento piloto control eléctrico	200	1	200	AC
CAMAROTE 1	TV 26"	60	1	60	AC
	Radio CD/DVD	25	1	25	AC
	TC	3450	2	6900	AC
	Altavoces	100	2	200	AC
	Fan-coil	240	1	240	AC
BAÑO 1	TC	3450	1	3450	AC
CAMAROTE 2	TV 26"	60	1	60	AC
	Radio CD/DVD	25	1	25	AC
	TC	3450	2	6900	AC
	Altavoces	100	2	200	AC
	Fan-coil	130	1	130	AC
BAÑO 2	TC	3450	1	3450	AC
CAMAROTE 3	TV 26"	60	1	60	AC
	Radio CD/DVD	25	1	25	AC
	TC	3450	2	6900	AC
	Altavoces	100	2	200	AC
	Fan-coil	130	1	130	AC
CAMAROTE TRIPULACIÓN	Radio CD/DVD	25	1	25	AC
	TC	3450	2	6900	AC

	Altavoces	100	2	200	AC
	Fan-coil	130	1	130	AC
BAÑO TRIPULACIÓN	TC	3450	1	3450	AC
COCINA/GALERÍA	Nevera 160l	65	1	65	AC
	Congelador 160l	70	1	70	AC
	Vitrocerámica 2 fuegos	1200	2	2400	AC
	Extractor de humos	300	1	300	AC
	Lavavajillas	190	1	190	AC
	Horno - Microondas	2200	1	2200	AC
	TC	3450	2	6900	AC
	Lavadora	2200	1	2200	AC
SALA MÁQUINAS	Desalinizador	423	1	423	DC

5.3.5. Sistema de aguas

El sistema de aguas está formado por las bombas de achique de las diferentes zonas de la embarcación y las bombas encargadas de suministrar la presión necesaria para el buen funcionamiento del sistema de agua dulce y sistema de aguas negras y grises.

Las aguas negras son aquellas procedentes de WC y urinarios.

Las aguas grises son aquellas procedentes de duchas, descargas de lavabos, piletas, lavandería, etc.

Tabla 18. Consumos del sistema de aguas

Localización	Tipología	Consumo (W)	Cantidad	Consumo total (W)	Circuito
SALA MÁQUINAS	Bomba agua dulce	46,8	2	93,6	DC
	Bomba presión grifos (bomba para 4 grifos)	90	2	180	DC
	Bomba aguas negras y grises	300	3	900	DC
	Bomba achique sala máquinas	90	2	180	DC
	Calentador agua 250 litros	3000	1	3000	AC
	TC	3450	2	6900	AC
CABINA	Bomba achique cabina	90	2	180	DC
CONSOLA	Bomba achique consola + extra	90	2	180	DC

5.3.6. Seguridad

El sistema de seguridad está compuesto por un conjunto de cámaras donde su imagen puede ser vista en el cuadro de mandos y un sistema de comunicación entre la sala de máquinas y cuadro de mandos.

Tabla 19. Consumos del sistema de aguas

Localización	Tipología	Consumo (W)	Cantidad	Consumo total (W)	Circuito
CONTROL Y COMUNICACIÓN EMERGENCIAS	Cámaras en popa y sala de máquinas	10	3	30	DC
	Interfono comunicación altavoces	30	2	60	DC

5.4. Circuitos y sectorización de la instalación

5.4.1. Circuitos

Las tensiones de funcionamiento serán de 24 V para la línea de corriente continua y de 230 V para las de corriente alterna monofásica.

La toma de tierra se instalará en un sistema TT con la colocación un embarrado en cada sub-cuadro, derivado al casco de la embarcación y haciendo de tierra el agua del mar para el circuito de alterna y conectando la masa de continua al motor de la embarcación.

Los circuitos resultantes para cada una de las líneas son los siguientes:

Línea de babor

- Circuito de alterna 230 V 50Hz
- Circuito de continua 24 V
- Circuito de Climatización 230 V 50Hz
- Circuito de datos

Línea de estribor

- Circuito de alterna 230 V 50Hz
- Circuito de continua 24 V
- Circuito de Climatización 230 V 50Hz
- Circuito de datos
- Circuito de emergencia 24 V

Quedando así la línea de babor con 4 circuitos y la de estribor con 5 al añadir el de emergencia ver figura 40.

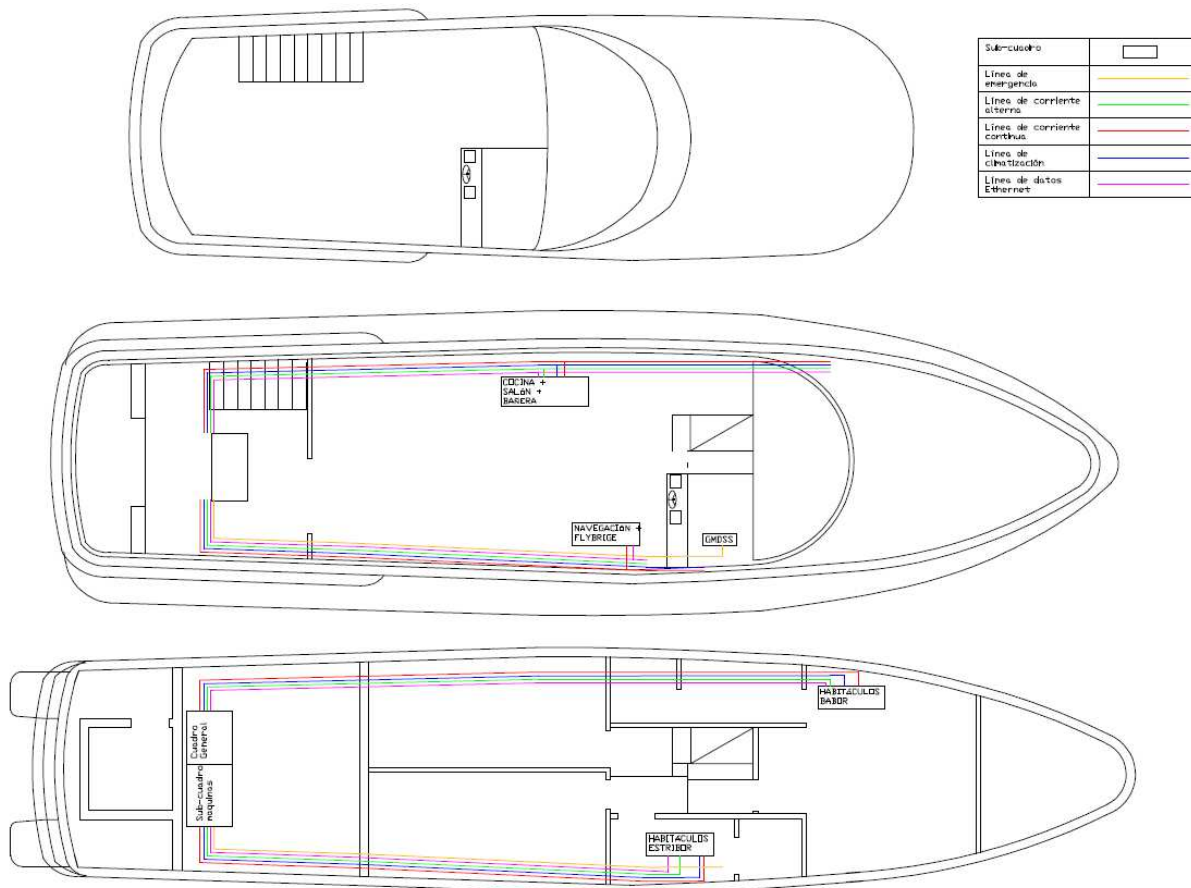


Figura 40. Distribución de sub-cuadros y líneas

5.4.2. Ubicación de cuadros y sectorización de la instalación

La instalación de los cuadros se realiza para la sectorización de la instalación correspondiente a la figura 38.

La sectorización se realiza para una mejor localización de averías y para que cualquier pequeña avería no perjudique al resto de la instalación.

Cuadro general ubicado en sala de maquinas del cual se extraen la línea de babor y estribor.

Línea de Babor:

- Sub-Cuadro 1: Cocina, salón
- Sub-Cuadro 2: Camarotes (1 y 2) y Baño (1) de babor

Línea de estribor

- Sub-cuadro 3: Camarote de tripulación, bañera y paramenta sala de maquinas
- Sub-cuadro 4: Navegación, flybridge, bow y hall
- Sub-cuadro 5: Camarote (3) y baño (2) de estribor
- Sub-cuadro 6: Emergencia (GMDSS)



Figura 41. Sectorización de la embarcación

1. Bañera
2. *Flybrige*
3. Salón
4. Cocina
5. Sala de maquinas
6. *Bow (solarium)*
7. Cabina de mandos
8. Hall (pasillo)
9. Camarote 1
10. Camarote 2
11. Baño babor
12. Camarote tripulación
13. Camarote 3
14. Baño estribor

5.5. Instalación eléctrica

Durante el desarrollo del protocolo de instalación eléctrica se ha creado una hoja de cálculo para el dimensionado de la instalación.

En el programa se encuentra un listado con todo el tipo de paramenta que se encuentra en este tipo de embarcaciones, donde el usuario solo tiene que introducir el numero de cargas de cada tipo y su multiplicidad.

En caso de tener la necesidad de introducir alguna carga no contemplada, se debe añadir su potencia, multiplicidad y el factor de simultaneidad correspondiente.

5.5.1. *Cálculo de potencias previstas.*

La hoja de cálculo contabilizará la potencia prevista para cada una de las líneas del siguiente modo:

$$P_{prevista} = C_{total} \times F_s \times F_u \quad (1)$$

Donde:

- $P_{prevista}$ = Potencia prevista [W]
- C_{total} = Potencia total de cada carga [W]
- F_s = Factor de simultaneidad [adimensional]
- F_u = Factor de utilización [adimensional]

5.5.2. *Baterías*

Para la realización del cálculo de la cantidad de baterías de servicio necesarias, se ha determinado las horas diarias de utilización de cada aparato conectado a esta línea, obteniendo así la energía almacenada necesaria para el disfrute de todos los dispositivos durante un día completo.

Así el programa nos dará directamente la cantidad de baterías necesarias.

Las ecuaciones utilizadas son las siguientes.

$$E_n = C_{total} \times F_u \times h \quad (2)$$

Donde:

- E_n = Energía necesaria [Wh/día]
- C_{total} = Potencia total de cada carga [W]
- F_u = Factor de utilización [adimensional]
- h = Horas de utilización de cada carga al día [h/día]

Para el cálculo del número de baterías para la disponibilidad de los dispositivos básicos para la navegación en caso de emergencia, se ha calculado la potencia de emergencia a través de la ecuación 1 teniendo en cuenta que la duración no debe ser inferior a tres horas.

$$Wh_{emergencia} = P_{emergencia} \times h \quad (3)$$

Donde:

- $Wh_{emergencia}$ = Energía de emergencia necesaria [Wh].
- $P_{emergencia}$ = Potencia total de emergencia necesaria [W].
- h = 3 horas de utilización en caso de emergencia.

De este modo, se podrá dimensionar la instalación para cualquier embarcación de recreo teniendo en cuenta únicamente dispositivos a instalar y su potencia.

- Baterías de servicios

Las baterías escogidas son de la marca AGM modelo GPL-8DA (12 V y 255Ah).

El consumo de energía habitual en una embarcación de estas dimensiones es muy similar al de un hogar y sigue la siguiente distribución durante 24 horas:

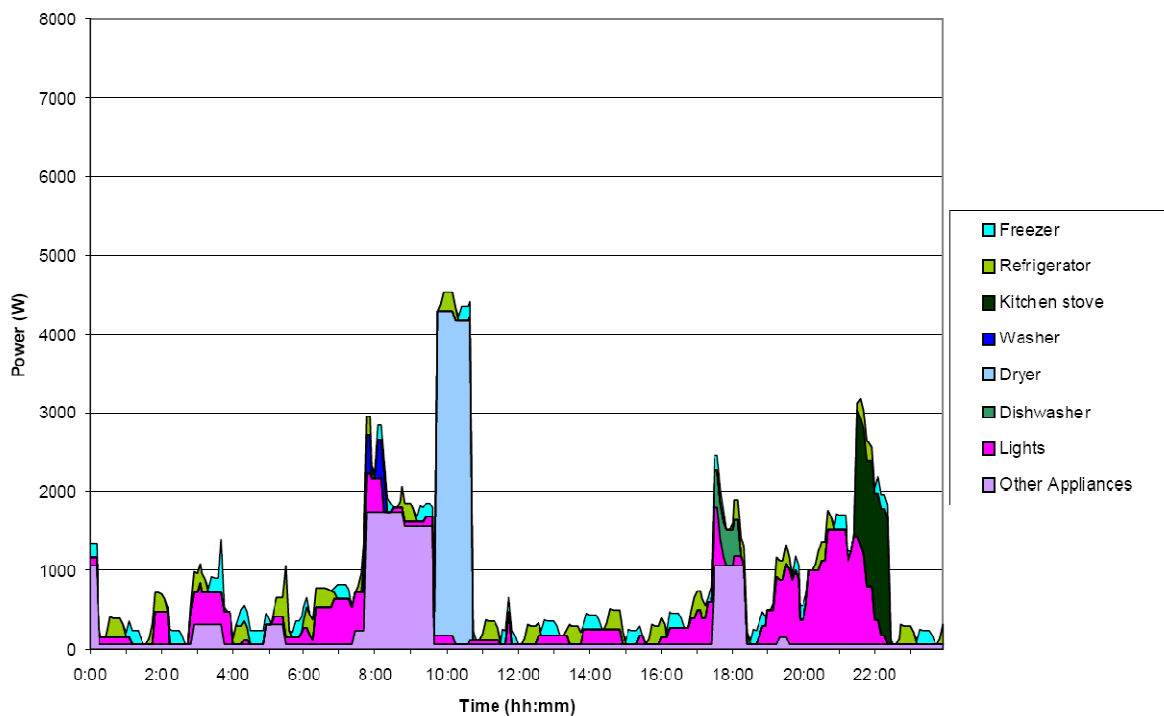


Figura 42. Victronenergycatálogo multipower

Observando la figura 42 se concluye que durante el día hay dos grandes puntos de alto consumo en los que será necesaria la utilización de generador para no agotar la energía de las baterías. Además, se podrá aprovechar el encendido de éste para cargar las baterías. Teniendo en cuenta este factor, se ha considerado el máximo tiempo que estarán las baterías sin ser cargadas serán aproximadamente 1/3 de día, aunque se ha utilizado un factor de dimensionado de 2/3 de la capacidad obtenida previamente para garantizar energía suficiente evite el funcionamiento del generador con un bajo consumo eléctrico.

En total se ha obtenido una energía de 24459,47 Wh. Esto se conseguirá mediante 8 baterías de 12 V y 255 Ah cada una de ellas.

- Baterías de emergencia

Las baterías escogidas son de la marca AGM modelo GPL-4DA (12 V y 150 Ah). La energía total disponible será de 3600 Ah, cumpliendo el mínimo de tiempo estipulado por el reglamento, que es de tres horas.

La energía necesaria para el grupo de baterías de emergencia es igual a 2895 Wh, necesitando 2 baterías de 12 V y 150 Ah cada una de ellas para asegurar dicha capacidad.

5.5.3. Generadores

Se escogerán dos generadores, uno para el circuito de climatización y otro para el de corriente alterna.

- Climatización

Tabla 20. Cálculo generador climatización

Localización	Tipología	Consumo total (W)	F _s	F _u	P _{prevista} (W)
AIRE ACONDICIONADO	Equipo aire acondicionado	3500	1	1	3500
CAMAROTE 1	Fan-coil	240	1	1	240
CAMAROTE 2	Fan-coil	130	1	1	130
CAMAROTE 3	Fan-coil	130	1	1	130
CAMAROTE TRIPULACIÓN	Fan-coil	130	1	1	130
TOTAL					4830

Para el circuito de climatización el generador seleccionado será de la marca Fisherpanda 6000 PMS, capaz de suministrar 5 kW.

- Servicios

Tabla 21. Cálculo generador servicios

Localización	Tipología	Consumo total (W)	Circuito	F _s	F _u	P _{prevista}
BAÑERA	Motor eléctrico para Hard Top	100	AC	0,05	1	5
	TC	6900	AC	0,2	0,02	27,6
	Motor pasarela entrada	4000	AC	0	1	
	Motor enrollador cable puerto	180	AC	0	1	
BOW (solarium)	Nevera eléctrica de proa	65	AC	0,5	1	32,5
	Molinete de ancla	2000	AC	0,05	1	100
	Altavoces	200	AC	0,2	1	40
SALÓN	TV 32"	70	AC	0,2	1	14
	Sistema video CD/DVD	25	AC	0,2	1	5
	Altavoces	200	AC	0,2	1	40
	TC	6900	AC	0,2	0,02	27,6
CONSOLA	Asiento piloto control eléctrico	200	AC	0,2	1	40

CAMAROTE 1	TV 26"	60	AC	0,2	1	12
	Radio CD/DVD	25	AC	0,2	1	5
	TC	6900	AC	0,2	0,02	27,6
	Altavoces	200	AC	0,2	1	40
BAÑO 1	TC	3450	AC	0,4	0,1	138
CAMAROTE 2	TV 26"	60	AC	0,2	1	12
	Radio CD/DVD	25	AC	0,2	1	5
	TC	6900	AC	0,2	0,02	27,6
	Altavoces	200	AC	0,2	1	40
BAÑO 2	TC	3450	AC	0,4	0,1	138
CAMAROTE 3	TV 26"	60	AC	0,2	1	12
	Radio CD/DVD	25	AC	0,2	1	5
	TC	6900	AC	0,2	0,02	27,6
	Altavoces	200	AC	0,2	1	40
CAMAROTE TRIPULACIÓN	Radio CD/DVD	25	AC	0,2	1	5
	TC	6900	AC	0,2	0,02	27,6
	Altavoces	200	AC	0,2	1	40
BAÑO TRIPULACIÓN	TC	3450	AC	0,4	0,1	138
COCINA/GALERÍA	Nevera 160l	65	AC	1	1	65
	Congelador 160l	70	AC	1	1	70
	Vitrocerámica 2 fuegos	2400	AC	0,5	1	1200
	Extractor de humos	300	AC	0,2	1	60
	Lavavajillas	190	AC	0,66	1	125,4
	Horno - Microondas	2200	AC	0,5	0,8	880
	TC	6900	AC	0,4	0,1	276
	Lavadora	2200	AC	0,66	0,8	1161,16

Tabla 22. Cálculo generador servicios 2

Localización	Tipología	Consumo total (W)	Circuito	F _s	F _u	P _{prevista}
Sala de máquinas	Calentador agua 250 litros	3000	AC	0,66	1	1980
	TC	6900	AC	0,2	0,02	27,6

Tabla 23. Cálculo generador servicios 3

Localización	Tipología	Consumo total (W)	Circuito	F _s	F _u	P _{prevista}
Sala de máquinas	Carga de baterías	4896	AC	0,8	1	3916,8

En total se ha obtenido una potencia prevista total para el generador de servicios de 10834,5 W. Esto se suplirá con un generador de 11 kW.

El generador para el circuito de alterna será el modelo de la marca Fisherpanda, concretamente el modelo Panda 14.000 NE PMS.

5.5.4. Tipo y secciones de los conductores

Tal y como establece la ITC-BT 42 REBT los conductores a utilizar en este tipo de instalaciones serán conformes a la norma UNE 21166 o UNE 21027-16:

Los cables utilizados serán aislados de la sección adecuada al servicio que prestan.

El aislamiento de los cables será resistente al agua de mar, a los aceites, a los hidrocarburos y no propagara las llamas. Los que estén expuestos a la acción solar tendrán una cubierta exterior insensible a la radiación ultravioleta.

Aun no siendo expuesto en las normativas aplicadas es recomendable que los conductores sean de tipo estañado para evitar una corrosión prematura debido al agua del mar.

Los colores identificativos para cada uno de los circuitos según la norma ISO 10133 e ISO 13297-2000 serán los expuestos en la tabla 24 para corriente alterna y en la tabla 25 para corriente continua.

Tabla 24. Colores identificativos cableado corriente alterna

Corriente alterna monofásica	
Nombre	Color
Fase	Negro
Neutro	Azul
Tierra	Verde-amarillo

Tabla 25. Colores identificativos cableado corriente continua

Corriente continua	
Nombre	Color
Positivo	Rojo
Masa	Amarillo

A partir de las potencias previstas obtenidas, el programa realizará el cálculo de la sección del conductor necesario para cada una de las instalaciones, que se ha resuelto mediante la siguiente ecuación y escogiendo la sección normalizada inmediatamente superior, siempre y cuando cumpla para la intensidad máxima asignada a la línea

$$s = \frac{2 \times L \times P}{\gamma \times \varepsilon(\%) \times V^2} \quad (2)$$

Donde:

- s = Sección conductor [mm^2].
- L = longitud de la línea [m].
- P = potencia línea [W].
- γ = conductividad del cobre a 70 °C ($\gamma = 48$ S/m).
- $\varepsilon\%$ = Caída de tensión (3% entre el origen y final de la línea).
- V = Tensión de funcionamiento [V].

Las secciones resultantes para cada uno de los circuitos pueden verse en la tabla 26.

Tabla 26. Tabla de secciones para los conductores

Tipo de cargas	Línea	Potencia Línea (W)	Intensidad (A)	sección c.d.t. máx 3% (mm ²)	Sección normalizada escogida (mm ²)
GDOR. AA	Generador	4830	21,00	0,51	2,5
Aire acondicionado	Babor	1070	4,65	0,39	1,5
	Cuad. 1 Cocina y salon	700	3,04	0,04	1,5
	Cuad. 2 Camarotes y baño babor	370	1,61	0,02	1,5
	Estribor	3760	16,35	0,79	2,5
	Cuad. 3 Camarote tripul. Bañera y paramenta sala maquinas	3630	15,78	0,19	1,5
	Cuad. 5 Camarotes baños estribor	130	0,57	0,01	1,5
Corriente continua	General	1463,82	60,99	14,12	25
	Babor	82,5	3,44	2,79	4
	Cuad. 1 Cocina y salón	37,5	1,56	0,18	1,5
	Cuad. 2 Camarotes y baño babor	45	1,88	0,22	1,5
	Estribor	1381,32	57,56	26,65	35
	Cuad. 3 Camarote tripul. Bañera y paramenta sala maquinas	470,82	19,62	2,27	2,5
	Cuad. 4 Navegación, flybridge y bow	885	36,88	4,27	6
	Cuad. 5 Camarotes baños estribor	25,5	1,06	0,12	1,5
Carga Baterías	Carga baterías	5000	260,42	36,17	120
Conexión ramales baterías	Carga baterías	5000	260,42	36,17	120
Cable alternadores motores a carga baterías servicios	Carga baterías	4896	204,00	35,42	95
Emergencia	Carga baterías placa solar	192	8,00	3,70	4
Emergencia	Estribor	965	40,21	11,63	16
GRAL. CA	GRAL.	10834,5	47,11	2,28	10
Corriente alterna	Babor	4364,4	18,98	1,60	4
	Estribor	2553,3	11,10	0,54	6

Hélice de proa	Estribor	5000	27,17	1,97	4
Motor HardTop	Babor	100	0,54	0,01	1,5
Molinete ancla	Babor	2000	10,87	0,21	1,5
Motor pasarela entrada	Estribor	4000	21,74	0,42	2,5
Motor enrollador cable puerto	Estribor	180	0,98	0,02	1,5
Termo	Estribor	3000	13,04	0,32	1,5
Lavadora, lavavajillas.	Babor	1287	5,60	0,14	4
Cocina y horno	Babor	2080	9,04	0,22	6
Líneas de tomas de corriente	Cualquiera	3450	15,00	1,27	2,5
Toma de puerto	GRAL.	7360	32,00	2,90	4

El tipo de cable seleccionado es el cable marino estañado del fabricante Lalizas.

El esquema eléctrico unifilar puede verse en el anexo planos, plano número 11.

5.5.5. Protecciones

Las protecciones seleccionadas deberán proteger las líneas de sobrecargas. Todas ellas tendrán una capacidad de corte de 6 kA, siendo más que suficiente ya que la intensidad de cortocircuito prevista para la instalación será inferior a 4 kA.

Cabe destacar que las secciones y protecciones podrían ser menores en algunos casos, pero que se han escogido mayores para cumplir con una selectividad, de manera que se pueda localizar más fácilmente la avería en caso de que existiera.

Para asegurar la selectividad entre los diferenciales conectados en serie, aquellos situados aguas arriba de la instalación, tendrán una corriente diferencial de 100 mA. Los diferenciales situados más próximos a los receptores tendrán una corriente diferencial de 30 mA. Todos ellos serán acordes a la intensidad asignada a la línea.

Las protecciones obtenidas para las líneas pueden observarse en la tabla 27:

Tabla 27. Tabla de protecciones eléctricas

Tipo de cargas	Línea	Potencia Línea (W)	Intensidad (A)	Sección normalizada escogida (mm ²)	Protección magnetotérmico o fusible
----------------	-------	--------------------	----------------	---	-------------------------------------

GDOR. AA	Generador	4830	21,00	2,5	25 A AC
Aire acondicionado	Babor	1070	4,65	1,5	10 A AC
	Cuad. 1 Cocina y salón	700	3,04	1,5	6 A AC
	Cuad. 2 Camarotes y baño babor	370	1,61	1,5	2 A AC
	Estribor	3760	16,35	2,5	20 A AC
	Cuad. 3 Camarote tripul. Bañera y paramenta sala maquinas	3630	15,78	1,5	16 A AC
	Cuad. 5 Camarotes baños estribor	130	0,57	1,5	1 A AC
Corriente continua	General	1463,82	60,99	25	FUSIBLE 100 A
	Babor	82,5	3,44	4	6 A DC
	Cuad. 1 Cocina y salon	37,5	1,56	1,5	2 A DC
	Cuad. 2 Camarotes y baño babor	45	1,88	1,5	2 A DC
	Estribor	1381,32	57,56	35	50 A DC
	Cuad. 3 Camarote tripul. Bañera y paramenta sala maquinas	470,82	19,62	2,5	20 A DC
	Cuad. 4 Navegación, flybridge y bow	885	36,88	6	40 A DC
	Cuad. 5 Camarotes baños estribor	25,5	1,06	1,5	2 A DC
Carga Baterías	Carga baterías	5000	260,42	120	FUSIBLE 300 A
Conexión ramales baterías	Carga baterías	5000	260,42	120	FUSIBLE 300 A
Cable alternadores motores a carga baterías servicios	Carga baterías	4896	204,00	95	FUSIBLE 250 A
Emergencia	Estribor	192	8,00	4	10 A DC
Emergencia	Estribor	965	40,21	16	50 A DC - FUSIBLE BATERÍAS EM. 80 A
GRAL. CA	GRAL.	10834,5	47,11	10	50 A AC
Corriente alterna	Babor	4364,4	18,98	4	32 A AC
	Estribor	2553,3	11,10	6	40 A AC
Hélice de proa	Estribor	5000	27,17	4	32 A AC curva D motores

Motor HardTop	Babor	100	0,54	1,5	1 A AC curva D motores
Molinete ancla	Babor	2000	10,87	1,5	16 A AC curva D motores
Motor pasarela entrada	Estribor	4000	21,74	2,5	25 A AC curva D motores
Motor enrollador cable puerto	Estribor	180	0,98	1,5	1 A AC curva D motores
Termo	Estribor	3000	13,04	1,5	16 A AC
Lavadora, lavavajillas.	Babor	1287	5,60	4	20 A AC
Cocina y horno	Babor	2080	9,04	6	25 A AC
Líneas de tomas de corriente	Cualquiera	3450	15,00	2,5	16 A AC
Toma de puerto	GRAL.	7360	32,00	4	32 A AC

5.5.6. Configuración de sub-cuadros

La distribución de las protecciones para el cuadro de maquinas y los sub-cuadros queda relacionada como puede verse a continuación.

Tabla 28. Cuadro sala de maquinas

Cuadro sala de maquinas	
Componente	Protección
Int. Diferencial 25 A 30 mA 6 kA	Generador aire acondicionado (AC)
Int. Diferencial 32 A 100 mA 6 kA	Transformador de aislamiento (AC)
Int. Diferencial 63 A 100 mA 6 kA	Generador de servicios (AC)
PIA 32 A 6 kA	Transformador de aislamiento (AC)
PIA 50 A 6 kA	Generador de servicios (AC)
PIA 50 A 6 kA	Quattro (AC)
PIA 40 A 6 kA	Línea estribor (AC)
PIA 32 A 6 kA	Línea babor (AC)
PIA 50 A 6 kA	Línea estribor (DC)
PIA 6 A 6 kA	Línea babor (DC)
PIA 20 A 6 kA	Línea aire acondicionado estribor (AC)
PIA 10 A 6 kA	Línea aire acondicionado babor (AC)
PIA 25 A 6 kA	Generador de aire acondicionado (AC)

Para la ubicación de la paramenta se ha escogido el cuadro del fabricante Safybox para 18 elementos, sus dimensiones son: (391x218x75).

Tabla 29. Sub-cuadro 1

Sub-cuadro 1 (Cocina,Salón)	
Componente	Protección
Int. Diferencial 32 A 30 mA 6 kA	Paramenta de alterna (AC) (no A.A)
PIA 1 A (curva D)6 kA	Motor de hard top (AC)
PIA 16 A 6 kA	Tomas de corriente (AC)
PIA 20 A 6 kA	Lavadora-lavavajillas (AC)
PIA 25 A 6 kA	Cocina-Horno (AC)
PIA 6 A 6 kA	Aire acondicionado (AC)
PIA 2 A 6 kA	Luces (DC)

Para la ubicación de la paramenta se ha escogido el cuadro del fabricante Safybox para 10 elementos, sus dimensiones son: (248x218x75).

Tabla 30. Sub-cuadro 2

Sub-cuadro 2 (Camarotes y baños de babor)	
Componente	Protección
Int. Diferencial 32 A 30 mA 6 kA	Paramenta de alterna (AC) (no A.A)
PIA 16 A (curva D)6 kA	Moline de ancla (AC)
PIA 16 A 6 kA	Tomas de corriente (AC)
PIA 2 A 6 kA	Aire acondicionado (AC)
PIA 2 A 6 kA	Luces (DC)

Para la ubicación de la paramenta se ha escogido el cuadro del fabricante Safybox para 6 elementos, sus dimensiones son: (172x218x75).

Tabla 31. Sub-cuadro 3

Sub-cuadro 3 (Camarote de tripulación y bañera)	
Componente	Protección
Int. Diferencial 40 A 30 mA 6 kA	Paramenta de alterna (AC) (no A.A)
PIA 1 A (curva D)6 kA	Motor enrollador cable de puerto (AC)
PIA 25 A (curva D)6 kA	Motor pasarela (AC)
PIA 16 A 6 kA	Calentador (AC)
PIA 16 A 6 kA	Tomas de corriente(AC)
PIA 20 A 6 kA	Luces y paramenta (DC)
PIA 16 A 6 kA	Aire acondicionado (DC)

Para la ubicación de la paramenta se ha escogido el cuadro del fabricante Safybox para 10 elementos, sus dimensiones son: (248x218x75).

Tabla 32. Sub-cuadro 4

Sub-cuadro 4 (Navegación, flybrige y bow)	
Componente	Protección
Int. Diferencial 16 A 30 mA 6 kA	tomas de corriente (AC) (no A.A)
Int. Diferencial 32 A 30 mA 6 kA	Motor de proa (AC) (no A.A)
PIA 32 A (curva D) 6 kA	motor de proa (AC)
PIA 16 A 6 kA	Tomas de corriente (AC)
PIA 40 A 6 kA	Luces y paramenta de navegación (DC)

Para la ubicación de la paramenta se ha escogido el cuadro del fabricante Safybox para 6 elementos, sus dimensiones son: (172x218x75).

Tabla 33. Sub-Cuadro 5

Sub-cuadro 5 (Camarotes y baños de estribor)	
Componente	Protección
Int. Diferencial 16 A 30 mA 6 kA	Paramenta de alterna (AC) (no A.A)
PIA 16 A 6 kA	Tomas de corriente (AC)
PIA 1 A 6 kA	Aire acondicionado (AC)
PIA 2 A 6 kA	Luces (DC)

Para la ubicación de la paramenta se ha escogido el cuadro del fabricante Safybox para 6 elementos, sus dimensiones son: (172x218x75).

Tabla 34. Sub-cuadro 6

Sub-cuadro 6 (GMDSS)	
Componente	Protección
PIA 50 A 6 kA	Luces y paramenta de navegación (DC)

Para la ubicación de la paramenta se ha escogido el cuadro del fabricante Safybox para 6 elementos, sus dimensiones son: (172x218x75).

5.5.7. Instalación y ubicación de los conductores

La instalación de los conductores de las diferentes líneas de babor y estribor transcurrirá tal y como se detalla en el apartado 4.8 entre plantas, garantizando la lejanía de los conductores con el agua y facilitando la instalación, ya que en esta ubicación no existen tabiques estructurales que corten el paso del cableado como si ocurre en otras disposiciones ya estudiadas. La instalación de las líneas se realizara mediante canaletas de la marca Unex, las cuales cumplen con la normativa de instalación en embarcaciones según la ITC-BT 42 de REBT figura 43.

Emplazamiento	Tipo de canal	Resistencia al impacto de la Canal protectora	Tipo de Cable	Cajas para terminales, empalmes y conexiones
ITC-BT-30 Locales Húmedos	Canal aislante	Media (2J)	Cable con cubierta	IPX1
ITC-BT-30 Locales Mojados	Canal aislante	Media (2J)		IPX4
ITC-BT-30 Locales con riesgo de corrosión	Canal aislante	Media (2J)		IPX4
ITC-BT-30 Locales polvorientos sin riesgo de incendio o explosión	Canal	Media (2J)		IP5X
ITC-BT-30 Locales con baterías de acumuladores	Canal aislante	Media (2J)		IPX4
ITC-BT-31 Piscinas	Canal aislante	Media (2J)		IPX4
ITC-BT-31 Fuentes	Canal aislante	Muy fuerte (20J)		IPX4
ITC-BT-42 Puertos y Marinas para barcos de recreo	Canal aislante	Fuerte (6J)		IPX6

Figura 43. Tipo de canaletas según ITC

Fuente: Catalogo UNEX

El modelo que cumple con dicha normativa es el modelo de canales 73 donde sus principales características se detallan en la tabla 35.

Tabla 35. Características canaleta modelo 73

Características	
Retención de tapa	Abrible solo con útil
Resistencia al impacto	Fuerte (6J)
Temperatura min/máx.	-25 °C a +60 °C
Propiedades eléctricas	Aislante
Protección contra la penetración de objetos	IP4X
Resistencia a la propagación de llama	No propagador
Protección cajas de terminales, empalmes y conexiones	IPX6

Grados de protección proporcionados por las envolventes (Código IP)s/ UNE 20324:1993 (EN 60529:1991) ver figura 44 primera cifra y figura 45 segunda cifra.

Primera cifra característica	Grados de protección contra el acceso a partes peligrosas	Grados de protección contra cuerpos sólidos extraños	Letra adicional
0	No protegido	No protegido	–
1	Protegido contra los cuerpos sólidos extraños superiores a 50 mm Ø y mayores	Protegido contra el acceso a partes peligrosas con el dorso de la mano	A
2	Protegido contra los cuerpos sólidos extraños de 12,5 mm Ø y mayores	Protegido contra el acceso a partes peligrosas con un dedo	B
3	Protegido contra los cuerpos sólidos extraños de 2,5 mm Ø y mayores	Protegido contra el acceso a partes peligrosas con una herramienta	C
4	Protegido contra los cuerpos sólidos extraños de 1,0 mm Ø y mayores	Protegido contra el acceso a partes peligrosas con un alambre	D
5	Protegido contra el polvo		
6	Totalmente protegido contra el polvo		

Figura 44. Grados de protección IP primera cifra

Fuente: Catalogo UNEX

Segunda cifra característica	Grado de protección
0	No protegido
1	Protegido contra la caída vertical de gotas de agua
2	Protegido contra las caídas de agua verticales con una inclinación máxima de 15° de la envolvente
3	Protegido contra el agua en forma de lluvia
4	Protegido contra proyecciones de agua
5	Protegido contra chorros de agua
6	Protegido contra fuertes chorros de agua
7	Protegido contra los efectos de la inmersión en agua
8	Protegido contra la inmersión prolongada

Figura 45. Grados de protección IP segunda cifra

Fuente: Catalogo UNEX

En consecuencia de la ISO 13297-2000 y el número de circuitos instalados en cada una de las líneas de babor y estribor el modelo escogido de canaleta es el 73084-2 ver figura 46.

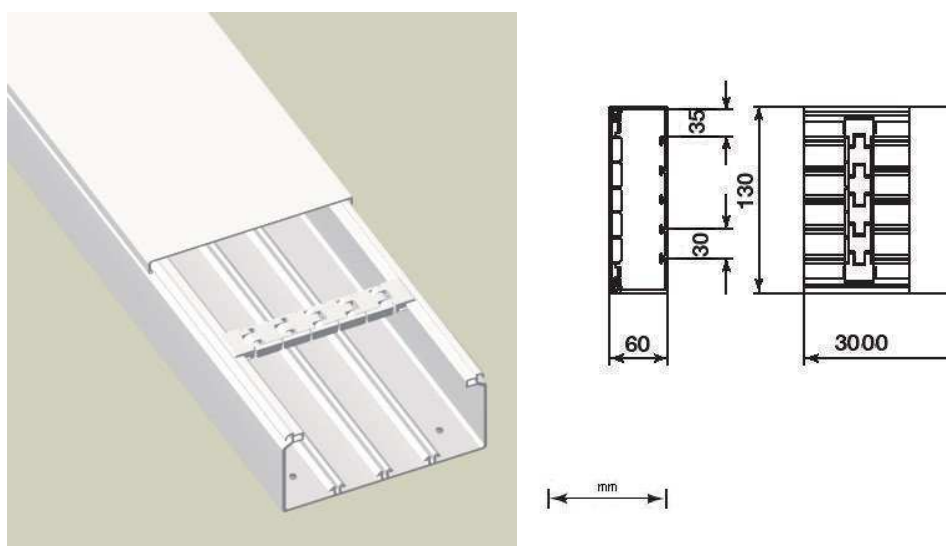


Figura 46. Ref: 73084-2 - Canal Unex 60x130 en U23X

Fuente: <http://www.unex.biz>

Para una correcta instalación son necesarios los siguientes componentes:

- Tabique separador: se instala en el interior de la canaleta proporcionando separación entre las diferentes líneas, ver figura 47.

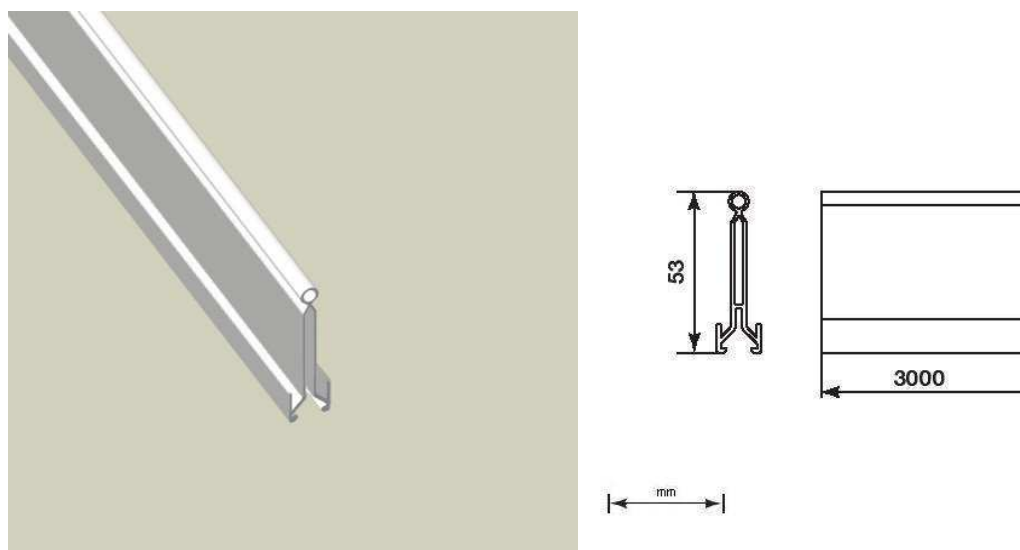


Figura 47. Ref: 73830 - Tabique Unex para canal de altura 60mm en U23X

Fuente: <http://www.unex.biz>

- Tapa final: Garantiza un buen acabado de la instalación dejándola completamente sellada, ver figura XX.

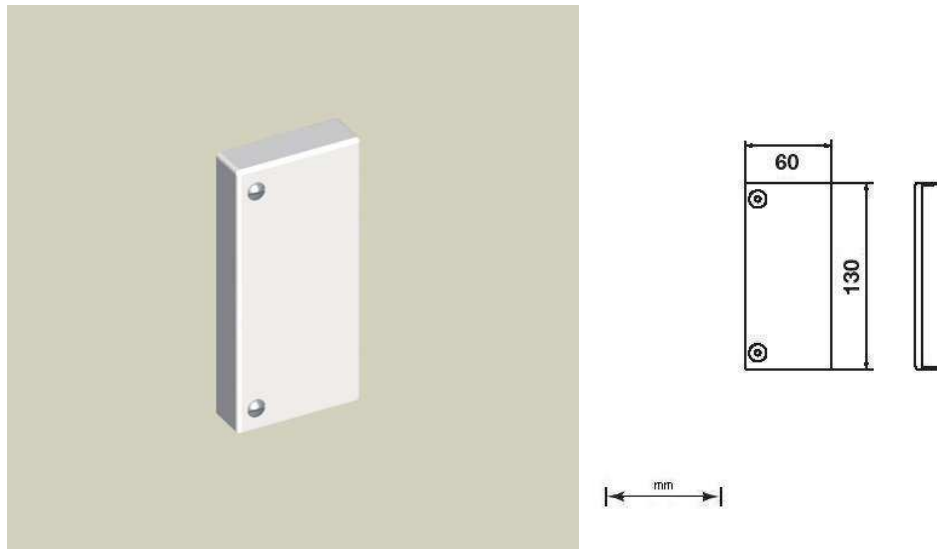


Figura 48. Ref: 73384-2 - Tapa final Unex 60x130 en U24X

Fuente:<http://www.unex.biz>

- Cubre juntas: debido a que la longitud máxima de las canales son de 3 m, el cubre juntas garantiza la estanqueidad de la instalación en la unión de estas, ver figura 49.

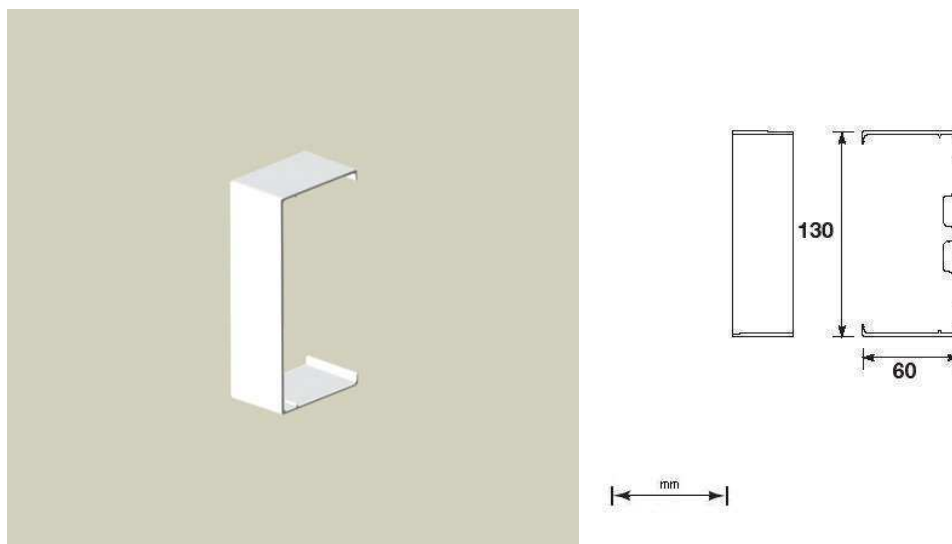


Figura 49. Ref: 73534-2-Cubrejuntas Unex 60X130 en U24X

Fuente:<http://www.unex.biz>

- Derivación T: la derivación T proporciona el cambio de trayectoria de la instalación o línea principal a cada uno de los sub-cuadros, ver figura 50.

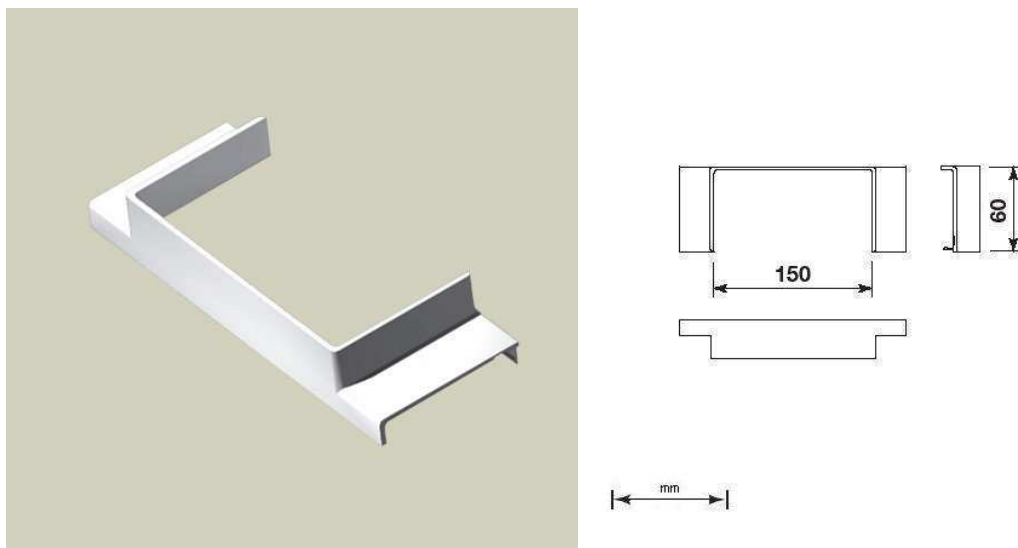


Figura 50.Ref: 73435-2 - Derivación T Unex 60x150 en U24X

Fuente:<http://www.unex.biz>

- Unión entre tramos: sirve para la correcta fijación de la canaleta a la estructura en la unión de canaletas, ver figura 51.

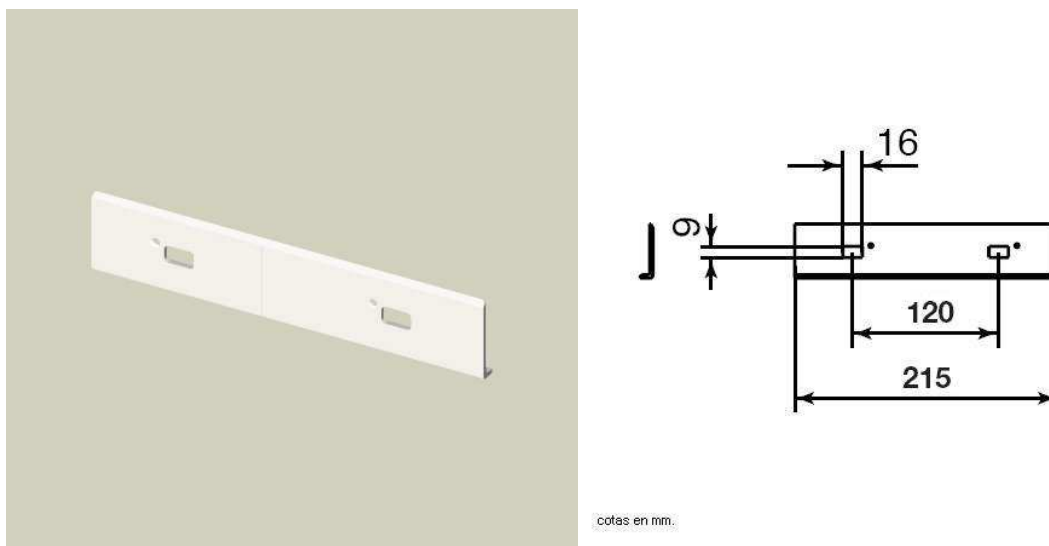


Figura 51.Ref: 70580 - Unión entre tramos Unex 60mm en U23X

Fuente:<http://www.unex.biz>



Figura 53. Toma de puerto

Fuente:<http://www.azimutmarine.es>

5.6.3. Transformador de aislamiento

La potencia del transformador de aislamiento viene determinada por la toma de puerto ya que tiene que soportar la potencia suministrada por esta.

En este caso particular al disponer de una toma de puerto de 32 A. el transformador de aislamiento será el dispuesto en la figura 54, del fabricante Vitron Energy modelo ITR000702000.



Transformador de aislamiento	7000 Vatios
Tensión de entrada y salida	230 / 240 V
Frecuencia	50/60Hz
Capacidad	32 A.
SoftStart (arranque suave)	Si
Temperatura ambiente	-20°C a 40°C.
Humedad	Humedad (sin condensado): máx. 95%
Tipo de transformador	Toroidal (bajo ruido, bajo peso)
Carcasa	Aluminio
Tipo de protección	IP21
Seguridad	EN 60076
Peso	24 kg.
Dimensiones (al x an x p)	362x258x218 mm.

Figura 54. Transformador de aislamiento y sus características

Fuente: <http://www.victronenergy.com.es>

5.6.4. *Quattro*

Debido a la configuración del sistema propuesto, la elección para realizar la carga de baterías y la correcta gestión de la energía en la embarcación, se ha escogido Quattro (figura 55) del fabricante Fairline modelo QUA248020010.

Las características del dispositivo pueden observarse en el anexo de *datasheets*.

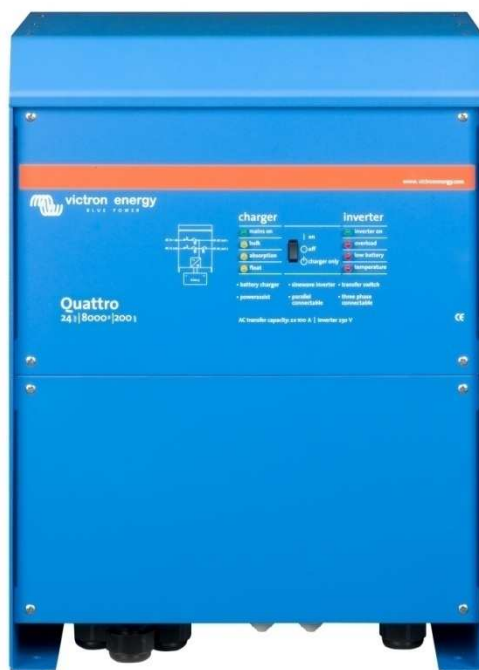


Figura 55. *Quattro modelo QUA248020010*

Fuente: <http://www.victronenergy.com.es>

Quattro puede conectarse a dos fuentes de alimentación CA independientes, en este caso a la red del pantalán y al generador de servicios, se conecta automáticamente a la fuente de alimentación activa.

La salida principal dispone de la función "no-break" (sin interrupción).

Quattro se encarga del suministro a las cargas conectadas en caso de apagón o de desconexión de la red eléctrica/generador. Esto ocurre tan rápido (menos de 20 milisegundos) que los ordenadores y demás equipos electrónicos continúan funcionando sin interrupción.

5.6.5. *Link box*

Link box (caja de enlace) reúne toda la protección para el circuito de CC, el control y la medición, esta incluye:

- 4 Fusibles de alta capacidad, estos son intercambiables según las necesidades del usuario. Los fusibles de alta capacidad están disponibles en tamaños de entre 100 y 500 A. y los medianos entre 30 y 125 A.
- Derivador de corriente de 500 A.

- Botones de comprobación con LED para los 5 fusibles y LED de aviso de polaridad.

Los fusibles necesarios para la instalación son los mostrados en la tabla 27 que corresponden a los calculados en el apartado 5.5.5.

Tras la elección de los fusibles la conexión de link box corresponde a la figura 56.

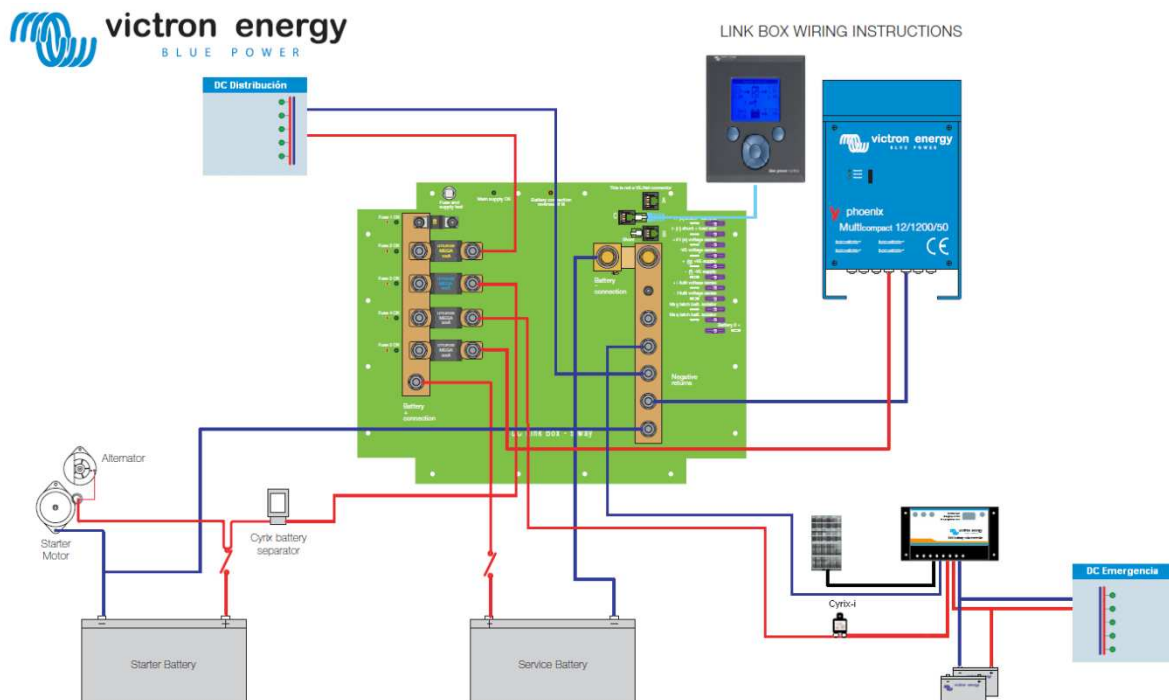


Figura 56. Conexión link box

Fuente: <http://www.victronenergy.com.es>

5.6.6. Cyrix-i

El combinador de baterías Cyrix-i (figura 57) es un relé reforzado controlado por microprocesador que conecta automáticamente las baterías en paralelo cuando una de ellas ha alcanzado una tensión pre-establecida (lo que indica que la batería se está cargando), y las desconecta cuando la tensión disminuye por debajo del nivel de flotación (lo que indica que una o más baterías están descargándose).

Con cyrix-i se consigue que una vez cargadas las baterías de arranque de los motores de la embarcación, si los motores están en funcionamiento desvía la tensión producida por los alternadores a la carga de baterías del grupo de servicios.

La principal característica es que no hay prácticamente pérdida de tensión, de manera que la tensión de salida de los alternadores o cargadores de batería no necesitan incrementarse.

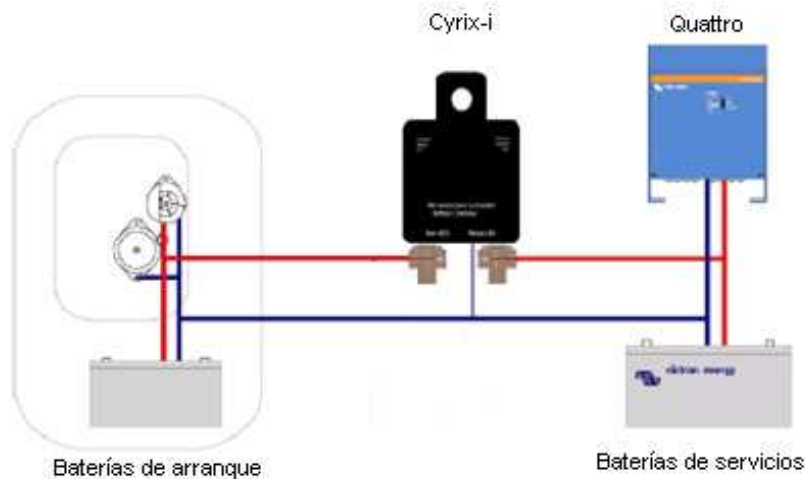


Figura 57. *Cyrix-i*

Fuente: <http://www.victronenergy.com.es>

5.6.7. *Visor estado baterías*

La función principal del visor de baterías (figura 58) es calcular los amperes/hora consumidos y el estado de carga de las baterías y mostrarlo para una rápida valoración del estado de cada una de las baterías.

Los principales parámetros que puede mostrar son:

- Tensión de la batería (V).
- Corriente de carga/descarga de la batería (A).
- Amperios-hora consumidos (Ah).
- Estado de la carga (%).
- Tiempo restante al ritmo de descarga actual.
- Alarma visual y sonora: corriente de sobre/sub voltaje y/o de batería descargada.
- Alarma programable o relé de arranque del generador.



Figura 58. Visor Panel Blue Power GX

Fuente:<http://www.victronenergy.com.es>

5.6.8. Placa solar para carga de baterías de emergencia

Dentro del sistema diseñado para la embarcación se encuentra la placa solar, encargada de mantener las baterías de emergencia siempre cargadas.

Las baterías de emergencia corresponden al modelo AGM GPL-30HP 150 A.

Su capacidad es de 150Ah. y su voltaje de funcionamiento 12 V.

Realizando una conexión de dos baterías en serie obtenemos los 24 V de funcionamiento para el sistema de emergencia.

Para la carga de baterías es suficiente con administrar entre un 10-20% de la corriente total de las baterías a cargar, con lo que la carga máxima necesaria para este grupo de baterías sería de 30 A.

La placa solar escogida proporciona una intensidad máxima de carga de 7,89 A pero como el circuito de emergencia rara vez se utiliza, se ha escogido una placa solar que va cargando muy lentamente las baterías, pensado únicamente para que efectué el mantenimiento de estas debido a las pequeñas perdidas de carga por temperatura. En el caso que el circuito de emergencia fuera utilizado y provocara una gran descarga en las baterías, éstas serán cargadas mediante el cargador portátil.

Cuando las baterías de emergencia están totalmente cargadas cyrix-i desvía la tensión proporcionada por la placa al circuito de CC, cargando así las baterías de servicio.

El modelo de placa escogido es SPP28024(figura 59) del fabricante Victronenergy donde sus características principales pueden verse en la figura 60.



Figura 59. Placa solar poli-cristalina

Fuente: <http://www.victronenergy.com.es>

Tipo	Tamaño del módulo	Tamaño del cristal	Peso	Rendimiento eléctrico bajo STC η				
				Nominal Potencia	Tensión máxima	Corriente máxima	Tensión en vacío	Corriente de cortocircuito
				P_{MPP}	V_{MPP}	I_{MPP}	V_{oc}	I_{sc}
Módulo	mm	mm	kg	W	V	A	V	A
SPP30-12	735x350x25	730x345	3.5	30	18	1.66	21.6	1.83
SPP50-12	610x670x35	605x665	5	50	18	2.85	22.19	3.09
SPP80-12	950x670x35	945x665	8.2	80	18	4.58	22.25	4.98
SPP100-12	1150x670x35	1145x665	11.8	100	18	5.72	22.36	6.12
SPP130-12	1480x680x35	1474x674	12.5	130	18	7.43	22.4	8.02
SPP280-24	1956x992x50	1950x986	24	280	36	7.89	44.25	8.76

Figura 60. Características placa solar poli-cristalina

Fuente: <http://www.victronenergy.com.es>

Para la correcta carga de baterías es necesario un controlador de carga (figura 61), el controlador escogido para el buen funcionamiento es BlueSolar DUO 12/24-20 donde sus principales características son:

- Ratio de corriente de carga programable (configuración de fábrica: igual corriente a ambas baterías).
- Ajustes de tensión de carga para tres tipos de batería (Gel, AGM e inundadas).
- Sensor de temperatura interna y sensor remoto de temperatura opcional.
- Protegido contra sobrecorriente.
- Protegido contra cortocircuitos.
- Protegido contra la conexión inversa de los paneles solares y/o de la batería.



Figura 61. BlueSolar DUO 12/24-20

Fuente: <http://www.victronenergy.com.es>

Sus principales características de funcionamiento se pueden observar en la Tabla 36.

Tabla 36. Características de funcionamiento BlueSolar DUO 12/24-20

BlueSolar	BlueSolar 12/24-5 BlueSolar 12/24-10 BlueSolar 12/24-20	
	12V	24V
Tensión de la batería	AutoSelect de 12/24V (2)	
Corriente de carga nominal	5/10/20A	
Seguimiento MPPT	No	
Salida de la segunda batería	No	
Desconexión automática de la carga	Sí (carga máxima 10/10/20A)	
Tensión solar máxima	28/55V (2)	
Autoconsumo	6mA	
Valores predeterminados		
Carga de absorción (1)	14,4V	28,8V
Carga de flotación (1)	13,7V	27,4V
Carga de ecualización	n. d.	
Desconexión de sobrecarga	n. d.	
Recuperación de sobrecarga	n. d.	
Desconexión de carga por baja tensión	11,1V	22,2V
Reconexión de carga por baja tensión	12,6V	25,2V

5.7. Resumen de los cálculos

A continuación puede observarse en la siguiente tabla, un resumen del equipamiento más importante de la embarcación.

Tabla 37. Tabla resumen cálculos

Tipología	Características	Cantidades
Baterías de servicios	12 V y 255 Ah	8
Baterías emergencia	12 V y 150 Ah	2
Generador climatización	5 kW	1
Generador servicios	11 kW	1
Alternadores motores combustión	12 V y 110 A	2

También se han obtenido los siguientes resultados en cuanto a tiempos de carga de baterías.

- Baterías de servicios:

Las baterías de servicio se cargan completamente en aproximadamente 5 horas, ya sea a partir de los motores de combustión de la embarcación, o del generador de servicios.

- Baterías de emergencia:

Las baterías de emergencia se cargan completamente en aproximadamente 2,5 días a partir de la placa solar fotovoltaica.

CAPÍTULO 6:

CONCLUSIONES Y

FUTURAS MEJORAS

6.1. Conclusiones

Con el desarrollo de este proyecto se ha conseguido un diseño modernizado de las instalaciones eléctricas para embarcaciones de recreo acorde a la tecnología existente en el mercado.

Gracias a la arquitectura y el cableado para la instalación eléctrica propuestos, se consigue unas mejores prestaciones en seguridad y una solvencia más rápida de problemas o posibles modificaciones, siendo la instalación más duradera en el tiempo.

Además, con el dimensionado de la instalación gracias a la hoja de cálculo proporcionada, se puede realizar los cálculos de todo tipo de parámetros de generación, almacenaje y distribución de manera sencilla y rápida.

Con el sistema de generación y acumulación de energía propuesta se consigue un funcionamiento híbrido. De este modo, se aprovecha la gran potencia de generación cuando la embarcación está realizando un consumo eléctrico elevado mientras que cuando este consumo disminuye, las baterías son las encargadas de alimentar a todas las cargas.

Así se utiliza el generador únicamente para cuando se necesita gran potencia y aprovechando sinergias, se cargan las baterías, elevando la relación Potencia útil/Consumo del generador, ya que éstos no tienen esta relación lineal, de modo que cuando tenemos un consumo bajo, el consumo de combustible es alto, mientras que cuando tenemos un consumo eléctrico alto, el consumo de combustible es muy similar al caso anterior.

6.2. Futuras mejoras y modificaciones

Creemos que los campos de mejora de este proyecto pueden ser muy diversos, ya que aquí solo se plantea el esquema principal de la embarcación, su funcionamiento, gestión de la energía y dimensionado.

Sin embargo, creemos que los estudios inmediatos a realizar serían la distribución desde cada sub-cuadro hasta los receptores de la embarcación, así como un estudio lumínico gracias a la tecnología LED emergente en el mercado.

Una de las limitaciones a tener en cuenta en este tipo de instalaciones es el almacenamiento de energía, ya que si se dispusiera de baterías con mejores prestaciones en cuanto a recarga rápida y una mayor capacidad de almacenaje, se conseguiría una instalación con mayor autonomía.

En la actualidad la incursión del coche eléctrico en el mercado, ha provocado un avance tecnológico en las baterías, en un futuro inmediato saldrán al mercado numerosos modelos de automóviles con un tipo de baterías similares a las del modelo Chevrolet Volt.

El Chevrolet Volt está provisto de una batería como la que se puede observar en la figura 62, que entrega 16 KWh. Su peso ronda los 170 Kg. En la actual instalación de baterías necesitaríamos unas 8 baterías del modelo AGM y su peso ascendería a 584 Kg, con lo que solo la ganancia en peso sería considerable.



Figura 62. *Batería Chevrolet Volt*

Fuente:<http://www.wallofsecret.blogspot.com>

En un futuro próximo, cuando la tecnología en este campo lo permita, se podrá tener en cuenta este tipo de alimentación. Donde lo único a tener en cuenta sería el aumento de tensión de funcionamiento, por lo que la instalación propuesta en el actual proyecto sería perfectamente válida con la introducción de un convertidor de tensión que permita la reducción de ésta a la tensión de funcionamiento de la paramenta de a bordo, es decir, 24 V.

Otro campo a tener en cuenta en este tipo de instalaciones es la incorporación de energías renovables, tales como la eólica o maremotriz como fuentes de energía para la recarga de baterías y suministro. El implementar este tipo de instalación

en el actual proyecto no resultaría muy costoso, lo cual permitiría un aumento de la autonomía diaria y disminución de la cuantía de baterías para servicios.

CAPÍTULO 7: TENDENCIAS

7.1. Actuales

El mercado de embarcaciones es muy equiparable al del automóvil en cuanto a evolución se refiere, aunque es cierto que va un paso por detrás con a este último.

Actualmente las embarcaciones con diseño más reciente están centrando sus esfuerzos en la monitorización y gestión de la energía. Esto es posible gracias a la evolución de la electrónica de potencia.

Una de las limitaciones que se pueden observar es que casi toda la paramenta de navegación funciona con corriente continua. Esto hace que se tengan que utilizar dos circuitos, además de ser el de corriente continua de gran sección.

7.2. Futuras

Creo que las situación energética actual, así como la necesaria reducción de emisiones de CO₂ hace que las energías renovables empiecen a imponerse como fuente de generación complementaria a los generadores y alternadores del motor.

Las necesidades energéticas de una embarcación de recreo como la estudiada son muy altas. Además, el poco espacio aprovechable a bordo para energías renovables no supondría un gran aporte de energía en la actualidad.

En un futuro creo que este campo irá ganando terreno, de manera que manteniendo la generación híbrida, los tamaños de los generadores se irán reduciendo a favor de la utilización de las fuentes de energía renovables.

También creo que toda la paramenta de navegación actual se irá adaptando a tensiones de funcionamiento mayores, ya que las baterías que se están desarrollando actualmente para el mundo del automóvil funcionan cada vez a mayor tensión, reduciendo así la intensidad que circulará por el cableado y como consecuencia, también disminuirá la sección y el peso del cableado.

CAPÍTULO 8:

REFERENCIAS

8.1. Bibliografía

Garrod, Alastair. *Electrics afloat*. London: Adlard Coles Nautical, 2005.

Boix, Sainz, Córcoles, Suelves. *Tecnología eléctrica*. Barcelona: Ediciones Ceysa, 2002.

Charlie Wing. *Cómo funcionan las cosas de los barcos*. Madrid: Ediciones Tutor, 2004.

Escola náutica mediña. *Patrón de embarcaciones de recreo*. Barcelona: Ediciones Omega, 2002.

Reglamento electrotécnico de baja tensión. Madrid: McGraw Hill, 2006.

Nelson Noziglia. *Arquitectura naval*. Argentina: Poligrafica, 2006.

8.2. Webgrafía

Entre todas las referencias dispuestas en este apartado, cabe destacar la importancia de la visita a la 49ª edición del salón náutico de Barcelona, de donde se pudo extraer mucha información, catálogos y conocimientos referentes al mundo de la náutica. Las referencias más importantes son las siguientes:

ABB, fabricante de tecnologías electrotécnicas. <http://www.abb.com/>
[10/02/2012]

Barcelona World Race. <http://www.barcelonaworldrace.org/> [11/02/2012]

Escuela Euetib. <http://www.euetib.upc.edu> [11/02/2012]

Fabricante de cables eléctricos. <http://www.telecnor.es/> [15/02/2012]

Fabricante de cables eléctricos.

http://esgeneralcable.convertlanguage.com/generalcable/enes/24/_generalcable_com/GeneralCable/en-US/Products/OffshoreAndMarineShipboardCables/
[15/02/2012]

Garmin, fabricante de equipos electrónicos náuticos.

<http://www.garmin.com/es/> [15/02/2012]

Información náutica. <http://www.elportaldelosbarcos.es/> [22/02/2012]

Proyectos final de carrera Euetib.

<http://upcommons.upc.edu/pfc/handle/2099.1/4824> [02/04/2012]

Raymarine, fabricante de equipos electrónicos

náuticos. <http://www.raymarine.com/> [04/03/2012]

Schneider Electric, fabricante de todo tipo de material

eléctrico. www.schneiderelectric.es/ [04/03/2012]

Información técnica de instalaciones de embarcación. <http://www.fondear.org>

[15/03/2012]

Wikipedia. <http://es.wikipedia.org/> [15/03/2012]

Información

náutica www.fondear.org/infonautic/Equipo_y_Usos/Electricidad_Energia/Cableado_Digital/Cableado_Digital.htm [15/03/2012]

Web de mecánica del automóvil

<http://www.mecanicavirtual.org/can-most-bus.htm> [15/03/2012]

Blog personal

<http://tecnoloxiasnoelia.blogspot.com/p/4.html> [15/03/2012]

Información náutica

<http://news.nauticexpo.es/press/fischer-panda/new-panda-4000s-pms-marine-generator-21538-191997.html> [12/04/2012]

Información mecánica

<http://grupos.emagister.com/imagen/alternador/1044-163616> [15/04/2012]

Información náutica

http://images.google.es/imgres?imgurl=http://www.pixelsolar.eu/WebRoot/StoreLES/Shops/62385324/4DA6/DB76/35C1/45E1/2344/C0A8/29B9/C440/Centaur_Charger.png&imgrefurl=http://www.pixelsolar.eu/Cargador-Centaur-Charger. [15/04/2012]

Información esquemas de conexión

Vitronenergy http://www.victronenergy.com/upload/documents/Brochure%20-%20Marine_rev%2006_EN_web.pdf [10/05/2012]

Dispositivos de protección CC

www.mastervolt.es

http://www.imh.es/fitxategiak/proman/catalogos/catalogos_logica_electrica/pdf/magnetotermicos_de_cc.pdf [10/05/2012]

Magnetotérmicos normalizados

<http://roble.pntic.mec.es/adog0009/5.html> [10/05/2012]

PRECIOS magnetotérmicos

<http://www.direct-electro.es/material-electrico/magnetotermicos/epp>
[10/05/2012]

Generadores

http://www.kohlerpower.com/marine/detail.htm?sectionNumber=13461&categoryNumber=8361&filter_1=50%20Hz&prodnum=68861 [14/05/2012]

<http://fischerpanda.com/marinegen/ac-generators> [14/05/2012]

<http://www.pasch.es/motores-marinos/man/auxiliares/index.php> [14/05/2012]

<http://www.marinewholesales.com/sp/product.php?id=1393> [14/05/2012]

Fabricante de cables eléctricos. <http://www.woertz.com> [21/05/2012]

Información náutica

<http://www.solostocks.com/img/inversor-cargador-quattro-24-5000-120-2x30-6128207z0.jpg> [23/05/2012]

Blog personal

<http://www.google.es/imgres?imgurl=http://1.bp.blogspot.com> [23/05/2012]