

2012 -  
2013

# ELECTRICIDAD EN EL BUQUE

PATRÓN COSTERO POLIVALENTE

Introducción básica al mundo de la electricidad en los buques con todos los principios básicos, componentes y sistemas para aplicaciones en el mundo marino.





**ÍNDICE:**

- 1. INTRODUCCIÓN A LA ELECTRICIDAD.**
  - 1.1. PRINCIPIOS FÍSICOS DE LA ELECTRICIDAD.**
  - 1.2. MATERIALES CONDUCTORES Y AISLANTES.**
  - 1.3. CIRCULACIÓN DE ELECTRÓNES POR / EN UN CONDUCTOR (CIRCULACIÓN ELÉCTRICA).**
  - 1.4. OBTENCIÓN Y TRANSFORMACIÓN DE CORRIENTE ELÉCTRICA.**
- 2. MAGNITUDES FÍSICAS Y UNIDADES DE LA ELECTRICIDAD.**
  - 2.1. LEY DE OHM.**
  - 2.2. LEY DE KIRCHOFF.**
- 3. TIPOS DE CORRIENTE, CORRIENTE CONTÍNUA Y CORRIENTE ALTERNA.**
  - 3.1. CORRIENTE CONTINUA.**
  - 3.2. CORRIENTE ALTERNA.**
  - 3.3. CORRIENTE TRIFÁSICA.**
  - 3.4. TRABAJO Y OPERACIONES CON TRIFÁSICA: CONEXIONES ESTRELLA-TRIÁNGULO.**
- 4. COMPONENTES ELÉCTRICOS; PROTECCIONES ELÉCTRICAS.**
  - 4.1. DIFERENCIAL.**
  - 4.2. MAGNETOTÉRMICO.**
  - 4.3. RELÉ TÉRMICO.**
  - 4.4. FUSIBLES.**
  - 4.5. GRADO DE PROTECCIÓN DE DISPOSITIVOS ELÉCTRICOS (IPxx).**
- 5. CONDUCTORES ELÉCTRICOS; CABLEADOS Y LÍNEAS.**
  - 5.1. SELECCIÓN DE UN CONDUCTOR.**
  - 5.2. CABLEADO DE SISTEMAS EN LOS BUQUES.**
  - 5.3. BASES CLAVIJAS Y ENCHUFES.**
- 6. SIMBOLOGÍA Y ESQUEMAS ELÉCTRICOS.**
  - 6.1. SIMBOLOGÍA.**
  - 6.2. ESQUEMAS.**
- 7. INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN LOS BUQUES.**
  - 7.1. LA ELECCIÓN DE LAS TENSIONES Y FRECUENCIAS A UTILIZAR.**
  - 7.2. INSTALACIONES EN LOS BUQUES.**
  - 7.3 LAS INSTALACIONES ESPECIALES.**
  - 7.4. LA JUSTIFICACIÓN DEL BALANCE ELÉCTRICO.**
  - 7.5. INSTALACIONES DE ALUMBRADO (navegación y alumbrado).**
  - 7.6. INSTALACIONES AUXILIARES.**
  - 7.7. CÁLCULO DE CONSUMOS PARA SISTEMAS DE COMUNICACIONES.**
- 8. PLANTAS ELÉCTRICAS EN LOS BUQUES Y SUS SISTEMAS.**
  - 8.1. PLANTA ELECTRICA DEL BUQUE. GENERACIÓN Y DISTRIBUCIÓN.**
  - 8.2. SISTEMA ANTICORROSIÓN, ÁNODO DE SACRIFICIO.**
  - 8.2. CLASIFICACIÓN DE LOS CONSUMIDORES A BORDO.**
  - 8.3. LISTA DE SERVICIOS ESENCIALES SEGÚN SOCIEDAD CLASIFICADORA LLOYD REGISTER OF SHIPPING.**
  - 8.4. TOMAS DE CORRIENTES EXTERNAS AL BUQUE.**
- 9. SISTEMAS ELÉCTRICOS HÍBRIDOS EN LOS BUQUES.**
- 10. RIESGOS ELÉCTRICOS.**
  - 10.1. PELIGROS DERIVADOS DE LOS RIESGOS ELÉCTRICOS.**



## 1. INTRODUCCIÓN A LA ELECTRICIDAD.

La energía eléctrica forma parte de nuestras vidas, el desarrollo de la humanidad no se entendería hoy en día sin la energía eléctrica y sus aplicaciones, ya que estamos rodeados de todo tipo de aparatos que utilizan esta forma de energía que nos facilitan las tareas en el trabajo, hogar, ocio, etc.

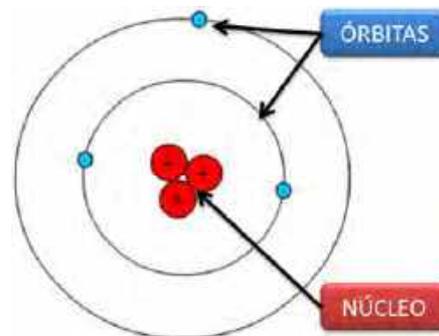
La aparición de la electricidad se remonta hasta la civilización egipcia, la cual hace miles de años consiguió general pequeños voltajes basándose en medios químicos, a los que no les encontraron aplicaciones directas. Desde ese momento la electricidad queda casi olvidada hasta el siglo XIX, y no es hasta hace relativamente poco tiempo cuando se ha empezado a comprender su naturaleza y por lo tanto se han podido desarrollar y extender su uso hacia infinidad de campos.

La electricidad es una rama de la física que se encarga del estudio de las propiedades físicas de las partículas con carga eléctrica. Dicho estudio y aplicación, a su vez da como resultado desde hace varias décadas la electrónica como ciencia más refinada y de posibilidades casi infinita.

La hidráulica u

### 1.1. PRINCIPIOS FÍSICOS DE LA ELECTRICIDAD.

La materia está formada por átomos, los átomos a su vez no son compactos ya que tienen dos partes fundamentales como son el núcleo y su órbita u órbitas. El núcleo es la parte central del átomo en la que a su vez se concentran subtipos de partículas. Dichas partículas se dividen principalmente en tres tipos:



**Protones;** partículas con carga positiva “+” (p).

**Electrones;** partículas con carga negativa “-” (e).

**Neutrones;** partículas “sin carga” o carga neutra (N).

Inicialmente los átomos tiene carga neutra, lo que significa que el número de protones es igual al número de electrones. Para cambiar dicha configuración o carga eléctrica básica, se recurrirá a dos posibilidades, la eliminación de un electrón o un protón, lo que nos ofrece dos subtipos de partículas:

**Catión o ión positivo;** si al átomo se le quita un electrón.

**Anión o ión negativo;** si al átomo se le quita un protón.

Un efecto a tener en cuenta en el análisis que las cargas, es el efecto de ésta en un átomo sobre otro distinto. Dicho efecto es similar al de los imanes teniendo al igual que éstos dos posibilidades en base a las cargas, la atracción y la repulsión. Estos efectos quedan resumidos en la siguiente imagen, dando los posibles casos en base a las cargas de los distintos átomos.

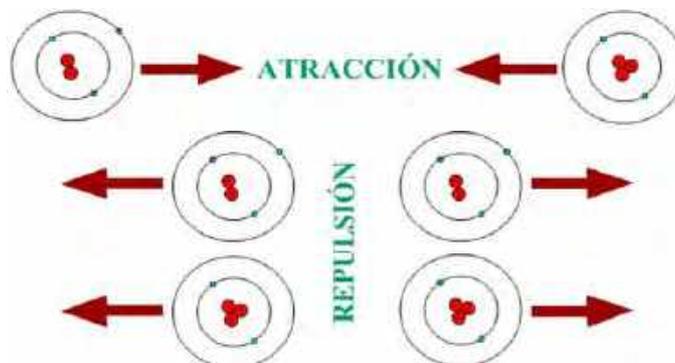


Figura 1-1; atracción y repulsión de átomos.

### 1.2. MATERIALES CONDUCTORES Y AISLANTES.

En física y para el análisis de los materiales en base a cargas eléctricas hay que tener en cuenta las propiedades que éstos ofrecen a la “circulación” de dichas cargas a través de ellos. Dichas propiedades son básicamente dos, la conducción y el aislamiento.

**Conductor;** sus átomos tienen electrones en las órbitas más externas que necesitan poca energía para salir de éstas, de hecho, estos electrones “comparten” estos electrones con átomos cercanos con la llamada “nube electrónica” de los metales. **Átomos con desplazamiento de electrones entre órbitas, se comparten.**

**Aislante;** los electrones están fuertemente ligados a su órbita, siendo muy difícil o prácticamente imposible sacarlos de ella. Cuando esto ocurre es porque generalmente se produce una destrucción del aislante. **Átomos sin desplazamiento de electrones entre sus órbitas, no se comparten.**

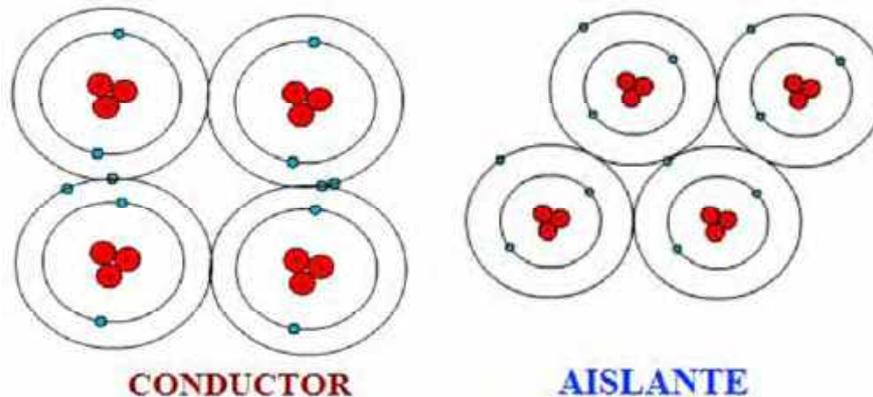
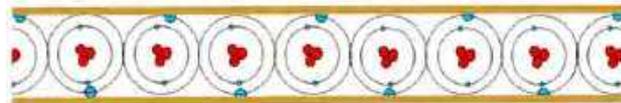


Figura 1-2; materiales con átomos conductores y aislantes.

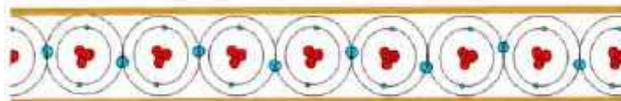
### 1.3. CIRCULACIÓN DE ELECTRÓNES POR / EN UN CONDUCTOR (CIRCULACIÓN ELÉCTRICA).

Si se toma un conductor formado por una hilera de átomos de un material conductor como el cobre (Cu), se podría apreciar cómo se mueven los electrones por el conductor gracias a la “movilidad” de las partículas de una órbita a otra.

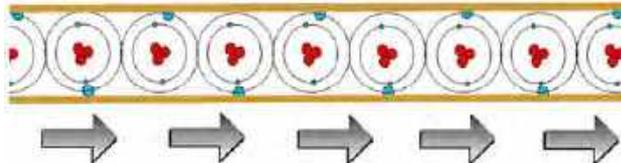
**Circulación de partículas:**



**Cambio de órbita en la circulación de partículas.**



**Circulación eléctrica de corriente.**



Con dicha circulación se comparten partículas, lo que da como resultado que los electrones se muevan a través del material conductor, consiguiendo así la circulación de corriente eléctrica.

## 1.4. OBTENCIÓN Y TRANSFORMACIÓN DE CORRIENTE ELÉCTRICA.

<p><b>Efecto térmico:</b> consiste en transformar la energía eléctrica en calor mediante las resistencias.</p>	<p><b>TÉRMICO</b></p>  <p>Hilo de hierro Hilo de constantán</p>
<p><b>Efecto luminoso:</b> transformación de la energía eléctrica en luz, para ello se usan lámparas y tubos fluorescentes.</p>	<p><b>FOTOELÉCTRICO</b></p>  <p>Silicio</p>
<p><b>Efecto químico:</b> transformar la energía eléctrica en química (pilas, baterías).</p>	<p><b>QUÍMICO</b></p>  <p>Hilo de acero Hilo de cobre Limon</p>
<p><b>Efecto magnético:</b> si alimentamos una bobina eléctrica con corriente, ésta se comportará como un electroimán.</p>	<p><b>MAGNÉTICO</b></p>  <p>Imán</p>
<p><b>Efecto de movimiento:</b> transformar la energía eléctrica en energía mecánica en forma de rotación (motores).</p>	<p><b>PIEZOELÉCTRICO</b></p>  <p>Cuarzo</p>

## 2. MAGNITUDES FÍSICAS Y UNIDADES DE LA ELECTRICIDAD.

En la física se entiende por magnitudes, las mediciones de las propiedades de los cuerpos así como procesos o estados. En la electricidad dichas propiedades pueden ser por ejemplo la intensidad de corriente o el voltaje. Pero elementos como los colores no son magnitudes físicas, sí en cambio la intensidad luminosa de dicho color (candela, cd).

Existen diferentes unidades para cada una de las magnitudes; por ejemplo, para la longitud el metro, y la intensidad de corriente el Amperio (A), etc. El «Sistema internacional de unidades», en adelante SI, parte solamente de 7 unidades básicas. En electricidad son necesarias cuatro magnitudes que parten de la intensidad de corriente y sus correspondientes unidades:

- **Corriente** o intensidad (Amperios, A).
- **Resistencia** (Ohmios,  $\Omega$ ).
- **Tensión** o diferencia de potencial (Voltios, V.).
- **Potencia** (Vatios, W).
- **Energía (E)**.

**Corriente;** la intensidad de corriente o corriente eléctrica se define como la cantidad de carga eléctrica (electrones) que pasa por un conductor en la unidad de tiempo, principalmente el segundo.

- **Unidad de medida;** amperio (A).
- **Aparato de medida;** amperímetro.

**Resistencia;** se define la resistencia eléctrica como la mayor o menor dificultad que opone un cuerpo al paso de la corriente eléctrica. Los materiales que presentan una gran oposición al paso de la electricidad reciben el nombre de aislante, y en consecuencia tienen una elevada resistencia eléctrica. Por el contrario, llamamos conductores a los materiales que apenas oponen resistencia al paso de la corriente.

- **Unidad de medida;** ohmio ( $\Omega$ ).
- **Aparato de medida;** el óhmetro u ohmímetro.

**Tensión;** el voltaje o tensión representa la diferencia de potencial existente entre dos puntos de un circuito eléctrico.

- **Unidad de medida;** voltio (v).
- **Aparato de medida;** voltímetro.

**Potencia;** la potencia eléctrica es la capacidad que tiene un aparato para transformar la energía eléctrica en otro tipo de energía. Cuanto más rápido sea capaz de realizar esta transformación mayor será la potencia del mismo.

- **Unidad de medida;** vatio (w).
- **Aparato de medida;** vatímetro.

**Energía;** la energía es la potencia consumida por un sistema o equipo en una unidad de tiempo, siendo la más común en este caso la hora.

- **Unidad de medida;** Kilo Vatio / Hora.
- **Aparato de medida;** contador de luz.

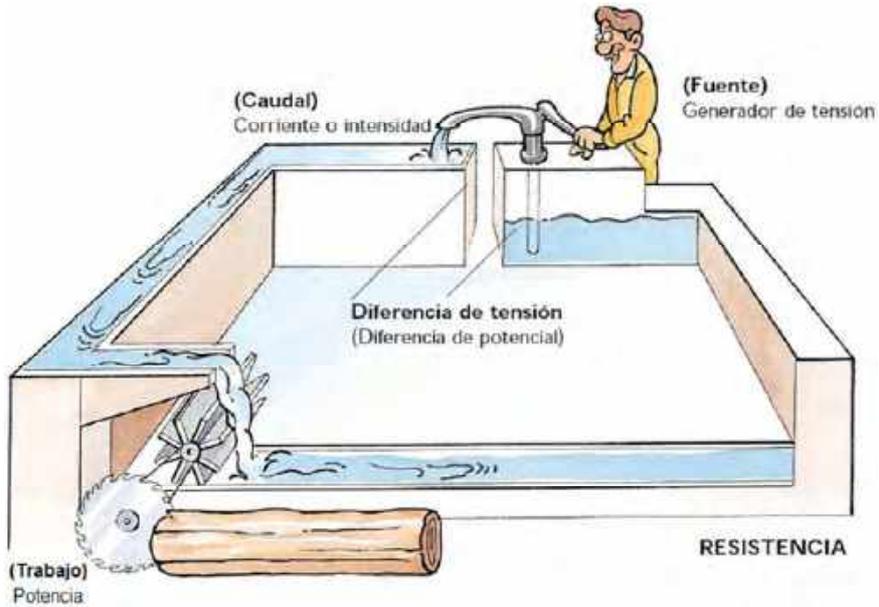
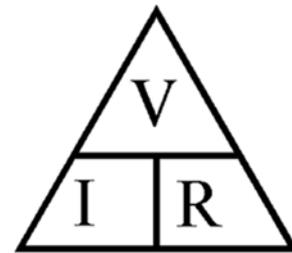


Figura 2-1; comparativa de un sistema físico a uno eléctrico.

**2.1. LEY DE OHM.**

A comienzos del siglo XX, G.S. Ohm descubrió que existía una relación entre las magnitudes fundamentales de la electricidad según una ley física que lleva su nombre y que se enuncia así:

**”LA DIFERENCIA DE POTENCIAL ENTRE DOS PUNTOS DE UN CIRCUITO ELÉCTRICO ES IGUAL AL PRODUCTO DE LA INTENSIDAD QUE LO QUE RECORRE POR LA RESISTENCIA ELÉCTRICA MEDIDA ENTRE DICHS PUNTOS”.**



A partir de la ley de Ohm:

**VOLTAJE = INTENSIDAD X RESISTENCIA**

De esta sencilla ley y con la aplicación del triángulo de Ohm y otras magnitudes se puede obtener una figura algo más compleja que unifica algunas de las magnitudes vistas en el apartado 2.

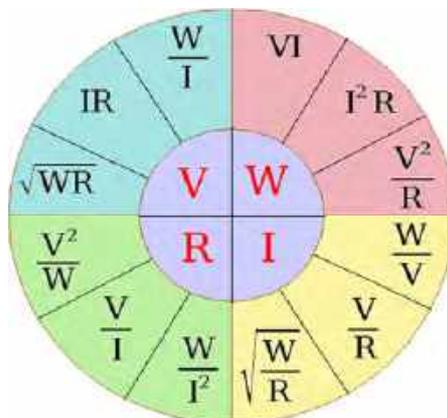


Figura 2-2; variantes matemáticas de la ley de Ohm.

### 3. TIPOS DE CORRIENTE, CORRIENTE CONTÍNUA Y CORRIENTE ALTERNA.

#### 3.1. CORRIENTE CONTINUA.

Se denomina corriente continua (CC en español, en inglés DC, de *direct current*) al flujo de cargas eléctricas que no cambia de sentido con el tiempo. La corriente eléctrica a través de un material se establece entre dos puntos de distinto potencial. Su descubrimiento se remonta a la invención de la primera pila voltaica por parte del conde y científico italiano Alessandro Volta. Cuando es necesario disponer de corriente continua para el funcionamiento de aparatos electrónicos, se puede transformar la corriente alterna de la red de suministro eléctrico mediante un proceso denominado rectificación, que se realiza con dispositivos electrónicos.



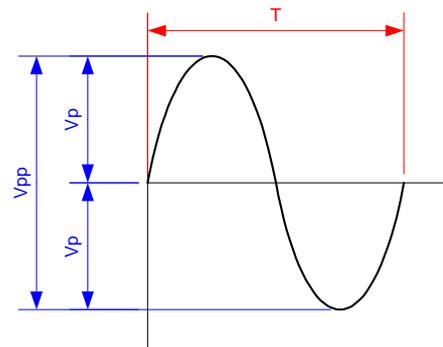
La corriente continua se mide entre dos conductores denominados positivo (+) y negativo (-), encontrando en una instalación dichos conexiones con los colores rojo y negro respectivamente.

**Corriente continua;** flujo de cargas eléctricas que no cambia de sentido con el tiempo.

**Figura 3-1; variaciones de V con respecto a T fijas o nulas.**

#### 3.2. CORRIENTE ALTERNA.

Se denomina corriente alterna (simbolizada CA en español y AC en inglés, de *alternating current*) a la corriente eléctrica en la que la magnitud y dirección varían cíclicamente. La forma de onda de la corriente alterna más comúnmente utilizada es la de una onda senoidal. En el uso coloquial, "corriente alterna" se refiere a la forma en la cual la electricidad llega a los hogares y a las empresas. El sistema usado hoy en día fue ideado fundamentalmente por Nikola Tesla, y la distribución de la corriente alterna fue comercializada por George Westinghouse. Las frecuencias empleadas en las redes de distribución son 50 y 60 HZ. El valor de dicha frecuencia depende del país.



En la corriente alterna se mide entre dos conductores denominados fase y neutro, encontrando en una instalación dichos conexiones con los colores marrón y azul respectivamente.

**Corriente alterna;** variación cíclica de la magnitud eléctrica.

**Figura 3-2; variaciones de V con respecto a T alternas o cíclicas.**

#### 3.3. CORRIENTE TRIFÁSICA.

Se denomina corriente trifásica al conjunto de tres corrientes alternas de igual frecuencia, amplitud y valor eficaz que presentan una diferencia de fase entre ellas de  $120^\circ$ . Están dadas en un orden determinado. Cada una de las corrientes que forman el sistema se designa con el nombre de fase.

La generación trifásica de energía eléctrica es más común que la monofásica y proporciona un uso más eficiente de los conductores y la instalación. La utilización de electricidad en forma trifásica es mayoritaria para transportar y distribuir energía eléctrica y para su utilización a nivel industrial, incluyendo el accionamiento de motores.

Las corrientes trifásicas se generan mediante alternadores dotados de tres bobinas o grupos de bobinas, arrolladas en un sistema de tres electroimanes equidistantes angularmente entre sí. El sistema trifásico presenta una serie de ventajas, tales como la economía de sus líneas de transporte de energía (hilos más finos que en una línea monofásica equivalente) y de los transformadores utilizados, así como

su elevado rendimiento de los receptores, especialmente motores, a los que la línea trifásica alimenta con potencia constante y no pulsada, como en el caso de la línea monofásica.

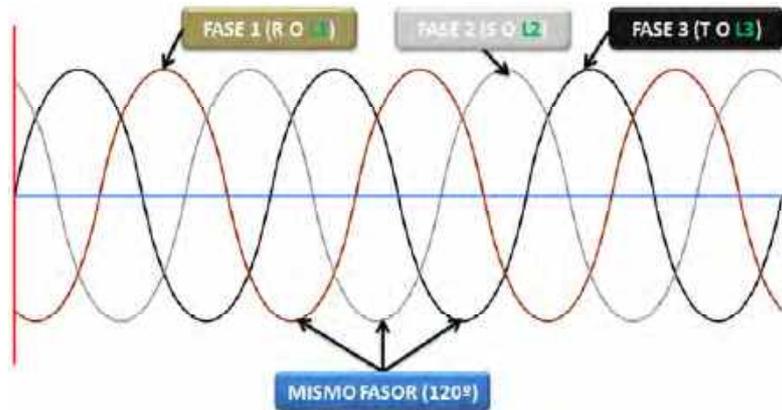


Figura 3-3; representación de corriente trifásica.

En un sistema trifásico hay que tener en cuenta las siguientes relaciones:

**Dos tensiones diferentes:**

- Tensión de línea
- Tensión entre fase
- Neutro.

**Relación entre estas tensiones:**

- $V_L$ : Tensión de línea.
- $V_f$ : Tensión entre fase y neutro.

**Sistemas trifásicos formados por tres o cuatro conductores o fases:**

- R, S, T ó L1, L2, L3.
- Conductores de fase (cable marrón, negro y gris).
- N: Neutro (cable azul).

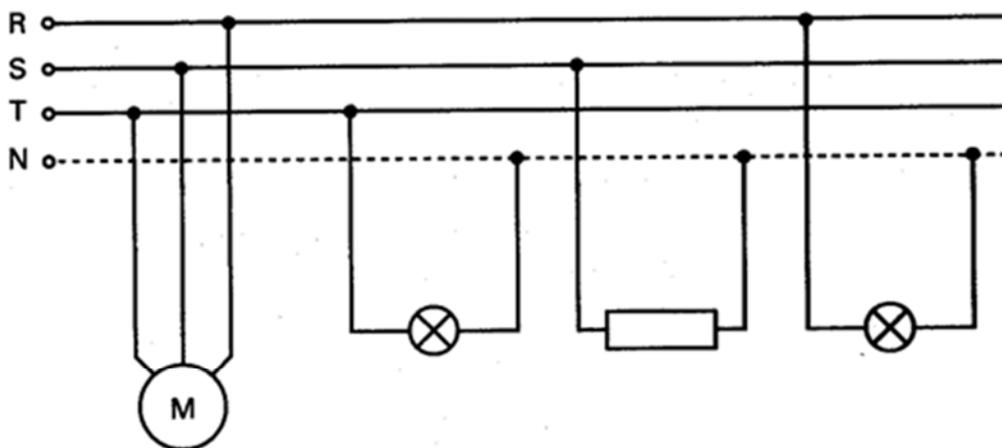
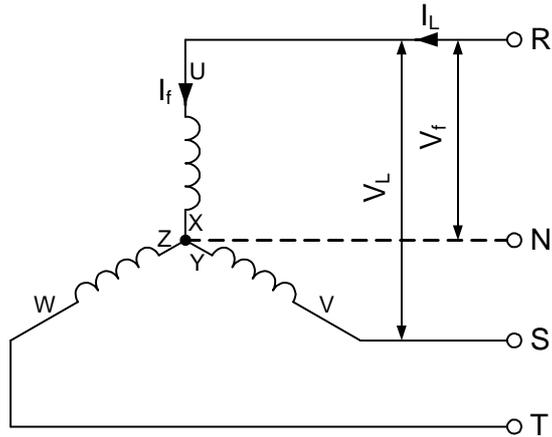


Figura 3-4; representación de una instalación trifásica combinada.

**3.4. TRABAJO Y OPERACIONES CON TRIFÁSICA: CONEXIONES ESTRELLA-TRIÁNGULO.**

**Estrella;** se realiza uniendo entre sí todos los finales (X, Y, Z) de cada una de las tres bobinas, mientras que los principios (U, V, W) se conectan a los conductores de la línea de distribución.

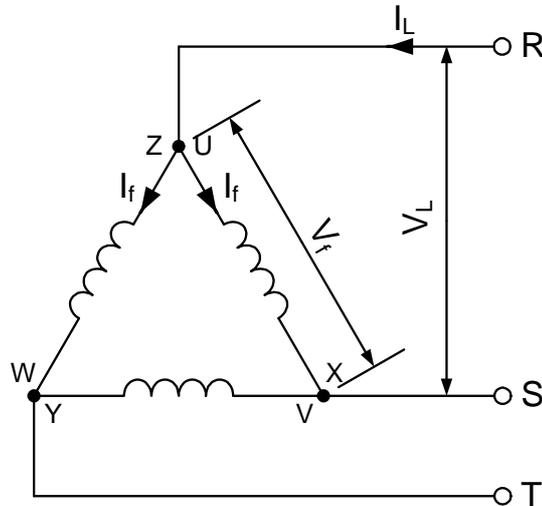
RELACIÓN ENTRE TENSIONES:	RELACIÓN ENTRE INTENSIDADES:
$V_L = V_f \cdot \sqrt{3}$	$I_L = I_f$
$V_L$ : Tensión de línea $V_f$ : Tensión en la fase.	$I_L$ : Intensidad de línea. $I_f$ : Intensidad por fase.



**Triángulo;** el acoplamiento en triángulo se realiza uniendo el final de una bobina (fase) con el principio de la siguiente, y así sucesivamente. Es decir:

- Z con U.
- X con V.
- Y con W.

RELACIÓN ENTRE TENSIONES:	RELACIÓN ENTRE INTENSIDADES:
$V_L = V_f$	$I_L = I_f \cdot \sqrt{3}$
$V_L$ : Tensión de línea. $V_f$ : Tensión en la fase.	$I_L$ : Intensidad de línea. $I_f$ : Intensidad por fase.



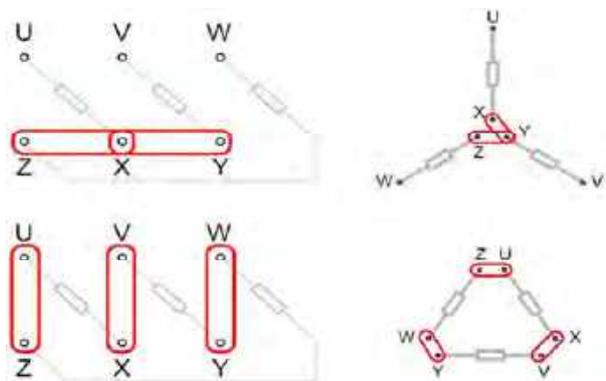
**3.4.1. Conexión estrella triángulo.**

Los motores trifásicos con conexión estandarizada Y-Δ, permiten conectarse a dos tensiones diferentes de red, correspondiendo la tensión mayor a la conexión en estrella y la tensión menor a la conexión en triángulo. La relación entre la tensión menor/tensión mayor la siguiente:

$$V_{\text{mayor}} = V_{\text{menor}} \cdot \sqrt{3}$$

Por ejemplo, en un motor que en su placa de características aparecen las tensiones 230/400 V, nos indica que se puede conectar en estrella a la tensión mayor (400 V, ya que en cada devanado del motor aparecerá una  $V_f = 400/\sqrt{3}=230V$ ) y en triángulo a la tensión menor (230V). De forma que cada bobina siempre queda sometida a la tensión menor.

**RECORDAR:** LA TENSIÓN MÁS PEQUEÑA QUE SE INDICA EN LA PLACA DE CARACTERÍSTICAS DE UN MOTOR ES LA TENSIÓN MÁXIMA QUE PUEDE SOPORTAR UNA FASE.

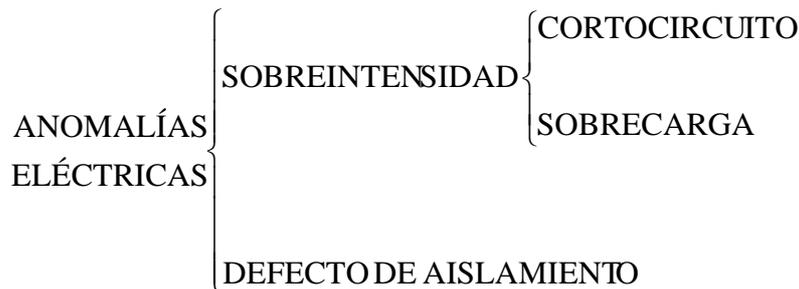


**3.4.2. Ventajas del sistema trifásico frente al monofásico.**

- Se dispone de dos tensiones diferentes (230V sector doméstico, 400V en sector industrial).
- Ahorro considerable en la sección de los conductores a la hora de transportar la energía eléctrica.
- Alternadores y transformadores trifásicos poseen mayor rendimiento.
- Los motores trifásicos poseen un par de arranque mayor, mejor rendimiento y mejor factor de potencia que uno monofásico.

**4. COMPONENTES ELÉCTRICOS; PROTECCIONES ELÉCTRICAS.**

Los sistemas de protección eléctrica se dividen de la siguiente forma:



**4.1. DIFERENCIAL.**

Es un dispositivo interruptor que tiene la capacidad de detectar la diferencia entre la corriente de entrada y salida en un circuito. Cuando esta diferencia supera un valor determinado (sensibilidad), para el que está calibrado (30 mA, 300 mA, etc), el dispositivo abre el circuito, interrumpiendo el paso de la corriente a la instalación que protege.

**Principio de funcionamiento;** cuando las corrientes de entrada  $I_F$  y salida  $I_N$  no son iguales, los flujos  $F_F$  y  $F_N$  creados por ambas corrientes en el núcleo toroidal dejan de ser iguales y el flujo diferencial  $F_F - F_N$  crea una corriente  $i$  que activa el electroimán que a su vez posibilita la apertura de los contactos del interruptor. Un botón de prueba permite comprobar el correcto funcionamiento del dispositivo. Al pulsar dicho botón se deriva una corriente  $I_F$  a través de la resistencia  $R$ , siendo ahora  $I_N = 0$ , activándose el dispositivo.

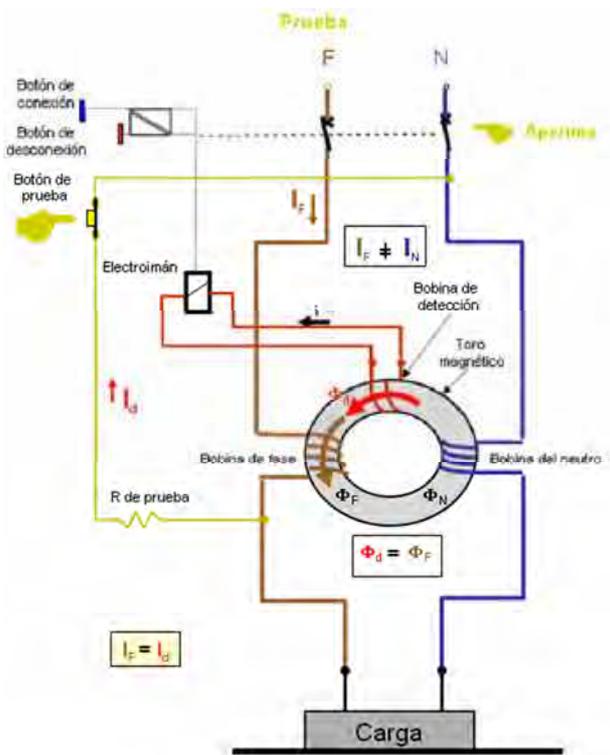


Figura 4-1; principio de funcionamiento del diferencial y dispositivo real.

#### 4.2. MAGNETOTÉRMICO.

Es un dispositivo utilizado para la protección de circuitos eléctricos **contra cortocircuitos y sobrecargas**, en sustitución de los fusibles. Tienen la ventaja frente a los fusibles, y es que no hay que reponerlos. Cuando desconectan el circuito debido a una sobrecarga o un cortocircuito, se rearmen de nuevo y siguen funcionando.



**Principio de funcionamiento;** se basa en un **elemento térmico** formado por una lámina bimetálica que se deforma al pasar por la misma una corriente durante cierto tiempo, para cuyas magnitudes está dimensionado (sobrecarga) y un **elemento magnético**, formado por una bobina cuyo núcleo atrae un elemento que abre el circuito al pasar por dicha bobina una corriente de valor definido (cortocircuito).

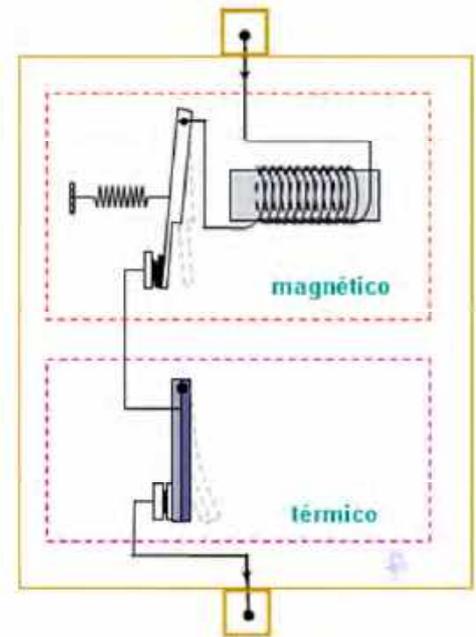


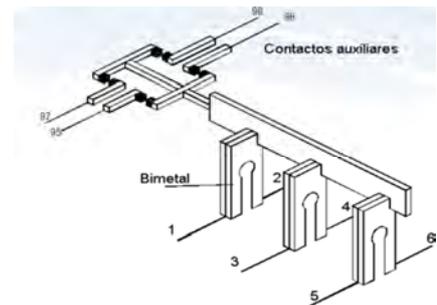
Figura 4-2; principio de funcionamiento del magnetotérmico y dispositivo real.

#### 4.3. RELÉ TÉRMICO.

Están destinados a asegurar una protección térmica contra sobre cargas pequeñas pero prolongadas, controlando por ejemplo en un motor, los arrollamientos de estos provocando la apertura automática de un contacto cuando se alcanza un valor límite de temperatura.

Están compuestos por tres bimetales, cada uno formado por dos láminas estrechas y delgadas de metales diferentes (invar y ferro-níquel) soldadas entre sí que tienen coeficiente de dilatación diferente.

**Funcionamiento o principio;** un arrollamiento calefactor conectado en serie en cada fase del motor está bobinado sobre cada bimetel, si durante un incidente, la intensidad absorbida por el receptor aumenta, los bimetales se deforman, accionando el diferencial cuyo desplazamiento lateral o vertical, según tipo de relé, provoca la rotación de una leva o de un árbol solidario con el dispositivo de disparo, cuando la amplitud de la deformación es suficiente se libera un tope de bloqueo lo que provoca una apertura brusca del contacto de disparo, introducido en el circuito de la bobina del contactor y el cierre de un contacto de señalización.



Desventajas:

- El rearme no se puede efectuar más que cuando ya está suficiente fríos los bimetales.
- El bimetel de compensación se deforma en función de las variaciones de la temperatura ambiente comprendidas en 40 y + 60°C.



Figura 4-3; principio de funcionamiento del relé térmico y dispositivo real.

#### 4.4. FUSIBLES.

Es un dispositivo que se coloca en serie con el circuito eléctrico en cuestión, y tiene como misión cortar el **paso de corriente cuando se supera un valor de intensidad para el que está calculado**. Está compuesto por un hilo conductor de menor sección que los conductores de línea, fabricado con una aleación con un punto de fusión más bajo que los conductores.

**Principio de funcionamiento;** al producirse una sobre intensidad, la intensidad que circula por el circuito aumenta considerablemente y el elemento fusible alcanza la temperatura de fusión y corta el paso de corriente. Consta de dos partes una que va fija en el cuadro eléctrico, llamada portafusible y el cartucho fusible que es el que tiene el elemento fusible y que es el que se sustituye.



Figura 4-4; dispositivos reales.

#### 4.5. GRADO DE PROTECCIÓN DE DISPOSITIVOS ELÉCTRICOS (IP<sub>xx</sub>).

##### 4.5.1. Definiciones.

**Envolvente:** Es el elemento que proporciona la protección del material contra las influencias externas y en cualquier dirección, la protección contra los contactos directos.

Esta definición, que se ha extraído del Vocabulario Electrotécnico Internacional (VEI 826-03-12), necesita alguna aclaración antes de aplicarla para la explicación de los grados de protección. Las envolventes proporcionan también la protección de las personas contra el acceso a partes peligrosas y la protección del material contra los efectos nocivos de los impactos mecánicos. Se considerará parte de dicha envolvente, todo accesorio o tapa que sea solidario con o forme parte de ella y que impida o limite la penetración de objetos en la envolvente, salvo que sea posible quitar las tapas sin la ayuda de una herramienta o llave.

**Grado de protección:** Es el nivel de protección proporcionado por una envolvente contra el acceso a las partes peligrosas, contra la penetración de cuerpos sólidos extraños, contra la penetración de agua o contra los impactos mecánicos exteriores, y que además se verifica mediante métodos de ensayo normalizados.

Existen dos tipos de grados de protección y cada uno de ellos, tiene un sistema de codificación diferente, el Código IP y el Código IK. Los tres primeros epígrafes anteriores estarían contemplados en el código IP y el último en el código IK. Cada uno de estos códigos se encuentran descritos en una norma, en las que además se indican la forma de realizar los ensayos para su verificación:

- Código IP: UNE 20324, que es equivalente a la norma europea EN 60529.
- Código IK: UNE-EN 50102.

#### 4.5.2. Código IP.

Es un sistema de codificación para indicar los grados de protección proporcionados por la envolvente contra el acceso a las partes peligrosas, contra la penetración de cuerpos sólidos extraños, contra la penetración de agua y para suministrar una información adicional unida a la referida protección. Este código IP está formado por dos números de una cifra cada uno, situados inmediatamente después de las letras "IP" y que son independientes uno del otro.

- El número que va en primer lugar, normalmente denominado como "primera cifra característica", indica la protección de las personas contra el acceso a partes peligrosas (típicamente partes bajo tensión o piezas en movimiento que no sean ejes rotativos y análogos), limitando o impidiendo la penetración de una parte del cuerpo humano o de un objeto cogido por una persona y, garantizando simultáneamente, la protección del equipo contra la penetración de cuerpos sólidos extraños.
  - La primera cifra característica esta graduada desde 0 (cero) hasta 6 (seis) y a medida que va aumentando el valor de dicha cifra, éste indica que el cuerpo sólido que la envolvente deja penetrar es menor.

Cifra	Grado de protección	
	Descripción abreviada	Indicación breve sobre los objetos que no deben penetrar en la envolvente
0	No protegida	Sin protección particular
1	Protegida contra los cuerpos sólidos de más de 50 mm	Cuerpos sólidos con un diámetro superior a 50 mm.
2	Protegida contra los cuerpos sólidos de más de 12 mm.	Cuerpos sólidos con un diámetro superior a 12 mm.
3	Protegida contra cuerpos sólidos de más de 2,5 mm.	Cuerpos sólidos con un diámetro superior a 2,5 mm.
4	Protegida contra cuerpos sólidos de mas de 1 mm.	Cuerpos sólidos con un diámetro superior a 1 mm.
5	Protegida contra la penetración de polvo	No se impide totalmente la entrada de polvo, pero sin que el polvo entre en cantidad suficiente que llegue a perjudicar el funcionamiento satisfactorio del equipo.
6	Totalmente estanco al polvo	Ninguna entrada de polvo.

- El número que va en segundo lugar, normalmente denominado como "segunda cifra característica", indica la protección del equipo en el interior de la envolvente contra los efectos perjudiciales debidos a la penetración de agua.
  - La segunda cifra característica está graduada de forma similar a la primera, desde 0 (cero) hasta 8 (ocho). A medida que va aumentando su valor, la cantidad de agua que intenta penetrar en el interior de la envolvente es mayor y también se proyecta en más direcciones (cifra 1 caída de gotas en vertical y cifra 4 proyección de agua en todas direcciones).

Cifra	Grado de protección	
	Descripción abreviada	Tipo de protección proporcionada por la envolvente
0	No protegida	Sin protección particular
1	Protegida contra la caída vertical de gotas de agua	La caída vertical de gotas de agua no deberán tener efectos perjudiciales
2	Protegida contra la caída de gotas de agua con una inclinación máxima de 15°	Las caídas verticales de gotas de agua no deberán tener efectos perjudiciales cuando la envolvente está inclinada hasta 15° con respecto a la posición normal
3	Protegida contra la lluvia fina (pulverizada)	El agua pulverizada de lluvia que cae en una dirección que forma un ángulo de hasta 60° con la vertical, no deberá tener efectos perjudiciales
4	Protegida contra las proyecciones de agua	El agua proyectada en todas las direcciones sobre la envolvente no deberá tener efectos perjudiciales
5	Protegida contra los chorros de agua	El agua proyectada con la ayuda de una boquilla, en todas las direcciones, sobre la envolvente, no deberá tener efectos perjudiciales
6	Protegida contra fuertes chorros de agua o contra la mar gruesa	Bajo los efectos de fuertes chorros o con mar gruesa, el agua no deberá penetrar en la envolvente en cantidades perjudiciales
7	Protegida contra los efectos de la inmersión	Cuando se sumerge la envolvente en agua en unas condiciones de presión y con una duración determinada, no deberá ser posible la penetración de agua en el interior de la envolvente en cantidades perjudiciales
8	Protegida contra la inmersión prolongada	El equipo es adecuado para la inmersión prolongada en agua bajo las condiciones especificadas por el fabricante NOTA – Esto significa normalmente que el equipo es rigurosamente estanco. No obstante para ciertos tipos de equipos, esto puede significar que el agua pueda penetrar pero solo de manera que no produzca efectos perjudiciales
Los procedimientos especializados de limpieza no están cubiertas por los grados de protección IP. Se recomienda que los fabricantes suministren, si es necesario, una adecuada información en lo referente a los procedimientos de limpieza. Esto esta de acuerdo con las recomendaciones contenidas en la CEI 60529 para los procedimientos de limpieza especiales.		

En ocasiones, algunas envolventes no tienen especificada una cifra característica, bien porque no es necesaria para una aplicación concreta, o bien por qué no ha sido ensayada en ese aspecto. En este caso, la cifra característica correspondiente se sustituye por una “X”, como por ejemplo, IP2X, que indica que la envolvente proporciona una determinada protección contra la penetración de cuerpos sólidos, pero que no ha sido ensayada en lo referente a la protección contra la penetración del agua.

Puede darse el caso que una determinada envolvente proporcione dos grados de protección diferentes en función de la posición de montaje de la misma. Si este fuera el caso, siempre deberá indicarse este aspecto en las instrucciones que suministre el fabricante.

El marcado del grado de protección IP en las envolventes suele ser adoptar la forma de las mismas cifras, por ejemplo “IP 54”. No obstante, en algunas ocasiones las cifras características pueden sustituirse por símbolos como se indica en la tabla siguiente.

Primera cifra	IP5X		Malla sin recuadro
	IP6X		Malla con recuadro
Segunda cifra	IPX1		Una gota
	IPX3		Una gota dentro de un cuadrado
	IPX4		Una gota dentro de un triángulo
	IPX5		Dos gotas, cada una dentro de un triángulo
	IPX7		Dos gotas
	IPX8		Dos gotas seguidas de una indicación de la profundidad máxima de inmersión en metros

NOTA: Los grados de protección no incluidos en esta tabla no tienen símbolo para su representación.

## 5. CONDUCTORES ELÉCTRICOS; CABLEADOS Y LÍNEAS.

Los conductores eléctricos son los elementos utilizados para el transporte de la corriente eléctrica, la cual circula a través de éstos. Los conductores eléctricos están formados principalmente por un cuerpo conductor metálico, normalmente de cobre (Cu), pero que podría por orden de conducción la plata, el cobre el oro y el aluminio. Otra parte importante del cable es la cobertura aislante que puede ser de Etileno propileno o Neopreno (EPR), Policloruro de vinilo (PVC) y Polietileno reticulado (XLPE).

Los conductores dependiendo de su construcción o arquitectura pueden ser:

### CONSTITUCIÓN:

**Alambre;** conductor eléctrico formado por un solo elemento o hilo. Este tipo de elemento está construido por un solo alambre cilíndrico, de una determinada sección. Se suelen fabricar hasta de una sección de 4 mm<sup>2</sup>. Este tipo de conductor suele presentar cierta rigidez dependiendo de su sección.

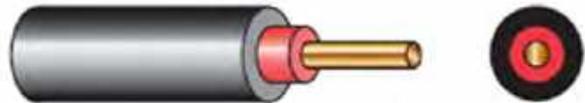


**Cable;** conductor eléctrico formado por una asociación de hilos.

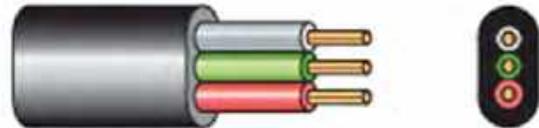


### Nº DE CONDUCTORES:

**Monoconductor;** un elemento conductor o alambre con aislamiento y cubierta protectora.



**Multiconductor;** múltiples conductores aislados con cubierta protectora.



### 5.1. SELECCIÓN DE UN CONDUCTOR.

Para la selección de un conductor se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

**Consideraciones eléctricas;** rigidez eléctrica.

**Consideraciones mecánicas;** presión mecánica, abrasión, elongación, torsión, dobléz a 80° y 180°.

**Consideraciones químicas;** agua, hidrocarburos, ácidos y alcalinos.

**Consideraciones térmicas;** dilatación del aislante y resistencia térmica.

La verificación del tamaño o sección transversal del conductor se puede efectuar mediante los siguientes criterios:

- En base a la capacidad de corriente.
- En base a sobrecargas de emergencias.
- En base a la regulación de tensión.
- En base a la corriente de cortocircuito.

5.1.1. Cableados específicos para instalaciones en los buques.

La especificación y características de los cables, corresponde a una designación muy extendida que consiste en una clave de cinco letras, cuyo significado y configuración es la siguiente:

	1ª Letra	2ª Letra	3ª Letra	4ª Letra	5ª Letra
<b>Aplicación</b> M- Marina			<b>Cubierta interior</b>		<b>Armadura (si existe)</b>
<b>Aislamiento</b>			<b>P- Plomo</b>		<b>F- Fleje de hierro</b>
G- Goma EPR			<b>G- Goma neopreno</b>		<b>M- Corona de hilos de hierro</b>
V- PVC			<b>V- PVC</b>		<b>T- Trenzado metálica de hierro.</b>
X- XLPE			<b>Si- Silicona</b>		<b>Ta - Trenzado metálica de aldreya</b>
Si- Silicona			<b>T - Trenzado fibra vidrio</b>		<b>Tc - Trenzado metálica de cobre</b>
			<b>H - Hypalón</b>		<b>Cubierta sobre armadura</b>
					<b>V - PVC</b>

Ejemplo de cables reales utilizados en la industrial naval:

TIPO/NOMBRE	EXZHELLENT MAR, RDt – Control.	EXZHELLENT MAR; RO2Dt – Instrumentation.	EXZHELLENT-MAR; S2 RFOU(c).
TENSIONES	150/250 V.	150/250 V.	250 V.
CONDUCTOR	Cobre, semirrígido clase 2.	Cobre, semirrígido clase 2.	Cobre estañado, semirrígido clase 2.
AISLAMIENTO	Polietileno reticulado (XLPE).	Polietileno reticulado (XLPE).	Etileno Propileno (EPR).
CUBIERTA EXT.	Compuesto termoplástico libre de halógenos (SHF1).	Compuesto termoplástico libre de halógenos (SHF1).	Compuesto termoestable libre de halógenos (SHF2).
PANTALLA	-----	O2. Al/poliéster, pantalla colectiva.	Cinta Cu/Poliéster. Trenzas de alambres de Cu/Sn.
APLIC. CARAC.	Cables multiconductores para instalación en buques con especiales características de no propagación del incendio y reducida emisión de humos opacos, gases tóxicos y corrosivos.	Cables multipares apantallados colectivamente para instalación en circuitos de control en buques con especiales características de no propagación del incendio y reducida emisión de humos opacos, gases tóxicos y corrosivos.	Cables armados multipares/multitris apantallado colectivamente para instalación de circuitos de control en plataformas con especiales características de no propagación del incendio y reducida emisión de humos opacos, gases tóxicos y corrosivos. Resistente a los aceites.
TEMPERATURA	Temperatura máxima del conductor en servicio permanente: 90°C.	Temperatura máxima del conductor en servicio permanente: 90°C.	Temperatura máxima del conductor en servicio permanente: 90°C.
NORMATIVA	IEC 60092-350 - Norma constructiva; IEC 60092-376 - Norma constructiva; IEC 60092-351 - Norma constructiva (aislamiento); IEC 60092-359 - Norma constructiva (cubiertas); IEC 60754 - Libre de halógenos. Baja acidez y corrosividad de los gases; IEC 61034 - Baja emisión de humos opacos; IEC 60332-1 - No propagador de la llama; IEC 60332-3-22 - No propagador del incendio, cat. A.		
IMAGEN			

## 5.2. CABLEADO DE SISTEMAS EN LOS BUQUES.

### 5.2.1. Tipos de tensiones y frecuencias.

De acuerdo con la norma UNE 21-135/201, las tensiones y frecuencias normalizadas utilizadas a bordo se recogen en la tabla XX. La separación entre niveles de tensión en el mundo del mar y el terrestre difieren muy poco, y a veces en los buques se pueden encontrar cierta discrepancia entre las distintas fuentes, siendo la nomenclatura más usual la siguiente:

NIVELES DE TENSIÓN	
Tensión de seguridad	< 50 V.
Baja tensión	Entre 50 y 500 V.
Media tensión	Entre 500 y 1.000 V.
Alta tensión	> 1.000 V.

La parte fundamental de las redes de distribución comprende normalmente a las de baja tensión, dividiendo a esta en dos redes fundamentales:

**Fuerza;** generalmente con vales de 400 V – 50 Hz, 480 V – 60 Hz y 690 V. Dicha fuente se encarga principalmente de la alimentación de los consumidores de a bordo de mayor potencia, tales como motores etc.

**Alumbrado;** generalmente a 240 V – 50 Hz. Además del alumbrado en sí tanto el exterior como el interior y el de navegación, también se alimenta a los pequeños consumidores de la zona de habitación (superestructura), sistemas de control, y la mayoría de los sistemas y equipos electrónicos.

En caso de que la potencia eléctrica sea muy elevada podría existir o montarse una red de alta tensión, con unos valores típicos que rondan los 6,6 y los 11 KV.

### 5.2.2. Tipología de las redes abordo.

En el caso más general para un buque, hay que tener en cuenta a las fuentes de energía eléctrica más comunes en los buques, tales como principal, emergencia y transitoria (dichas fuentes de ampliarán en el apartado XX). La red de distribución se establece conectando con líneas (cables o feeders), y los cuadros de interconexión con los generadores, motores y otros posibles consumidores.

Los generadores principales se conectarán con el llamado cuadro principal, que será el encargado de suministrar energía a los de distribución a través de los distintos escalones, pasándose a denominar éstos como cuadros primarios, secundarios, terciarios, etc.

Por otra parte y de la misma forma, el grupo de emergencias se conecta al cuadro de emergencia.

De cada cuadro o terminal saldrán a su vez las distintas líneas (una o varias) denominadas circuitos finales o terminales. De forma general cada una de éstas alimentará a un consumidor (motor) aunque dependiendo del consumo de éste, se puede alimentar a más de un equipo, siempre que se cumplan los tres puntos de la norma UNE que dicen:

- **Se alimentan motores cuya potencia no exceda de 1KW.**
- **Ningún consumidor pertenece a un servicio esencial.**
- **La intensidad de línea es menor a 16 A.**

Para realizar las conexiones de las líneas de distribución de sistemas a bordo se utilizan tres sistemas, tipologías o disposiciones geométricas, que pueden ser:

**Red en líneas abiertas o red lineal:** se basa en la utilización de líneas de gran longitud, que partiendo del cuadro principal alimentan los distintos cuadros primarios.

Este sistema parece el más fácil y económico de realizar, pero es una de las peores soluciones técnicas, ya que obliga a distribuir líneas de gran sección en los tramos más próximos a los generadores principales y complica la instalación de sistemas de protección unitarios o selectivos.

**Red en anillo cerrado, mallado o bucle:** se basa en la conexión de todos los sistemas con una línea cerrada de alimentación en forma de anillo, a la que aportan energía los generadores principales a través de uno o más cuadros principales que podrían incluso estar distribuidos en distintas posiciones del buque. Este tipo de red hace que incluso con un fallo en un punto determinado de la instalación, el resto de los cuadros y sus sistemas seguirían recibiendo alimentación. A nivel de red eléctrica, es más segura, y debido a esta razón se hace uso de ella en buques de guerra o en instalaciones “offshore”, donde la disponibilidad de sistemas suceda lo que suceda es esencial independientemente del precio o el tipo de instalación.

Los inconvenientes son el volumen, peso, sección, longitud y coste elevado de la instalación, y la mayor complejidad a la hora de instalar y distribuir los sistemas de protecciones. Otro inconveniente es la previsión de la desconexión de la línea en los dos extremos para solucionar ciertos tipos de averías, mantenimientos y/o instalaciones adicionales.

**Red en derivaciones sucesivas, radial o árbol:** se basa en la distribución de sistemas en árbol desde el cuadro principal. Desde el cuadro principal salen algunas líneas que a su vez se conectan a cuadros primarios o grandes terminales (motores), y a su vez de éstos últimos cuadros salen varias líneas hacia cuadros secundarios y así consecutivamente según las necesidades del buque o la instalación.

Esta tipología tiene principalmente dos ventajas que son:

- Secciones adecuadas a la intensidad nominal requerida (suma de la distribución que cuelga del cuadro).
- Diseño sencillo y estratificado (escalado) de las protecciones selectivas.

A su vez, y para aumentar la fiabilidad de los servicios esenciales del buque, la norma UNE marca que se debe prever una alimentación doble desde el cuadro principal que no incluya a los cuadros de distribución comunes y con tendidos o distribuciones lo más separados posible.

**Ejemplo:** si una bomba o motor se alimenta con una línea desde por un extremo desde el cuadro principal de proa-estribor y la otra por el otro extremo, pero esta vez recorriendo un camino por popa-babor.

### 5.2.3. Número de conductores.

Otro parámetro a tener en cuenta en las instalaciones es el número de conductores y a su vez el tipo de los mismos, una de los grandes problemas es principalmente las diferencias entre el la línea de tierra y la de masa que parecen o se hace uso de éstas como una misma pero tiene diferencias, que son:

**Tierra:** representa el nivel de potencial de la Tierra, y por extensión las conexiones eléctricas hacia esta línea se realizarán a través de una pica enterrada o con un contacto directo con el agua en el caso de los buques, que se realizará con un contacto directo con el agua que sustenta al buque, que en caso de buques de fibra o madera tendrá que ser específica. Dicha línea se utilizará para “eliminar” o desviar las variaciones de la instalación eléctrica, o las generadas por situaciones meteorológicas adversas como rayos.

**Masa:** representa cualquier punto, línea o plano de conexión equipotencial que sirva de referencia (0 voltios) y retorno para un circuito impreso o placa electrónica (PCB). Las masas se pueden aislar (conexiones o circuitos flotantes) pero también pueden estar conectadas a tierra.

Una vez aclaradas las típicas dudas con algunos de los conductores más típicos de las instalaciones eléctricas, habrá que tener en cuenta el resto de los conductores de la instalación, que por lo general y según lo visto en los apartados anteriores, será trifásica, lo que nos da como resultado el las siguientes combinaciones posibles:

Según el número de conductores:

- A tres líneas (fases, R, S y T o L1, L2 y L3).
- A cuatro líneas (fases, R, S y T o L1, L2 y L3 más neutro N).
- A cinco líneas (fases, R, S y T o L1, L2 y L3 más neutro N y tierra E).

Según el conexionado del neutro:

- Neutro aislado o flotantes (esquema IT).
- Conexión real del neutro a tierra (esquema TN de baja impedancia).
- Conexión del neutro a tierra limitada (interruptor y/o resistencia).

Hay que tener en cuenta que las redes conectadas entre neutro y tierra representan bastantes problemas técnicos, entre los que se pueden destacar:

- Una fuga puede provocar el disparo de las protecciones e interrumpir como mínimo el servicio afectado.
- La intensidad de fuga se vuelve crucial, pudiendo originar incendios y/o accidentes personales.
- Con contaminaciones por armónicos, el neutro podría servir de línea de distribución y/o dispersión perfecta (ver apartado 5.2.4.).

#### 5.2.4. Compatibilidad electromagnética.

La compatibilidad electromagnética también conocida por sus siglas CEM o EMC (ElectroMagnetic Compatibility), es la rama de la tecnología electrónica y de telecomunicaciones que estudia los mecanismos para eliminar, disminuir y prevenir los efectos de acoplamiento entre un equipo eléctrico o electrónico y su entorno electromagnético, aún desde su diseño, basándose en normas y regulaciones asegurando la confiabilidad y seguridad de todos los tipos de sistemas en el lugar donde sean instalados y bajo un ambiente electromagnético específico.

Se dice que un equipo es electromagnéticamente compatible cuando funciona en un ambiente electromagnético de forma satisfactoria y sin producir interferencias o perturbaciones electromagnéticas que afecten la operación normal de cualquier aparato o dispositivo que se encuentra en ese ambiente.

En los buques la compatibilidad electromagnética debe encargarse que evitar que cualquier fenómeno electromagnético pueda degradar el funcionamiento de cualquier dispositivo, equipo o sistema eléctrico o electrónico. Hay que tener en cuenta que si dos o más sistemas están relativamente cerca, existe la posibilidad de que uno produzca interferencias sobre otro en base a las siguientes vías:

- Uno de los sistemas radie o induzca señales (energía) sobre el otro (camino aéreo o inducido).
- Uno de los sistemas a través del cableado de alimentación (potencia) y/o señal produzca la interferencia en el otro (camino conducido).

Para evitar y/o reducir las interferencias a través de dichos caminos existen diversas técnicas que deberán llevarse a cabo según proceda, que son:

- Prevenir la posibilidad de interferencias al comienzo de la **fase de diseño de los circuitos**, en lugar de buscar cómo solucionarlas cuando aparezcan. Durante el proceso de diseño, la primera solución, la menos compleja y costosa, suele ser recolocar los componentes del mismo, buscando conexiones más cortas, de menor impedancia y un mejor diseño de la masa del circuito.
- **Añadir nuevos componentes** (filtros, condensadores de desacoplo, núcleos de ferrita, transformadores de aislamiento, fibras ópticas).
- También se puede **reducir la velocidad de trabajo en algunos sistemas electrónicos**. Esto puede exigir una reprogramación.
- Otra opción, sencilla pero costosa, puede ser **blindar los dispositivos a proteger**, o bien recolocarlos, y situarlos donde no se den problemas de interferencias.
- Otra posibilidad puede ser **cambiar los componentes problemáticos** por otros más resistentes.

Una de las ramas técnicas a bordo más sensibles son los sistemas electrónicos, y dentro de éstos lo sistemas de radiocomunicaciones, que tienen dos líneas de conexiones, la eléctrica o de potencia, y la radioeléctrica o de señal. Para evitar problemas entre ellas, se tendrán en cuenta como mínimo, los puntos anteriores para su correcta instalación entre otras técnicas.

**5.3. BASES CLAVIJAS Y ENCHUFES.**

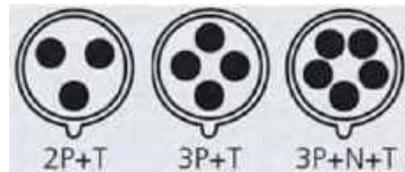
Una parte importante de las líneas eléctricas en las instalaciones, son las conexiones o clavijas para realizar la unión entre los distintos componentes de un sistema eléctrico, tales como cuadros, líneas, consumidores etc. Para ellos existe una gran gama de conexiones denominadas comúnmente como clavijas, que se dividen en los siguientes grupos básicos:

- Base de enchufe fija.
- Base de enchufe aérea.
- Clavija fija.
- Clavija aérea.
- Adaptadores.
- Base fija interbloqueante.

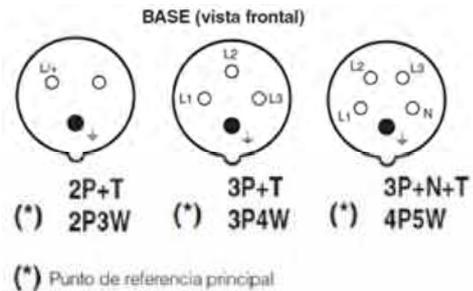
A su vez, dichos tipos de conexiones, obedecen a una clasificación que se hace en referencia a:

- Número de contactos.
- Localización o posición del contacto en la clavija.
- Color/tensión de trabajo.

**Número de contactos;** en base a esta división no encontraremos con las siguientes conexiones:



**Posición de contactos;** en base a esta división no encontraremos con las siguientes conexiones:



La posición horaria de los terminales nos permite evitar una conexión incorrecta del equipo que se desea alimentar, como a una tensión diferente a la de trabajo del equipo. Para ello, tanto la clavija “hembra” como la “macho” deben coincidir en las marcas para poder conectar ambas partes. En ocasiones es preciso utilizar adaptadores, ya que el equipo puede trabajar con tensiones distintas. La posición horaria «h» se determina con la base vista de frente observando la posición de contacto de tierra respecto al punto de referencia principal posicionado siempre a la hora 6.

	3 h	4 h	6 h	7 h	9 h	11 h
Clock face position of earthing contacts with respect to non-interchangeability of keyway (Top plan view socket resp. coupling interior) Uhrzeit-Stellungen der Schutzkontakte zur Unverwechselbarkeitsnut (Draufsicht Steckdosen- bzw. Kupplungseinsatz).						
Frequency Hz Frequenz Hz	50 - 60	50 - 60	50 - 60	50 - 60	50 - 60	60
Voltage V Spannung V	380 / 440	110 / 130	380 / 415	500	220 / 240	440
3 poles + earth 3-polig + PE						

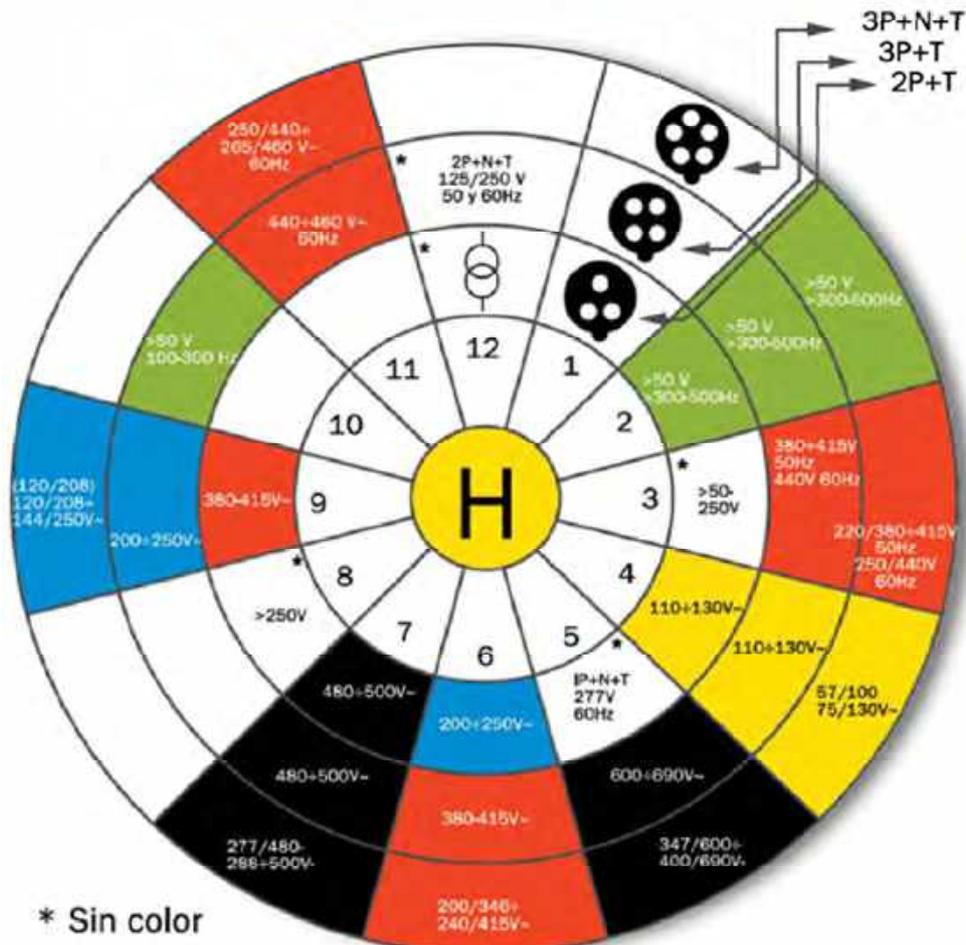
**EJEMPLOS:**

- Uso común
  - Containers refrigerados
  - Instalaciones marinas, portuarias, navales
  - Para corriente continua (2P+T)
  - Para alimentación de transf. de aislamiento
  - Alta frecuencia de 100 a 300 Hz
  - Alta frecuencia de 300 a 500 Hz
  - Tensiones particulares 100 - 130V
  - 480 - 500V
  - 600 - 690V
- hora 6.
  - hora 3.
  - hora 11.
  - hora 3 y 8.
  - hora 12.
  - hora 10.
  - hora 2.
  - hora 4.
  - hora 7.
  - hora 5.

**Color/tensión;** en base a esta división no encontraremos con las siguientes conexiones:

Tensión nominal de trabajo V	Colores 1)
da 20 a 25	Violeta
da 40 a 50	Blanco
da 100 a 130	Amarillo
da 200 a 250	Azul
da 380 a 480	Rojo
da 500 a 690	Negro

**IDENTIFICACIÓN; RESUMEN**



## 6. SIMBOLOGÍA Y ESQUEMAS ELÉCTRICOS.

Los esquemas unifilares son los más utilizados para representar instalaciones eléctricas, ya que son más simples y rápidos de realizar, además pueden sintetizar mayor cantidad de datos que los multifilares, a diferencia entre ambos es, que mientras que en el multifilar se representan todas las líneas posibles de conexión.

En el unifilar sólo se hace un trazo, y tantos trazos transversales como líneas lleve el circuito, en estos circuitos se pueden indicar todos los datos que se quiera: sección, caída, longitud, potencia o intensidad, medidas de la canalización, calibre de las protecciones, etc.

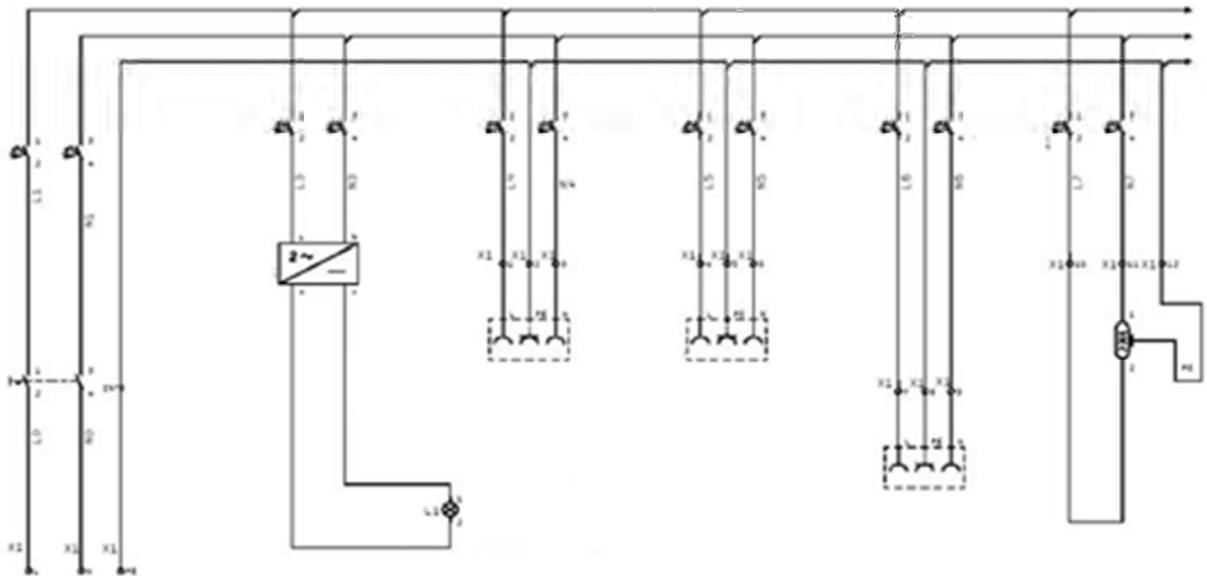


Figura 6-1; ejemplo de esquema multifilar.

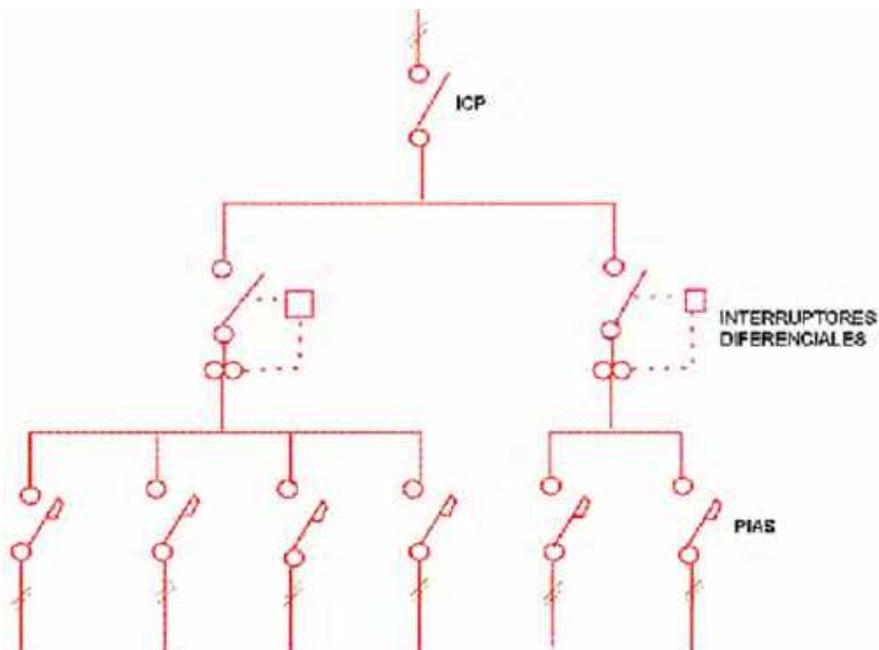
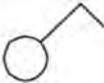
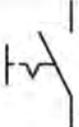
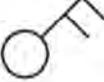
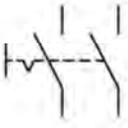
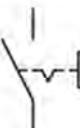
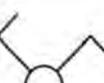
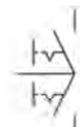
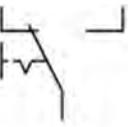
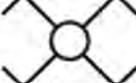
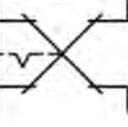
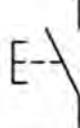
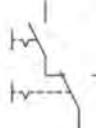
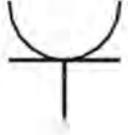
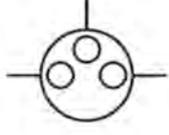
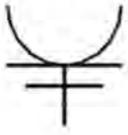
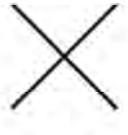
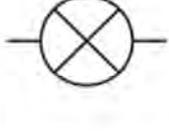
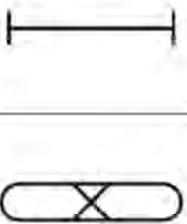
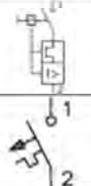
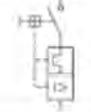
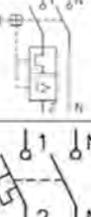
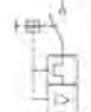
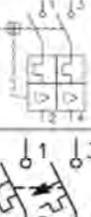
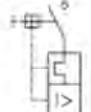
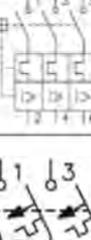
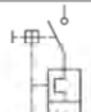
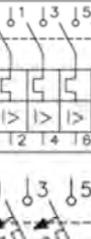
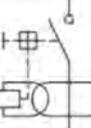
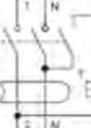
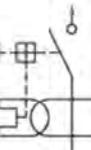
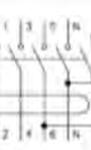


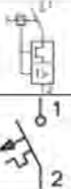
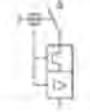
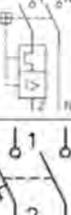
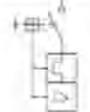
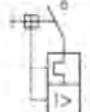
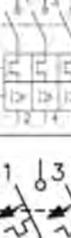
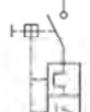
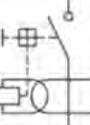
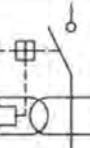
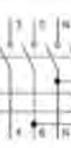
Figura 6-2; ejemplo de esquema unifilar.

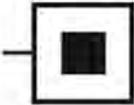
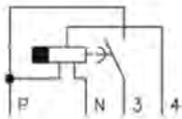
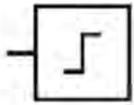
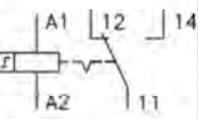
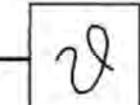
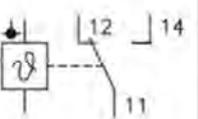
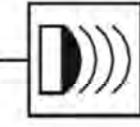
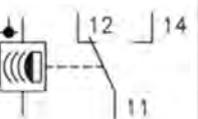
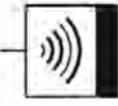
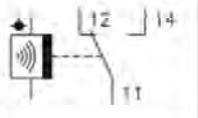
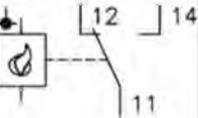
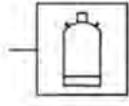
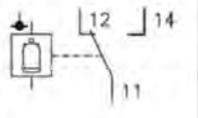
6.1. SIMBOLOGÍA.

Simbología eléctrica normalizada				
Mecanismo	Símbolo		Significado	Condiciones de instalación
	Unifilar	Multifilar		
			Interruptor	Empotrado en caja de mecanismo a una altura de 110 cm de pavimento y 15 cm del marco de la puerta (a excepción de cabeceros en dormitorios). A derecha o izquierda de éste pero siempre en el mismo lado del mecanismo de apertura de la puerta. Se prestará especial interés en la correcta fijación de la caja de mecanismo, debiendo estar nivelada y enrasada, de forma que permita que la placa de los mecanismos queden perfectamente adosadas al paramento. Los mecanismos deberán interrumpir la fase.
			Interruptor Bipolar	
			Interruptor de tirador	
			Interruptor doble	
			Conmutador	
			Conmutador de cruzamiento	
			Pulsador	
			Regulador	
			Interruptores de persianas	

Simbología eléctrica normalizada				
Mecanismo	Símbolo		Significado	Condiciones de instalación
	Unifilar	Multifilar		
			Clavija macho	Se admiten como dispositivos de conexión en carga hasta 16 A.
			Clavija hembra	
			Toma de corriente bipolar de 16 A con toma de tierra T	Se instalarán a 20 cm del pavimento, excepto en cocinas y baños, en donde la distancia será de 110 cm.
			Toma de corriente bipolar de 25 A con toma de tierra	La distancia al pavimento será de 70 cm.
			Toma de corriente trifásica con toma de tierra	Se instalará según necesidades de utilización.
			Punto de luz o lámpara	La sección mínima prevista para la alimentación de puntos de luz será de 1,5 mm <sup>2</sup> .
			Lámpara fluorescente	Todos los puntos de luz deberán disponer de conductor de protección, el cual será de la misma sección que el conductor de fase.

<b>Simbología eléctrica normalizada</b>				
Mecanismo	Símbolo		Significado	Condiciones de instalación
	Unifilar	Multifilar		
			Interruptor de control de potencia (ICP)	Se instalará antes de los dispositivos de protección, en caja precintable. Altura entre 1,4 y 2 m.
			Interruptor automático bipolar F+N (PIA) magnetotérmico	Los dispositivos generales e individuales de mando y protección, cuya posición de servicio será vertical, se instalarán en cuadros de distribución. Su poder de corte será suficiente para la intensidad de cortocircuito que pueda producirse en el punto de su instalación. Este poder de corte será como mínimo de 4,5 kA.
			Interruptor automático bipolar (PIA) magnetotérmico	
			Interruptor automático tripolar (PIA) magnetotérmico	
			Interruptor automático tetrapolar (PIA) magnetotérmico	
			Interruptor diferencial bipolar	Se instalarán en cuadros de distribución. Cuando se prevean corrientes no senoidales se emplearán diferenciales del tipo A.
			Interruptor diferencial tetrapolar	

<b>Simbología eléctrica normalizada</b>				
Mecanismo	Símbolo		Significado	Condiciones de instalación
	Unifilar	Multifilar		
			Interruptor de control de potencia (ICP)	Se instalará antes de los dispositivos de protección, en caja precintable. Altura entre 1,4 y 2 m.
			Interruptor automático bipolar F+N (PIA) magnetotérmico	Los dispositivos generales e individuales de mando y protección, cuya posición de servicio será vertical, se instalarán en cuadros de distribución. Su poder de corte será suficiente para la intensidad de cortocircuito que pueda producirse en el punto de su instalación. Este poder de corte será como mínimo de 4,5 kA.
			Interruptor automático bipolar (PIA) magnetotérmico	
			Interruptor automático tripolar (PIA) magnetotérmico	Este poder de corte será como mínimo de 4,5 kA.
			Interruptor automático tetrapolar (PIA) magnetotérmico	
			Interruptor diferencial bipolar	Se instalarán en cuadros de distribución. Cuando se prevean corrientes no senoidales se emplearán diferenciales del tipo A.
			Interruptor diferencial tetrapolar	

Simbología eléctrica normalizada					
Mecanismo	Símbolo		Significado	Condiciones de instalación	
	Unifilar	Multifilar			
			Automático de escalera	Se instalará en carril o en fondo de caja, según necesidad.	
			Telerruptor	Se instalará en carril o en fondo de caja, según necesidad.	
			Termostato	Se instalará lejos de las fuentes de calor y de las corrientes de aire. Altura del suelo entre 1,5 y 1,7 m.	
			Detector de movimientos (PIR)	Se instalará lejos de las fuentes de calor y de las corrientes de aire. Prestar atención al ángulo de cobertura.	
			Emisor IR	Para el correcto funcionamiento, el emisor debe apuntar al receptor.	
			Receptor IR	Su instalación dependerá del tipo de receptor (de techo, empotrar, etc.)	
			Detector de incendios	En viviendas se instalarán preferentemente en cocina y pasillos distribuidores	
			Detector de gas	<b>GAS</b>	<b>Altura</b>
				Butano o propano	0,30 m del suelo.
				Natural	2,3 m del suelo

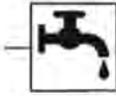
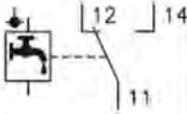
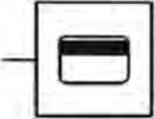
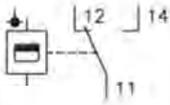
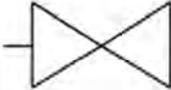
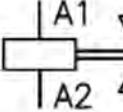
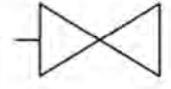
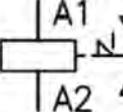
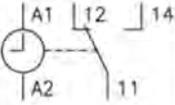
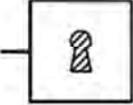
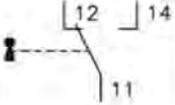
Simbología eléctrica normalizada				
Mecanismo	Símbolo		Significado	Condiciones de instalación
	Unifilar	Multifilar		
			Detector de inundación	Se instalarán en cocinas, baños, lavaderos y en general en las zonas húmedas.
			Sonda de inundación	La sonda se fijará a ras del suelo. Se recomienda asociar una electroválvula.
			Relé accionado por tarjeta	Permite el control de acceso, y cargas (luces, motores, etc.)
			Electroválvula de agua	Se instalará a la entrada del suministro de agua.
			Electroválvula de gas (con rearme manual)	Se instalará a la entrada del suministro de gas.
			Reloj horario	Se instalará en cuadros de distribución.
			Dispositivo de seguridad con llave	Se instalará en accesos (p. ej. cierres comerciales, etc.)
			Limitador de sobretensiones	Se instalará en cuadros de distribución y en función del nivel de protección.

Figura 5-1; simbología eléctrica general.

## 6.2. ESQUEMAS.

Para la denominación de los componentes se utilizarán letras mayúsculas, de acuerdo con las recomendaciones internacionales. Algunas de las letras más utilizadas son:

- F; fusible.
- K; contactor.
- L; línea.
- M; motor.
- Q; interruptor magnetotérmico.
- S; pulsador.
- X; cuadro eléctrico.

Las letras se colocarán a la izquierda del elemento designado. Cuando exista más de un elemento de la misma clase, se añadirá una cifra progresiva (de izquierda a derecha según se representen estos elementos en el esquema). La designación de un elemento que aparece representado en el circuito de fuerza y en el circuito de mando debe ser la misma.

Estos criterios aparecen aplicados en los siguientes esquemas, correspondientes a los circuitos de fuerza y de mando del arranque de un motor en estrella – triángulo.

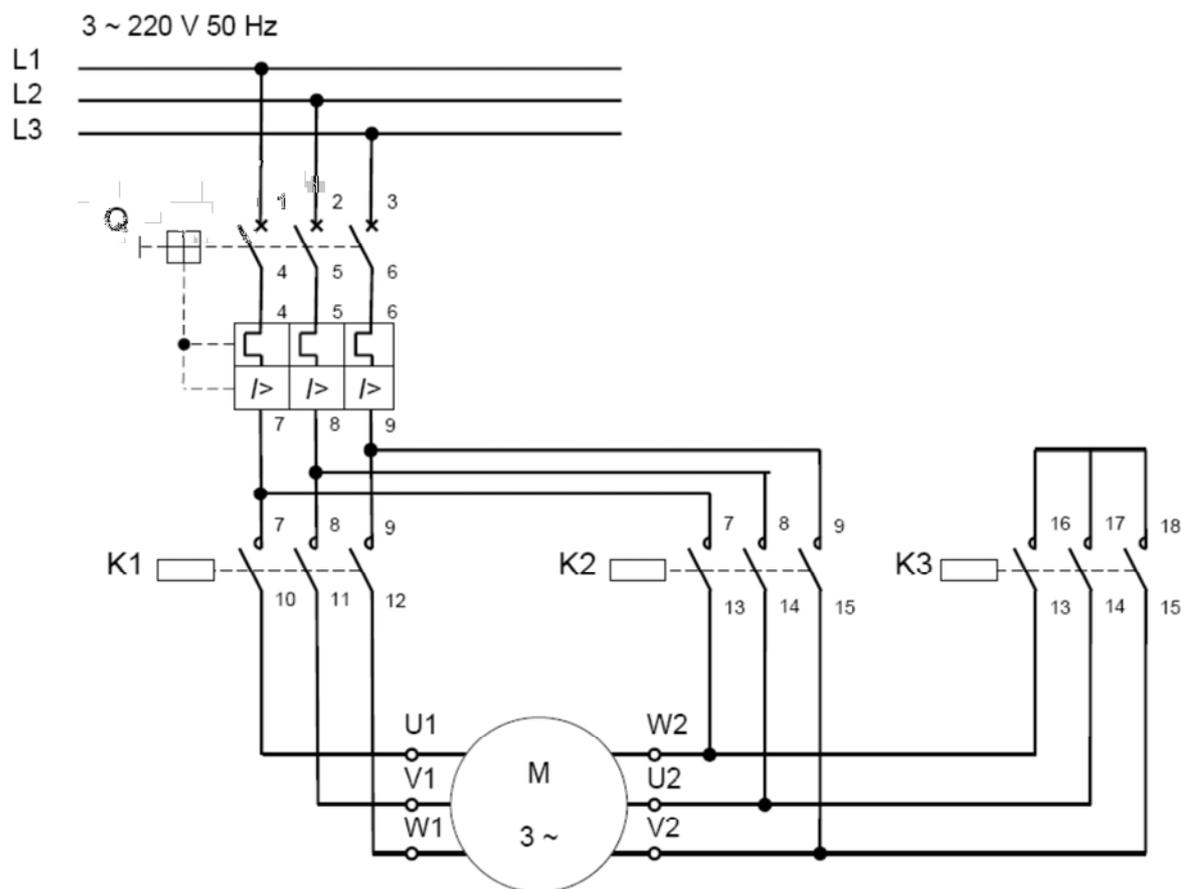


Figura 6-3; representación del circuito de fuerza de un arrancador Y-Δ.

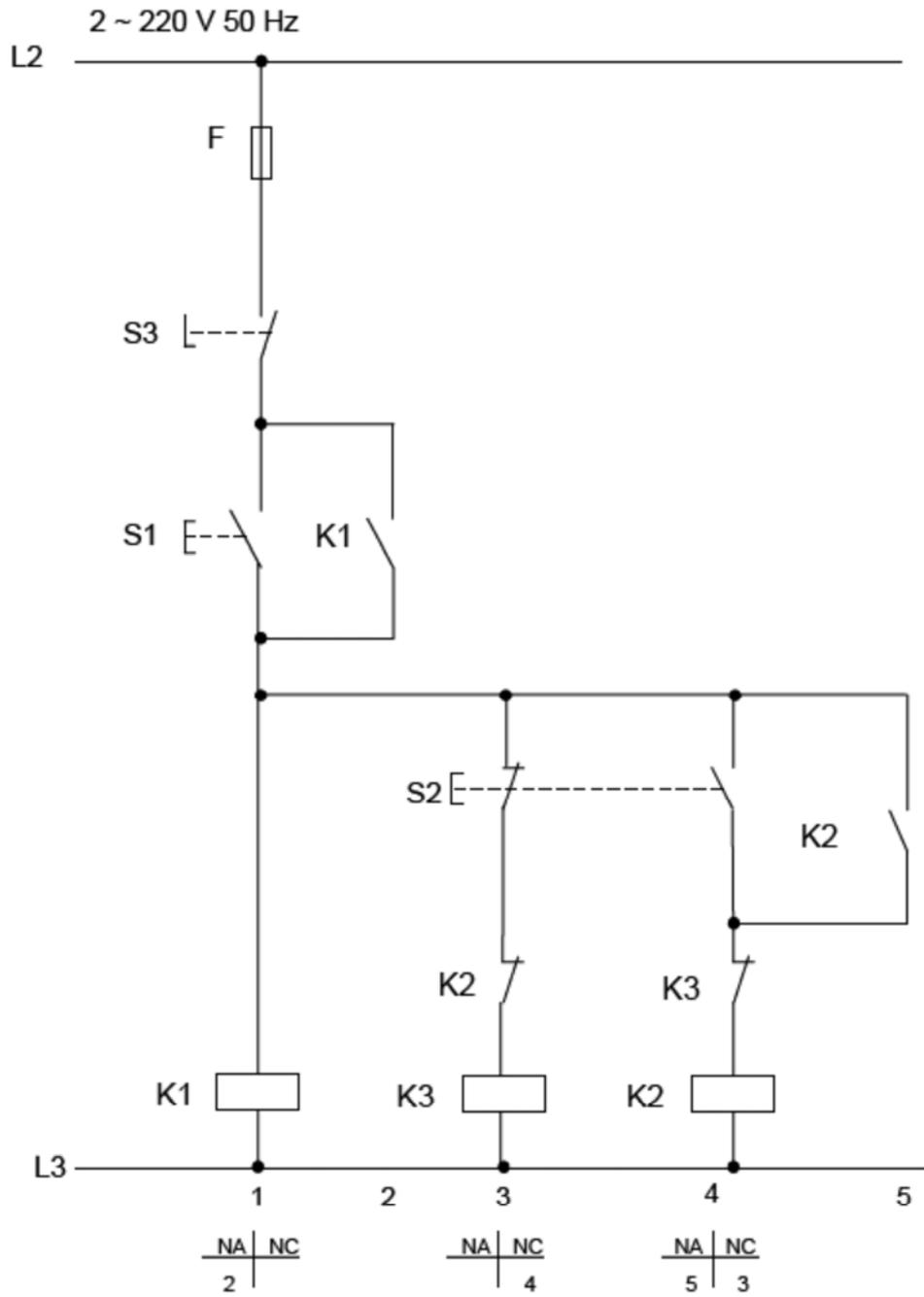


Figura 6-4; representación del circuito de mando de un arrancador Y-Δ.

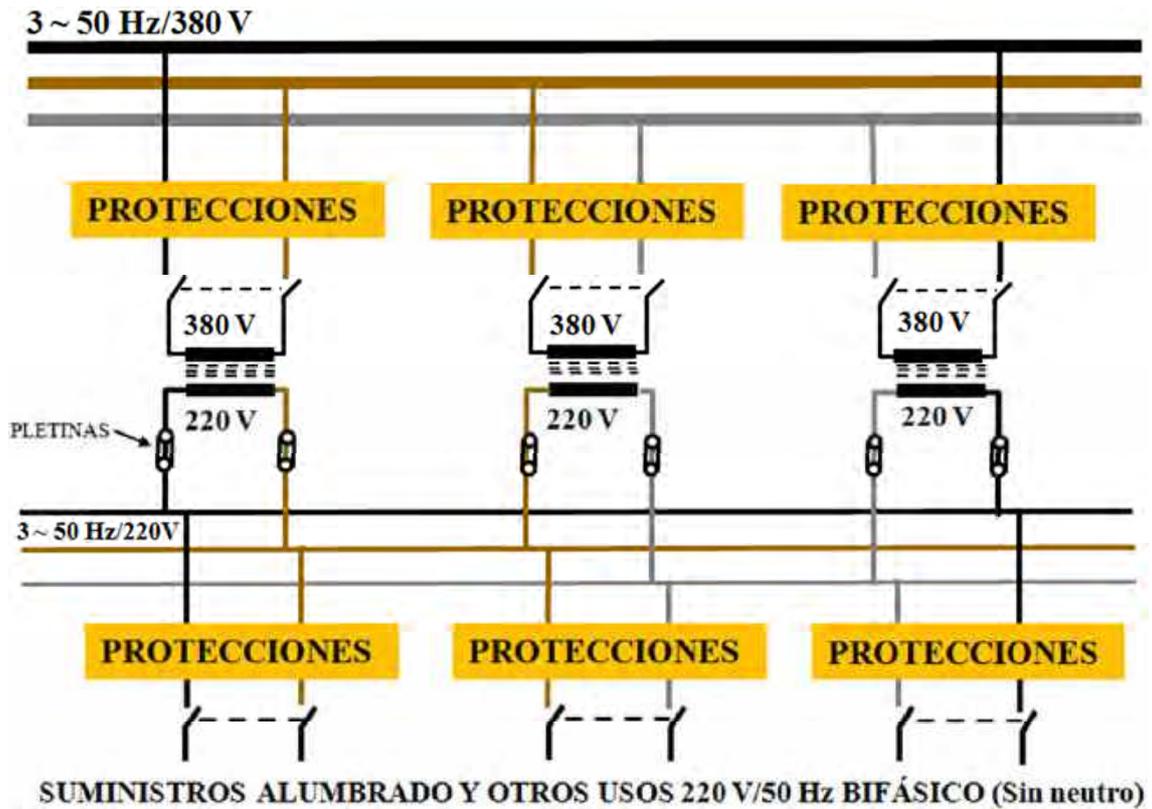


Figura 6-5; distribución 380 v/220v mediante transformadores.

## 7. INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN LOS BUQUES.

### 7.1. LA ELECCIÓN DE LAS TENSIONES Y FRECUENCIAS A UTILIZAR.

Es comúnmente aceptado en la actualidad el uso de la corriente trifásica en detrimento de la corriente continua. Entre las ventajas que se obtienen con el empleo de este tipo de corriente se pueden destacar las siguientes:

- Posibilidad de conectarse a la red de puerto.
- Mayor robustez, menor coste, mantenimiento más sencillo y menor peso y empacho de los motores y generadores.
- Permiten el uso de tensión más elevada, por lo que se puede ahorrar en cobre a ser la sección de los conductores menor.
- En general, la tripulación conoce con más profundidad estos equipos por lo que la fiabilidad en el mantenimiento que realizan es mayor.
- No exigen un control tan elevado de la velocidad de régimen.

Por estas razones se elige la instalación de corriente eléctrica alterna trifásica. La elección de la tensión y la frecuencia está condicionada principalmente por la corriente empleada en los puertos en los que el buque va a atracar en su recorrido más frecuente. En este caso suponemos que el buque realizará recorridos por Europa, en donde la tensión empleada es de 380 V a 50 Hz. En consecuencia éstas serán las características de la corriente que se obtendrá en los generadores instalados, en contraposición a la empleada en EE.UU. que es de 440 V a 60 Hz. De cualquier manera, se debe particularizar el tipo de corriente a emplear en los distintos tipos de instalaciones.

### 7.2. INSTALACIONES EN LOS BUQUES.

**Fuerza;** se va a emplear la corriente que se obtiene directamente de los generadores, niveles de tensión de entre 380 y 440 V a 50 Hz o 60 HZ al igual que una instalación en tierra.

**Alumbrado;** para el alumbrado se emplea una tensión de 220 V a 50 Hz al igual que la empleada en las estaciones terrestres en Europa. Para ello la distribución será monofásica en paralelo obtenida de la conexión entre una cualquiera de las fases y el neutro de manera que el reparto sea equilibrado entre las tres fases.

### 7.3 LAS INSTALACIONES ESPECIALES.

Existe una serie de consumidores que necesita de un tipo de corriente continua a 24 V. Para ellos se emplean baterías de acumuladores que se cargan de la red trifásica o de la monofásica mediante grupos transformadores-rectificadores. Estos consumidores son:

- **Luces de navegación.**
- **Luces de señales.**
- **Luces de Morse.**
- **Aparatos de navegación.**
- **Aparatos de comunicaciones.**
- **Motor de arranque del generador de emergencia.**

### 7.4. LA JUSTIFICACIÓN DEL BALANCE ELÉCTRICO.

Según el reglamento SOLAS, en su parte D, capítulo II-1, regla 40, define que la instalación eléctrica será tal que garantice el funcionamiento de los servicios eléctricos auxiliares que sean necesarios para mantener el buque en condiciones de funcionamiento y habitabilidad sin necesidad de recurrir a la fuente de energía de emergencia.

Además según la regla 41 de dicho capítulo, la capacidad de la fuente de energía principal será suficiente para alimentar todos los servicios antes mencionados. Esta fuente de energía estará constituida por, al menos, dos grupos electrógenos y su capacidad individual será tal que aunque uno de ellos se pare,

el resto pueda alimentar los servicios necesarios para lograr las condiciones de operación normales de propulsión y seguridad.

Como consecuencia de todo lo anterior, el cálculo del balance eléctrico se va a realizar para una serie de condiciones operativas que se supone que van a cubrir casi completamente el rango de operación del buque. Estas son:

- **Buque navegando en condiciones normales.**
- **Buque maniobrando para atracar.**
- **Buque en puerto con tripulación únicamente.**
- **Buque en puerto en condiciones de hotel con todo el pasaje.**

Todas ellas se deben calcular, además, para operación durante el día y durante la noche, por lo que se obtienen, en total ocho condiciones a estudiar. En cada una de estas ocho condiciones, la potencia de los equipos está multiplicada por el coeficiente de utilización  $ku$ , producto a su vez de otros dos coeficientes,  $kn$  y  $ksr$ , de simultaneidad de marcha y de servicio y de régimen respectivamente, donde:

- El coeficiente de simultaneidad de marcha,  $kn$ , refleja la relación entre el número de aparatos de un mismo tipo instalados y el número de estos que se utilizan de manera simultánea.
- El coeficiente de servicio y régimen,  $ksr$ , tiene en cuenta el hecho de que el equipo esté funcionando de manera continua o no, y si lo hace a pleno régimen o no.

Por último se han clasificado los consumidores en los siguientes grupos:

- **Servicios generales de máquinas y propulsión.**
- **Servicios de maquinaria auxiliar para calderas.**

Balance de día y de noche. Nocturno el mayor.

- Servicios auxiliares de maquinaria y propulsión.
- Servicios de maquinaria auxiliar para calderas.
- Servicios sanitarios, sépticos y otros diversos.
- Maniobra.
- Auxiliares de cubierta, carga y elevación.
- Alumbrado.
- Navegación, radio y automación.
- Calefacción y ventilación.
- Servicios de habitación, cocina, lavandería y taller.
- Aire acondicionado.

A la vista de estos resultados, se debe realizar la elección y número de los grupos a instalar, de manera que el régimen de trabajo de los grupos se encuentre en todo momento entre el 70 % y el 90-95 %, con tendencia hacia el límite superior. Además tendremos que instalar un generador de respeto. Se instalan en consecuencia 3 generadores movidos por motores de unos 1800 kW y 2 generadores movidos por motores de unos 2100 kW, ambos a 50 ó 60 Hz y unas 750 u 850 rpm.

## 7.5. INSTALACIONES DE ALUMBRADO (navegación y alumbrado).

La primera utilización de la electricidad en los buques fue para usos de alumbrado. Hoy en día el uso de la electricidad a bordo se ha extendido a múltiples usos, como alimentación de sistemas electrónicos, motores, calefactores etc. A pesar de todo, las instalaciones de alumbrado en los barcos siguen siendo una parte importante de la potencia eléctrica instalada.

Dentro de las instalaciones de alumbrado se pueden distinguir tres grupos:

- **Alumbrado general**, que consiste en las luces de los pasillos, camarotes, alumbrado de cubierta, etc.

- Dan servicio al alumbrado de los compartimentos del buque como pueden ser: puente de gobierno, alumbrado de cámara de máquinas, alumbrado de pasillos, camarotes, etc.

- **Luces de navegación**, que a pesar de su baja potencia, tiene una gran importancia en cuanto a la navegación y tiene que reunir una serie de características especiales que la diferencia de las demás.
  - Son las luces que todo barco debe de llevar para navegar de noche y dependen de: tipo de barco, si está pescando, etc.

Las luces de navegación deben ir protegidas contra el agua y la humedad, debiendo ser las faroleras estancas.

El voltaje máximo permitido en el alumbrado de navegación es el de 24 voltios. Esto es debido, aparte de la seguridad en el trabajo, a que en caso de avería del generador de corriente principal, se pueda dar servicio a las luces de navegación con un grupo de baterías de emergencia.

Las luces de navegación se componen de:

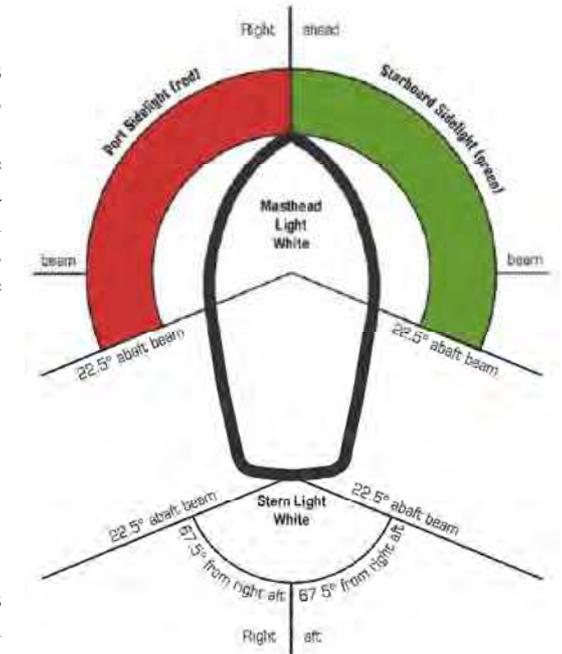
- Banda de babor Luz verde 112,5° de visibilidad
- Banda de estribor Luz roja 112,5° “
- Luz de tope Luz blanca 225° “
- Luz de alcance Luz blanca 135° “

Como se ha mencionado anteriormente las luces de navegación, es un sistema importantísimo en el funcionamiento del buque, es por ello que tiene unas características especiales.

Características de las luces de navegación:

- Cada una de las luces que debe llevar el barco, deben ir duplicadas de manera que si durante la navegación se funde una se pueda encender la otra inmediatamente.
- Deben llevar un dispositivo especial para que cuando se funda una de las luces principales señaladas anteriormente suene una alarma que nos indique esta situación.
- Deben llevar un sistema de alimentación de emergencia para que en caso que falle la corriente principal, automáticamente entre en servicio la fuente de energía de emergencia.

- **Alumbrado de emergencia** que nos permitirá tener iluminación en caso que falle la fuente de energía principal.
  - El alumbrado de emergencia debe de saltar automáticamente cuando por cualquier motivo falla la fuente de energía normal. Normalmente es alimentado por un grupo de baterías y permite mantener alumbrada las partes esenciales del buque.



Todo buque debe llevar un sistema de alumbrado de emergencia para que en caso de fallo de la fuente de energía principal, se pueda disponer de luz para entre otras cosas reparar la avería que haya producido la falta de corriente del generador principal.

Características del alumbrado de emergencia:

- Debe ser independiente del alumbrado general.

- La tensión de las lámparas será de 24 voltios para que puedan alimentarse con las baterías de emergencia.
- Se deben probar periódicamente para comprobar el estado de las lámparas.
- Deben haber alumbrado de socorro en los siguientes locales:
  - Puente y derrota, así como sus instrumentos.
  - Cámara de máquinas.
  - Locales de reunión.
  - Proyector que iluminen el arriado de botes.
  - Pasillos y escaleras.

El alumbrado de emergencia al igual que las luces de navegación se conectan automáticamente cuando falta tensión en la red principal. En la unidad didáctica dedicada a los cuadros se estudiará detenidamente como se lleva a cabo esta.

### 7.5.1. Tipos de lámparas.

Para llevar a cabo la iluminación a bordo disponemos de diversos tipos de luminarias o lámparas, como las de incandescencia con sus diferentes tipos de casquillos y también los tubos fluorescentes. Este tipo de lámparas necesitan para su funcionamiento de una serie de elementos. En los últimos años y debido a la su relación coste-horas de funcionamiento, la tecnología LED (Light Emitting Diode) se va imponiendo en muchos de los actuales usos de las luminarias. A continuación se verán los distintos tipos de lámparas en las que se pueden clasificar las luminarias que se han utilizado y utilizan en los buques:

#### Lámparas incandescentes:

Fuente o dispositivo de iluminación en la que la luz se produce por un filamento calentado a incandescencia al paso de una corriente eléctrica. Los materiales de filamento más típicos son el Wolframio y el Tungsteno, los cuales soportan elevadas temperaturas de fusión (3.410 °C) para que la proporción entre la energía luminosa y la energía térmica generada por el filamento aumente a medida que se incrementa la temperatura, obteniéndose la fuente luminosa más eficaz a la temperatura máxima del filamento.

En la figura de la derecha se aprecian los elementos más importantes así como la distribución de energía en porcentaje para una lámpara incandescente. Por otra parte, las características relevantes que definen este tipo de lámpara se enuncian en la siguiente tabla:



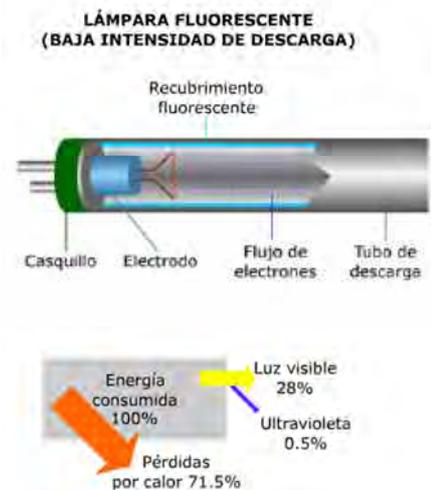
PARÁMETRO	CARACTERÍSTICA
Temperatura del color	Entre 1.100 y 3.200 K.
Índice de reproducción del color	Entre 85 y 100 (muy bueno - excelente).
Potencias típicas	25, 40, 60, 75, 100, 150, 200 W.
Flujo luminoso *	228, 386, 622, 688, 1.292, 1.950, 2.900 lúmenes.
Rendimiento luminoso *	9,1 - 9,6 - 10,4 - 9,2 - 12,9 - 13 - 15,5 lúmenes/vatio.
Vida útil	E promedio 1.000 h (2.000 h si son alógenas)
Influencia del voltaje	Debe ser lo más cercano posible el valor nominal de la lámpara (+ ó - 5% del nominal).
Características eléctricas	Se puede alimentar tanto en CC como en CA. No produce efecto estroboscópico.
Aplicaciones	Alumbrado doméstico y señalización. No son rentables para alumbrado de grandes espacios con alto nivel de iluminación, ni para naves industriales o locales comerciales con alturas superiores a 4 m.

**Lámparas fluorescentes. (Baja intensidad de descarga, LID):**

La lámpara fluorescente es otro tipo de dispositivo de descarga eléctrica empleado para aplicaciones generales de iluminación. Se trata de una lámpara de vapor de mercurio de baja presión contenida en un tubo de vidrio, revestido en su interior con un material fluorescente conocido como fósforo. La radiación en el arco de la lámpara de vapor hace que el fósforo se torne fluorescente. La mayor parte de la radiación del arco es luz ultravioleta invisible, pero esta radiación se convierte en luz visible al excitar al fósforo.

Una variedad importante de las lámparas fluorescentes son las compactas (ahorradoras o electrónicas), las cuales representa un importante adelanto tecnológico en cuanto a espacio, rendimiento luminoso y ahorro de energía. Disponibles en una variedad de diseños y formas físicas, las lámparas fluorescentes compactas han llevado al diseño de iluminación de la nueva generación para un rango completo de aplicaciones comerciales, residenciales e industriales, y brindan ahorro en energía y una mayor vida útil respecto a las bombillas incandescentes. De hecho, una lámpara fluorescente compacta puede brindar los mismo Lúmenes que una bombilla incandescente a casi un cuarto de la demanda de potencia.

En la figura de la derecha se aprecian los elementos constructivos más importantes así como la distribución de energía en porcentajes para una lámpara fluorescente de baja intensidad de descarga. Por otra parte, las características relevantes que definen este tipo de lámpara se enuncian en la siguiente tabla:



PARÁMETRO	CARACTERÍSTICA
Temperatura del color	Luz blanca día: $T_c > 5.000 \text{ K}$ - Blanco neutro: $3.000 \text{ K} < T_c < 5.000 \text{ K}$ - Blanco cálido: $T_c < 3.000 \text{ K}$ .
Índice de reproducción del color	Luz blanca día: 85 a 100 - Blanco neutro: 70 a 84 - Blanco cálido: 40 a 69.
Flujo luminoso	7 veces mayor comparado con el que producen las lámparas incandescentes de igual potencia.
Rendimiento luminoso	El rendimiento luminoso inicial (nominal) en este tipo de lámpara tiende a disminuir por depreciación luminosa. Debido al potente arco eléctrico que se produce en los electrodos y a las características de la atmósfera de gas, se vaporiza el electrodo desprendiendo partículas metálicas que ennegrecen el extremo del tubo.
Efecto estroboscópico	Las lámparas de descarga no poseen inercia luminosa, como sucede con las incandescentes, por ello, cuando la corriente pasa por cero, la lámpara no emite radiaciones. Este fenómeno casi no es apreciado por el ojo humano, excepto en aquellos casos en los que se iluminan objetos en movimiento y dan la impresión de estar parados o se mueven intermitentemente.
Vida útil	La vida promedio suele ser de 7.000 horas para un encendido cada 3 horas. Para encendidos cada 10 horas, la vida útil aumenta en un 40%
Temperatura	Este tipo de lámpara ofrece el mayor flujo luminoso cuando la temperatura ambiente es cercana a los $77 \text{ }^\circ\text{F}$ ( $25 \text{ }^\circ\text{C}$ ). Para temperaturas alejadas de este valor se requiere que las lámparas sean encapsuladas.
Influencia del voltaje	Debe ser lo más cercano posible el valor nominal de la lámpara (+ ó - 5% del nominal). En estas lámparas, al contrario de lo que sucede con las incandescentes, la vida y el rendimiento luminoso disminuyen al disminuir el voltaje.
Características eléctricas	Puesto que las lámparas de descarga no se conectan directamente a la red, como sucede con las incandescentes, requieren al inicio de su operación de un equipo auxiliar eléctrico que consta de reactancia, cebador y condensador.
Aplicaciones	La gran diversidad de tonos, su alto rendimiento y la buena calidad de luz ( $T_c > 5.000 \text{ K}$ ), hacen que sean de aplicación general para fines generales de alumbrado. Y, particularmente, en oficinas, almacenes, comercio, escuela, hospitales, gimnasios, industrias, etc.; donde la altura del montaje no supere los 5 m.

### Lámparas de alta intensidad de descarga (HID):

La lámpara de alta intensidad de descarga (HID) se basa en la luz emitida por medio de un gas o vapor que ha sido excitado por medio de una corriente eléctrica. Es necesaria una balasta para encender la lámpara y regular su operación. Las lámparas de alta intensidad de descarga tienen grandes ventajas en la eficiencia energética sobre los incandescentes en donde es aplicable. La de mercurio a alta presión, la de haluro metálico y las de sodio a alta y baja presión son clasificadas como lámparas de descarga de alta intensidad.

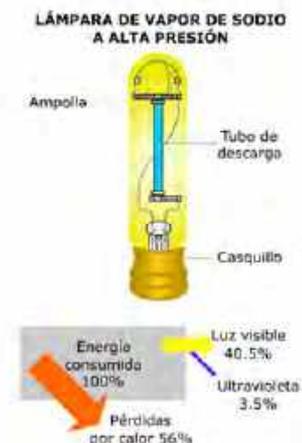
**Vapor de mercurio a alta presión:** Su funcionamiento se basa en el mismo principio de la fluorescente de baja intensidad de descarga, pero con la ventaja de que el color es corregido al elevar la presión del gas de mercurio (mayor longitud de onda y mayor potencia). No son tan eficientes en cuanto a salida de luz y energía como las lámparas de haluro metálico y las de sodio a alta presión, además, debido al alto contenido de mercurio en su bulbo, este tipo de lámpara es prohibido en algunos países y tiende a desaparecer por la presión de la regulación ambiental. En la figura se observan los elementos constructivos más importantes así como la distribución de energía en porcentaje para una lámpara de mercurio de alta presión.



**Haluros metálicos:** Son lámparas de vapor de mercurio a alta presión que además contiene halogenuros de tierras raras como el disprosio (Dy), holmio (Ho) y el tulio (Tu). Con ello se consigue aumentar considerablemente el rendimiento luminoso y aproximar el color a la luz diurna solar. Se utilizan también diversas combinaciones de halogenuros (sodio, yodo, ozono) a los que se les añade escandio, talio, indio, litio, etc. En la figura se observan los elementos constructivos más importantes para una lámpara de Haluros Metálicos.

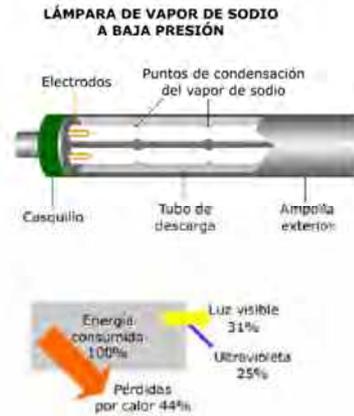


**Vapor de Sodio a Alta Presión:** En este tipo de lámpara la luz se produce por la descarga eléctrica a través del metal de sodio (principalmente) y de mercurio junto con un gas noble (xenón o argón), vaporizados a alta presión, que aumenta la longitud de onda. Los gases que acompañan al sodio aumentan las radiaciones del espectro con cierta continuidad, que permiten distinguir todos los tipos de colores de la radiación visible. Son altamente eficientes, (hasta 140 lúmenes por vatio), y producen un tibia color dorado. En la figura se observan los elementos constructivos más importantes así como la distribución de energía en porcentaje para una lámpara de vapor de sodio a alta presión.



**Vapor de Sodio a Baja Presión:**

La luz se produce por la descarga eléctrica a través del metal de sodio vaporizado a baja presión, que produce radiaciones visibles en longitudes de onda casi monocromáticas, comprendidas entre 589 y 589,6 nm. En la figura se observan los elementos constructivos más importantes así como la distribución de energía (en %) para una lámpara de vapor de sodio a baja presión.



En la siguiente tabla se describen las características más importantes de las lámparas de alta intensidad de descarga (HID):

PARÁMETRO	TIPO DE LÁMPARA HID				
	VAPOR DE HG ALTA PRESIÓN	LUZ MEZCLA	VAPOR DE NA BAJA PRESIÓN	VAPOR DE NA ALTA PRESIÓN	HALUROS METÁLICOS
Temperatura del color	3.000 a 4.500 K	2.900 K		2.100 K	6.000 K
Índice de rep. del color	40 a 69	60	20 a 32	40 a 69	85 a 100
Flujo luminoso	6.300 a 58.000 Lm	3.100 a 14.000 Lm	1.800 a 33.000 Lm	3.500 a 130.000 Lm	17.000 a 80.000
Potencia	50 a 1000 W	160 a 500 W	18 a 180 W	50 a 1.000 W	250 a 1.000 W
Rendimiento luminoso	50,4 a 58 Lm/W	20 a 40 Lm/W	130 a 200 Lm/W	80 a 140 Lm/W	68 a 105 Lm/W
Vida útil	6.000 a 9.000 horas			24.000 horas	16.000 a 20.000 horas
Tiempo de encendido		2 minutos	10 minutos		
Influencia del voltaje	+ó - 5% del voltaje nominal				
Reactancia	Sí		Sí	Sí	Sí
Cebador	No	Sí	No	No	Sí
Capacitor	Sí, para corregir fp		Sí, para corregir fp	Sí, para corregir fp	Sí, para corregir fp

**Lámpara Tipo LED.**

El LED (Light Emitting Diode - Diodo Emisor de Luz) es un tipo especial de diodo (Unión simple de cristales de silicio P y N), que trabaja como uno común, pero que al ser atravesado por la corriente eléctrica emite luz. Existen diodos LED de varios colores y dependen del material con el cual fueron contruidos. Hay de color rojo, verde, amarillo, ámbar, infrarrojo (GaAs, GaAsP, y GaP). A diferencia de las lámparas incandescentes y fluorescentes, casi toda la energía utilizada por el LED es convertida en luz en lugar de calor, lo cual los hace muy eficientes.

Tiene enormes ventajas sobre las lámparas comunes, como su bajo consumo de energía, su mantenimiento casi nulo y con una vida aproximada que varía de 50.000 a 100.000 horas. En la figura se observa la forma física y los compuestos que da origen a diversos tipos de LED.

LÁMPARA TIPO LED

Compuesto	Color	Long. de onda
Arseniuro de galio (GaAs)	Infrarrojo	940nm
Arseniuro de galio y aluminio (AlGaAs)	Rojo e infrarrojo	890nm
Arseniuro fosfuro de galio (GaAsP)	Rojo, naranja y amarillo	630nm
Fosfuro de galio (GaP)	Verde	555nm
Nitruro de galio (GaN)	Verde	525nm
Seleniuro de zinc (ZnSe)	Azul	
Nitruro de galio e indio (InGaN)	Azul	450nm
Carburo de silicio (SiC)	Azul	480nm
Diamante (C)	Ultravioleta	
Silicio (Si)	En desarrollo	



### 7.5.1.1. Ventajas de la iluminación LED frente a otras tecnologías.

1. **Alta eficiencia.** La iluminación LED consume un 80-90% menos de electricidad que una bombilla corriente de similares características. Esto significa un 90% de ahorro en la factura eléctrica. Con las lámparas de Led se ha conseguido la mayor eficiencia lumínica, llegando hasta 130-150 lúmenes por vatio en las bombillas más eficientes, y a 80 lúmenes por Vatio en las más populares. Como ejemplo la eficiencia lumínica de un halógeno es tan solo de 20 a 25 lúmenes por vatio.
2. **Muy bajo consumo.** Consumen 2,5 veces menos que una bombilla de bajo consumo convencional y 8,9 veces menos que una bombilla incandescente de las de toda la vida, esto conlleva un impresionante ahorro económico, que puede llegar al 90% en la factura de la luz, y una rápida amortización de la inversión.
3. **Duración.** Las bombillas LED no tienen filamentos u otras partes mecánicas de fácil rotura y fallo por "fundido". No existe un punto en que cesen de funcionar, su degradación es gradual a lo largo de su vida. Se considera una duración entre 30.000 y 50.000 horas, hasta que su luminosidad decae por debajo del 70%, eso significa entre 10 y 30 años en una aplicación de 10 horas diarias 300 días/año, reduciendo los costes de mantenimiento y remplazo.
4. **Calidad de la luz emitida.** El CRI o índice aleatorio de color, nos proporciona una medida de la calidad de la luz, las bombillas LED poseen un CRI alrededor de 90, consiguiendo que se aprecien mucho más los matices de la luz. La obtenida por fluorescentes y bombillas llamadas de "bajo consumo", además de no ser instantáneas en su encendido, poseen una luz muy poco natural, con un CRI muy bajo en torno a 44.
5. **Baja tensión.** La posibilidad de alimentarse a 12 y 24 Volt. Reduce los riesgos de electrocución, además el cableado puede ser netamente inferior en sección, ahorrando dinero en las es.
6. **Baja emisión de calor.** Al consumir poca energía, las bombillas LED emiten poco calor. Es la llamada luz fría. Por ejemplo, una bombilla halógena gasta de 50W, 45 aproximadamente en emisión de calor, esto supone un gasto extraordinario en aire acondicionado, siendo necesarios unos 70W adicionales para deshacerse del calor generado por esa bombilla.
7. **Respuesta instantánea.** El encendido y apagado de las bombillas LED es rapidísimo, a diferencia de otros sistemas no se degrada por el número de encendidos; lo que los hace muy útiles en sistemas de apagado y encendido por detección de movimiento.
8. **Regulables.** Algunos de nuestros modelos LED son regulables, permitiendo el control del gasto energético y la creación del ambiente deseado.
9. **Ecológicos.** Las bombillas LED son totalmente reciclables y ecológicas ya que no contienen mercurio, ni materiales tóxicos como las lámparas fluorescentes, o CFL.
10. **Resistencia.** Las lámparas LED son mucho más resistentes a los golpes, e incluso aquellas que poseen un bulbo de cristal pueden seguir funcionando si este se rompe.
11. **Emergencia.** Su bajo consumo las hace ideales para sistemas de iluminación de emergencia mediante un sistema de baterías o de generador auxiliar, por lo que pueden ahorrar en sistemas paralelos de iluminación. Se harán imprescindibles en hospitales y lugares que requieran una iluminación a prueba de fallos.
12. **Versatilidad.** Todo tipo de colores, incluso la mezcla de ellos mediante los LED RGB. Todo tipo de lámparas, tubos, paneles planos, tiras de LED, farolas LED, focos industriales, etc.
13. **Menores emisiones de CO2.** Según el Ministerio de Energía de USA (DOE), la iluminación consume el 22% de la electricidad producida en los EE.UU., por lo que la expansión del uso de bombillas LED podría ahorrar una gran cantidad de las emisiones de CO2, el gas al que se considera responsable del calentamiento global.
14. **No emiten rayos ultravioleta.** Por lo que atraen menos insectos.

## AHORRO ANUAL AL SUSTITUIR UNA BOMBILLA CONVENCIONAL POR LED

Tipo de bombilla	Potencia bombilla	Horas de uso	Consumo año	Precio Kw	Gasto económico	Ahorro
INCANDESCENTE	100 W	8	292 kw	0,16	46,72 €	0%
BOMBILLA LED	11 W	8	32,12Kw	0,16	5,13 €	89%
BAJO CONSUMO	30 W	8	87,6Kw	0,16	14,01 €	0%
BOMBILLA LED	9 W	8	17,5Kw	0,16	2,80 €	80%
TUBO FLUORESCENTE	30 W	8	87,6Kw	0,16	14,01 €	0%
TUBO LED	9 W	8	17,5Kw	0,16	2,80 €	80%

Figura 7-1; comparativa de los distintos tipos de tecnologías de iluminación.



Figura 7-2; comparativa de la vida útil en horas de los distintos tipos de tecnologías de iluminación.

7.5.2. Tipos de luminarias.

Las luminarias son los elementos que sirven de sujeción (Figura XX) o soporte y conexión entre la instalación eléctrica y las lámparas sean del tipo que sean. Cada clase de lámpara tiene a su vez algunos tipos de luminarias específicos, barrera que con la tecnología LED se ha eliminado, ya que una de las grandes ventajas de las luminarias LED ha sido la adaptación a prácticamente todos los tipos de luminarias existentes, para sí incorporarlas con un “mínimo” coste al realizar un cambio de tecnología a la LED sin tener que cambiar también la luminaria.

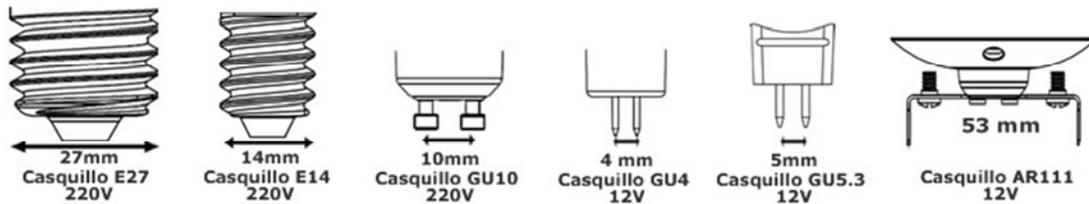


Figura 7-3; distintos tipos de casquillos.

Un dato a tener en cuenta en la instalación de las luminarias es el ángulo de visión que estas aportan al entorno, teniendo que tener en cuenta tres parámetros representados en la imagen inferior:

- Plano de instalación de las luminarias.
- Ángulo de apertura de la luminaria.
- Plano de trabajo.

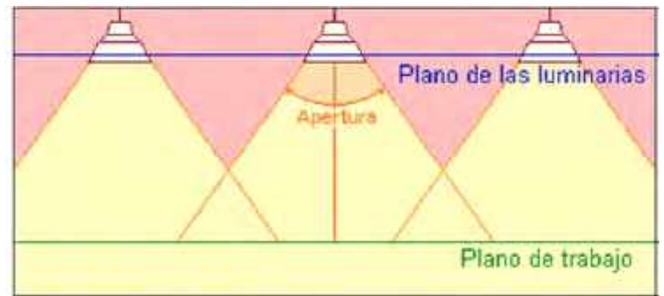


Figura 7-4; parámetros técnicos de iluminación.

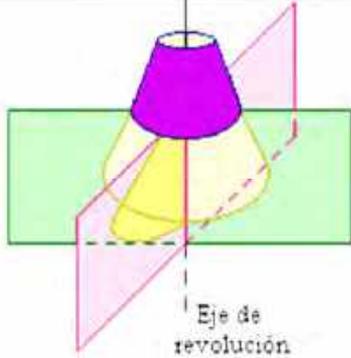
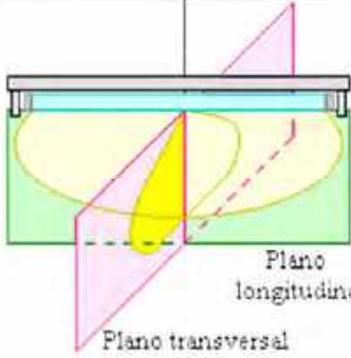
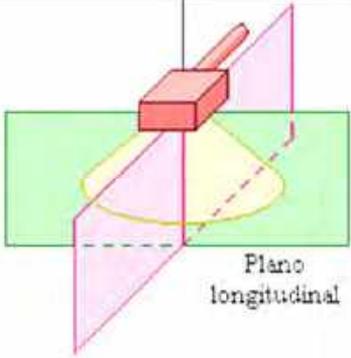
7.5.2.1. Clasificación según las características ópticas de la lámpara.

Una primera manera de clasificar las luminarias es según el porcentaje del flujo luminoso emitido por encima y por debajo del plano horizontal que atraviesa la lámpara. Es decir, dependiendo de la cantidad de luz que ilumine hacia el techo o al suelo. Según esta clasificación se distinguen seis clases.

CLASIFICACIÓN CIE SEGÚN LA DISTRIBUCIÓN DE LA LUZ		
<p>0-10% 90-100%</p> <p><b>Directa</b></p>	<p>10-40% 60-90%</p> <p><b>Semi-directa</b></p>	<p>60-90% 10-40%</p> <p><b>Semi-indirecta</b></p>
<p>40-60% 40-60%</p> <p><b>General difusa</b></p>	<p>40-60% 40-60%</p> <p><b>Directa-indirecta</b></p>	<p>90-100% 0-10%</p> <p><b>Indirecta</b></p>

Otra posible clasificación posible es atendiendo al número de planos de simetría que tenga el sólido fotométrico. Así, podemos tener luminarias con simetría de revolución que tienen infinitos planos de simetría y por tanto nos basta con uno de ellos para conocer lo que pasa en el resto de planos (por ejemplo un proyector o una lámpara tipo globo), con dos planos de simetría (transversal y longitudinal)

como los fluorescentes y con un plano de simetría (el longitudinal) como ocurre en las luminarias de alumbrado viario.

CLASIFICACIÓN SEGÚN EL NÚMERO DE PLANOS DE SIMETRÍA		
		
Luminaria con infinitos planos de simetría.	Luminaria con dos planos de simetría.	Luminaria con un plano de simetría.

**7.5.2.2. Clasificación según las características mecánicas de la luminaria.**

Las luminarias se clasifican según el grado de protección contra el polvo, los líquidos y los golpes. En estas clasificaciones, según las normas nacionales (UNE 20324) e internacionales, las luminarias se designan por las letras **IP** seguidas de tres dígitos. El primer número va de 0 (sin protección) a 6 (máxima protección) e indica la protección contra la entrada de polvo y cuerpos sólidos en la luminaria. El segundo va de 0 a 8 e indica el grado de protección contra la penetración de líquidos. Por último, el tercero da el grado de resistencia a los choques.



**7.5.2.3. Clasificación según las características eléctricas de la luminaria.**

Según el grado de protección eléctrica que ofrezcan las luminarias se dividen en cuatro clases (0, I, II, III).

CLASE	PROTECCIÓN ELÉCTRICA
<b>0</b>	Aislamiento normal sin toma de tierra.
<b>I</b>	Aislamiento normal y toma de tierra.
<b>II</b>	Doble aislamiento sin toma de tierra.
<b>III</b>	Luminarias para conectar a circuitos de muy baja tensión, sin otros circuitos internos o externos que operen a otras tensiones distintas a la mencionada.

**7.5.2.4. Otras posibles clasificaciones para las luminarias marinas.**

Otras clasificaciones posibles son según la aplicación a la que esté destinada la luminaria (alumbrado viario, alumbrado peatonal, proyección, industrial, comercial, oficinas, doméstico...) o según el tipo de lámparas empleado (para lámparas incandescentes o fluorescentes). Pero una de las más importantes tiene que ver con el uso a bordo, que se puede dividir en:

- **Luminarias interiores (pasillos, trabajo, emergencias).**
- **Luminarias estancas para exteriores (sala máquinas, bodegas, etc.).**
- **Proyectores exteriores.**

LUMINARIAS EXTERIORES, PROYECTORES		
		
<p>1826 Ex d luminaire, surface IP68 20 m - With improved maintenance - IP68, 20 m - Slim design</p>	<p>GFX Ex d floodlight for tubular lamps - Seawater resistant aluminium housing - High light output - Easy change of defect light source</p>	<p>GTX Ex d luminaire, surface 18/36W - Fluorescent luminaire for hazardous areas Zone 1 and 2 - Satisfy rules of maritime classification societies - Seawater resistant aluminium housing</p>
LUMINARIAS INTERIORES		
		
<p>0272 Ex e luminaire, surface 18/36W - Maintenance friendly - Diffuser easy to clean - Lot of variants</p>	<p>0285 Ex e luminaire, surface 18/36W - With lamp-holders for standard fluorescent tubes 2-pin - Meets highest demands - Up to 55°C ambient temperature</p>	<p>TX51 Ex e luminaire, surface IP66/67 Zone 1, T16 (TS) - Slim design for small areas - Lamp-holders for standard fluorescent T16 (TS)</p>
LUMINARIAS INTERIORES (MOBILIARIOS)		
		
<p>DIXI W Decorative wall surface luminaire TC7/9W - Decorative IP44 wall luminaire in brass with opal acrylic diffuser - Well suited for cabins and public areas - Approved for marine use</p>	<p>ZAPP SIGN Decorative wall surface luminaire TC18W - Slim and elegant wall luminaire - Suitable for use in combination with Casa downlights, pendant, ceiling and wall luminaires</p>	<p>ZAPP W300 Decorative wall surface luminaire TC18W - Slim and elegant wall luminaire - Suitable for use in combination with Casa downlights, pendant, ceiling and wall luminaires</p>

## LUMINARIAS TÉCNICAS



0631  
Emergency EXIT sign recessed, TC7W  
- Illuminated sign  
- Battery backup available  
- Customized sign



1927  
Emergency EXIT sign recessed, TC7W  
- Illuminated sign  
- Customized sign



GEF  
Wall surface emergency EXIT sign, 8W  
- Sign and escape route lighting in one unit  
- Easy mounting  
- Easy maintenance

## LUMINARIAS DE ÁNGULO INFERIOR (PUENTE)



CASA 16  
Downlight with wide range of decors  
- Variety of reflectors in white baffle, PC or aluminium  
- Many varieties of decor available, including IP45  
- Easy mounting of decor with bayonet connection



CASA 19  
Downlight with wide range of decors  
- Variety of reflectors in white baffle, PC or aluminium  
- Many varieties of decor available, including IP45  
- Easy mounting of decor with bayonet connection



CASA (M) H70 B0  
Downlight designed for use in BO/B15 ceilings  
- Low recessed downlight  
- Easy installation, easy change of light source and decor  
- Suitable for use in BO/B15 ceilings

## 7.6. INSTALACIONES AUXILIARES DEL BUQUE.

Los servicios auxiliares en los buques van desde los motores, bombas y ventiladores/extractores en la sala de máquinas, los “winches” y molinetes de cubierta, la iluminación general, servicios de restauración (cocina etc.) y aire acondicionado. La energía eléctrica y la red del buque se utilizan para dar energía a todos estos servicios auxiliares. El sistema de energía eléctrica del buque debe estar perfectamente diseñado para proporcionar un suministro seguro a todas estas cargas con una adecuada protección (a veces incorporada en el propio equipo o de forma general) para el equipo y para el personal de operaciones (mantenimiento y reparación). El esquema general del sistema de un buque de energía eléctrica es común a casi todos los buques.

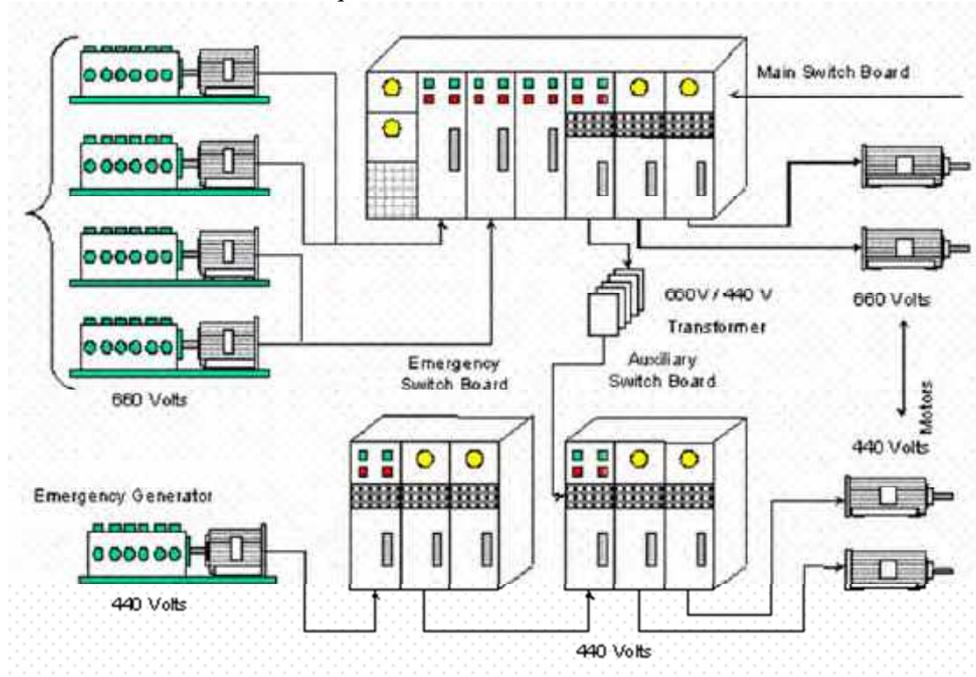


Figura 7-5; distribución esquemática de la planta eléctrica general de un buque.

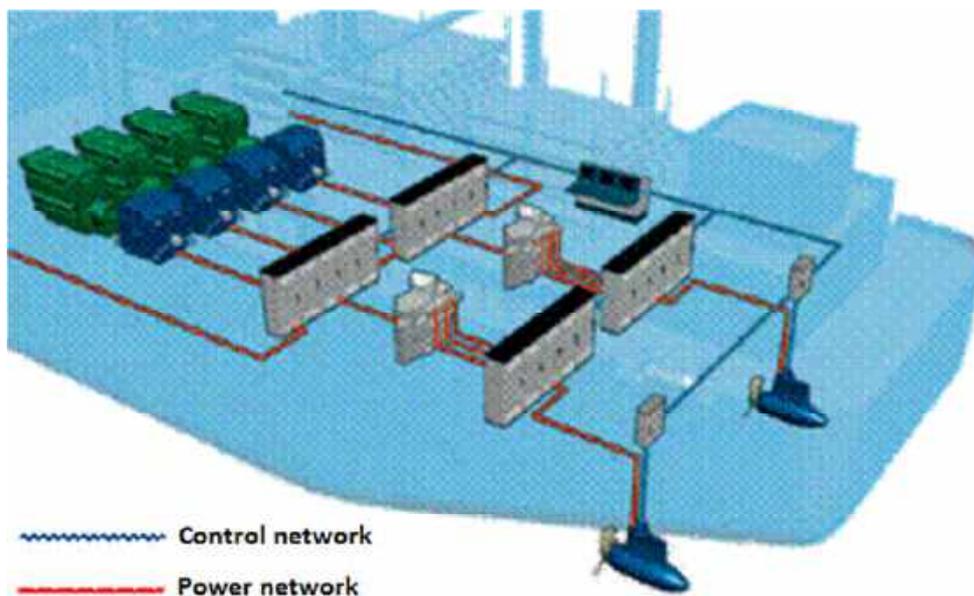


Figura 7-6; distribución real de la planta eléctrica de un buque.

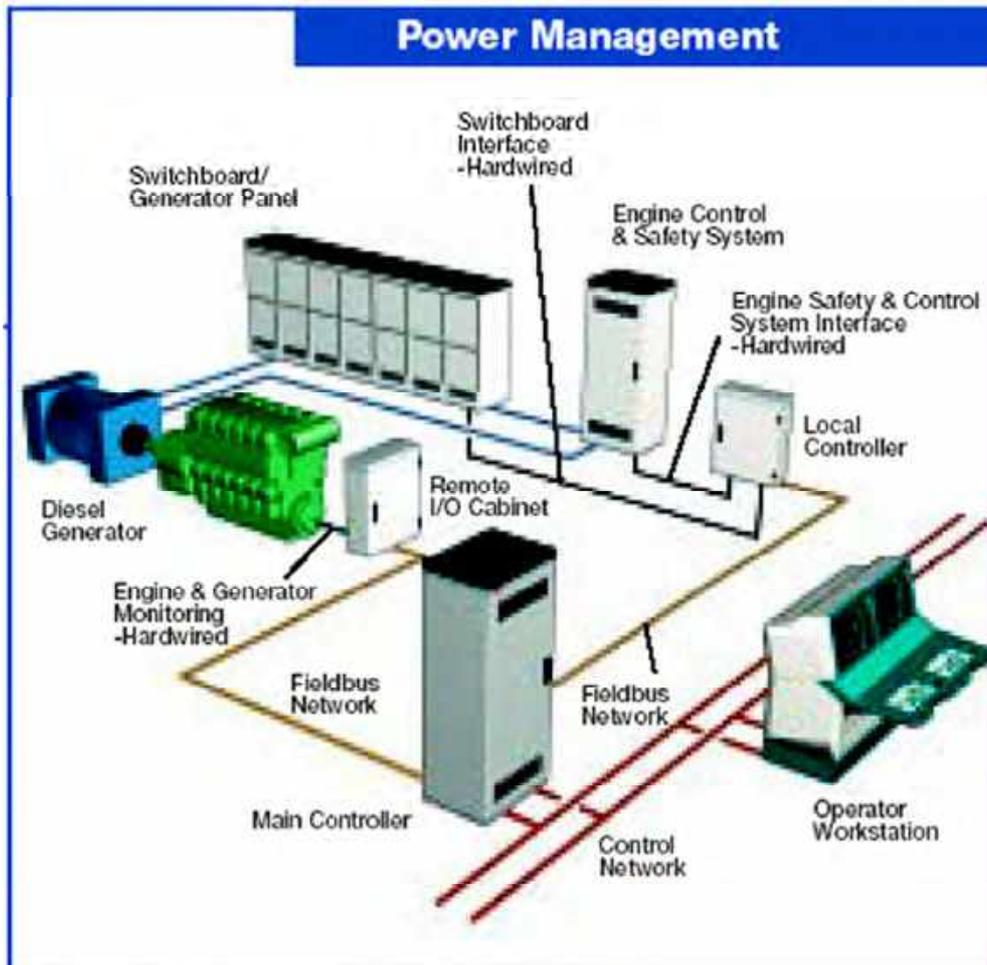


Figura 7-7; sistemas y redes que intervienen en una planta eléctrica de un buque.

La lista completa de sistemas auxiliares del buque es la siguiente:

- **Planta de vapor.**
- **La turbina de vapor.**
- **Sistema de gobierno.**
- **Sistema de agua de sentina.**
- **Planta de desalinización de agua.**
- **Sistema contra incendio.**
- **Estación de alarma contra incendios.**
- **Sistema principal contra incendios.**
- **Sistema de CO<sub>2</sub> contra incendios.**
- **Sistema y planta de refrigeración.**
- **Sistema de aire acondicionado.**

### 7.7. CÁLCULO DE CONSUMOS PARA SISTEMAS DE COMUNICACIONES.

Todo lo referente a las fuentes de energía eléctrica principal y de reserva para los equipos de comunicación a bordo de un buque que cumpla con el GMDSS se hallan recogidas en el **Convenio SOLAS, Parte C, Regla 13 del capítulo IV**. Dicha regla

La condición indispensable de las fuentes de energía principal es que deberán ser capaces de suministrar la energía necesaria para el correcto funcionamiento de las instalaciones radioeléctricas y para cargar las baterías, es decir, la fuente de energía de reserva.

Las fuentes de energía se dividen:

- **Principal y de emergencia.**
- **Reserva (baterías).**

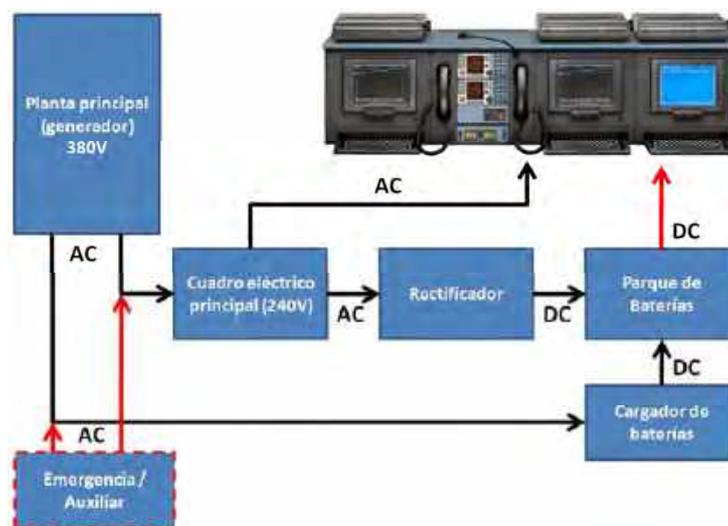


Figura 7-8: Esquema eléctrico general de un buque.

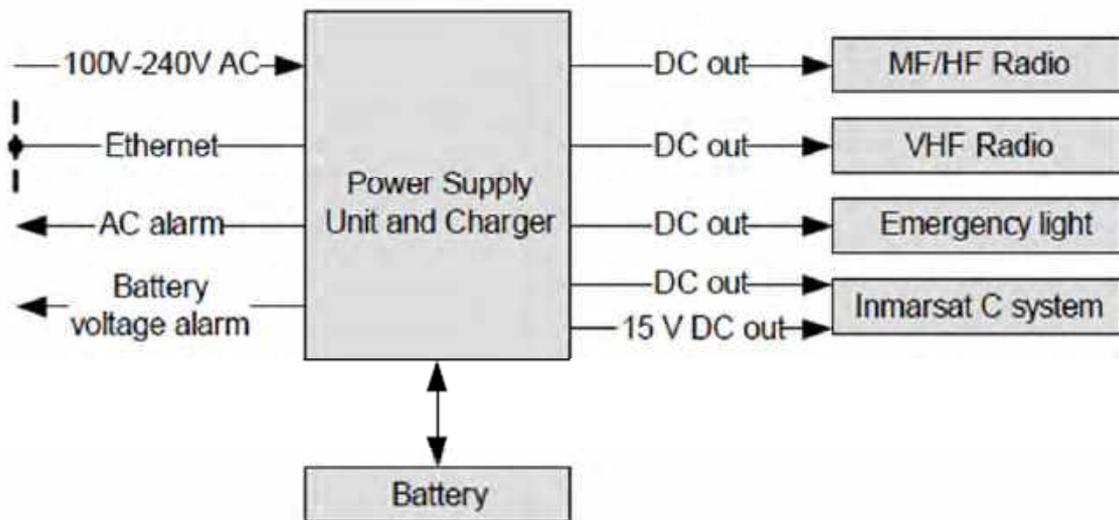
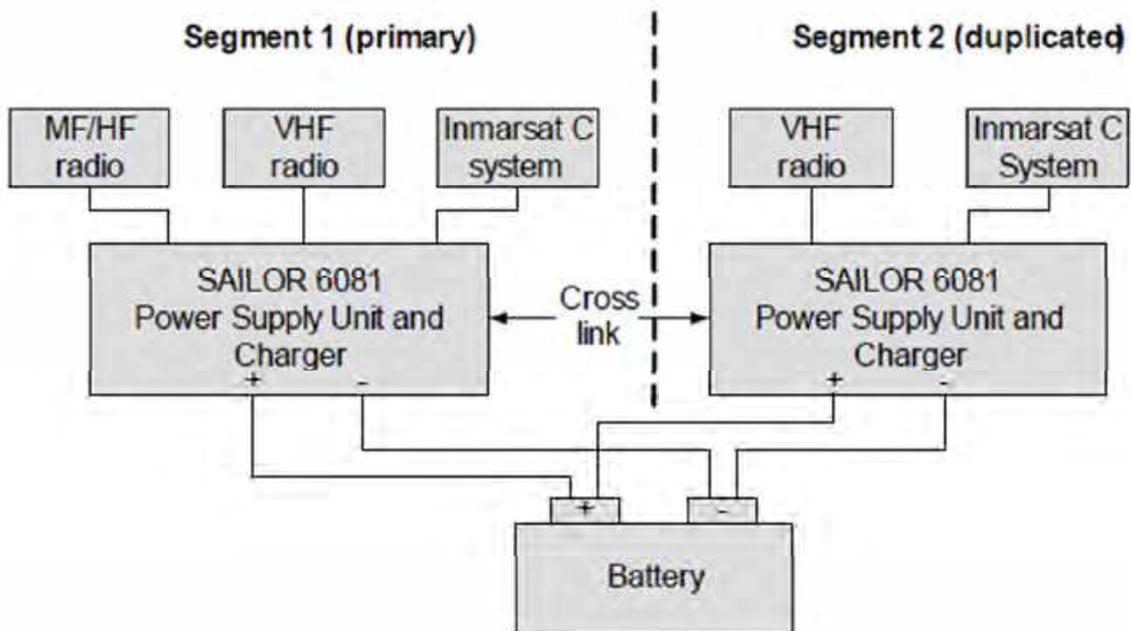
En caso de fallo del suministro por la fuente o fuentes de energías principales todo buque deberá tener una o más fuentes de energía de reserva con objeto de suministrar la energía suficiente para el buen funcionamiento de los sistemas de “socorro y seguridad”, por lo que como mínimo deberá tener capacidad para hacer funcionar simultáneamente:

- **La instalación radioeléctrica de ondas métricas; VHF + DSC, canal 16 y 70.**
- **La instalación radioeléctrica de ondas hectométricas; MF + DSC.**
- **La instalación radioeléctrica de ondas hectométricas/decamétricas; MF + DSC y HF + DSC.**
- **Una estación terrena INMARSAT (comunicaciones satelitarias).**
- **Luces de emergencia (consola).**

Los sistemas anteriormente nombrados dependerán del área de navegación para la cual esté preparado el buque (A1, A2, A3 y A4).

La instalación de las líneas y componentes para el suministro de energía de cara a los sistemas de comunicaciones en un buque tiene a su vez dos posibles opciones teniendo en cuenta los sistemas principales y duplicados:

- **Parque de baterías único;** los sistemas de comunicaciones se duplicarán y habrá un cargador y parque de baterías único con dos líneas alternas independientes (tanto principal como de emergencia). Figura 3-28A.
- **Parque de baterías doble (dual floating charge);** los sistemas de comunicaciones se duplicarán y habrá un cargador y parque de baterías por cada sistema con dos líneas alternas independientes (tanto principal como de emergencia). Figura 3-28B.

**SISTEMA SIMPLE****SISTEMA DUAL**

**Figura 7-9 A y B: Variantes de una instalación de baterías en un buque.**

A su vez la duración de la fuente de energía de reserva se tenga la instalación que se tenga vendrá dada por el tipo de buque y su instalación, lo que arroja nuevamente dos opciones:

- **1 hora;** todos los buques construidos después del 1 de febrero de 1995 y que dispongan de **generador de emergencia**. SOLAS, Capítulo II-1, Parte D, Regla 42 ó 43.

A su vez se debe cumplir que:

- El equipo generador o auxiliar esté sobre cubierta.
- Capacidad de combustible mínima de 6 horas.

○ Arranque automático del generador no superior a 15 segundos.

- **6 horas;** todos los buques construidos antes del 1 de febrero de 1995 y los buques de carga menores a 500 TRB, si **no** disponen de **generador de emergencia**. SOLAS, Capítulo II-1, Parte D, Regla 42 ó 43.

### 7.7.1. Asociación de baterías.

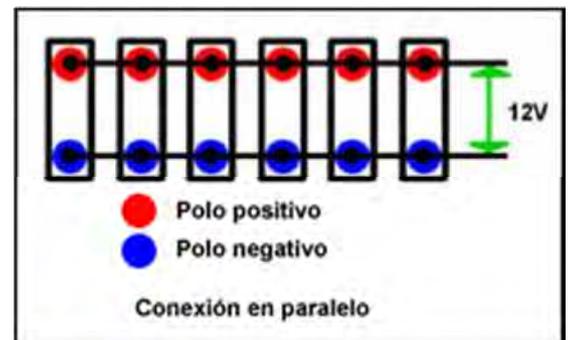
La asociación de baterías hace referencia a la unión de éstas en función de las necesidades de la instalación o aparataje a conectar, ya sea para elevar tensión (voltaje) o aumentar la intensidad (corriente).

La asociación de las baterías se puede realizar de tres maneras, en serie, en paralelo y en mixto (serie-paralelo) teniendo cada uno de los montajes unas características distintas

La **asociación de baterías en paralelo** consigue un **aumento de la “carga”** o la **corriente** (la de cada uno de los elementos que forman el montaje). Esto se obtiene uniendo todos los positivos entre sí, y todos los negativos entre sí. La figura 7-3 muestra un montaje en paralelo.

**Intensidad: 75 Ah x 4 = 300 Ah; Voltaje: 12 V.**

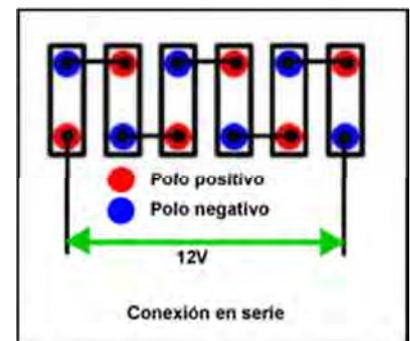
**Figura 7-10: Asociación de baterías en paralelo.**



La **asociación de baterías en serie** consigue un **aumento de la tensión** sumándose (la de cada uno de los elementos que forman el montaje). Esto se consigue uniendo un polo positivo con el negativo de la siguiente, y así hasta el último elemento del circuito. Al final deben quedar sueltos el positivo de la primera y el negativo de la última, siendo éstos los bornes generales del sistema. La figura 7-4 muestra un montaje en serie.

**Voltaje: 12 V x 4 = 48 V; Intensidad: 75 Ah.**

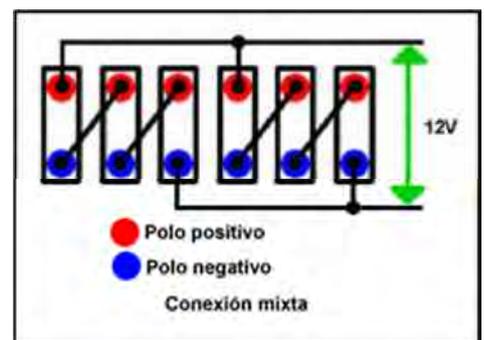
**Figura 7-11: Asociación de baterías en serie.**



La asociación de baterías mixta consigue un aumento de la “carga” o la corriente y del voltaje. Esto se obtiene realizando un montaje serie (en filas) y otro paralelo (en columnas) como si de una matriz se tratara, obteniendo así un resultado de aumento en voltaje según el número de baterías en la fila, y un aumento del amperaje según el número de amperios por filas. La figura 7-5 muestra un montaje mixto.

**Voltaje: 12 V x 4 = 48 V; Intensidad: 75 Ah x 4 = 150 Ah.**

**Figura 7-12: Asociación de baterías mixta.**



### 7.7.2. Cálculo e instalación del parque de baterías de un buque.

Para iniciar en el proyecto radioeléctrico el cálculo del parque de baterías primero se debe tener la relación de sistemas de comunicaciones que se quieren instalar. Una vez conocidos los aparatos se extraen de las hojas de características de los fabricantes los consumos que tienen éstos, tanto en recepción como en transmisión (el mayor). Una vez se tenga en cuenta estos datos, el siguiente paso es saber que variante se usará en el montaje. El siguiente paso consistirá en aplicar el factor de multiplicación al resultado obtenido según las características del buque según el SOLAS por 1 si hay un grupo de

emergencia o por 6 no existe dicho equipo. Como último paso redondearemos o aproximaremos el valor de los amperios al tipo de baterías a instalar.

Para realizar este ejemplo se hará uso de las características técnicas los mismos equipos que se describirán en el capítulo XIX sobre simulación de sistemas, para una consola A3 con opción VHF + MF/HF de 500W y sistema INMARSAT, todo esto mediante un montaje con parque de baterías único y a 6 horas de uso sin contar duplicación de equipos. Todos los sistemas se conectarán a un voltaje de 24 V AC/DC (rangos de voltajes de 21,6 a 31,2 V para VHF y MF/HF, y de 10 a 31,2 V para INM-C).

Para realizar los cálculos del ejemplo se utilizará:

- **VHF+DSC**; RT4822, 0,1 A en Rx; 2,8 A en Tx.
- **MF/HF+DSC**; HC4500, 3,1 A en Rx; 38,5 A en Tx.
- **INMARSAT**; H2095C, 0,2 A en Rx; 3,75 A en Tx.
- **GPS**: FURUNO GP 80, 1 A.
- **Luces de emergencia**, 0,625 A.

A su vez se tendrá en cuenta:

- **Para 1 hora**:  $(\frac{1}{2} PTx) + PRx + 50\%$ .
- **Para 6 horas**:  $[(\frac{1}{2} PTx) + PRx] \times 6 + 20\%$
- **Luces de emergencia** (consola) 15 W (mínimo).

EQUIPOS	RX		TX		TOTAL	
	Wattios	Amp.	Wattios	Amp.	1Hrs.	6Hrs.
MF/HF	74,4	3,1	9251	38,5	<b>33,58</b>	<b>161,25</b>
VHF (x2)	2,4 (4,8)	0,1 (0,2)	67,2 (134,4)	2,4 (4,8)	<b>2,25 (4,5)</b>	<b>10,8 (21,6)</b>
INMARSAT (x2)	5 (10)	0,2 (0,4)	90 (180)	3,75 (7,5)	<b>3,125 (6,25)</b>	<b>15 (30)</b>
GPS			10	0,4	<b>0,4</b>	<b>2,4</b>
Luces (x2)			15 (30)	0,625 (1,25)	<b>0,625 (1,25)</b>	<b>3,75 (7,5)</b>
					<b>39,98 (45,98)</b>	<b>193,2 (222,8)</b>
<b>RECOMENDACIÓN:</b>					<b>40 (48) Ah</b>	<b>200 (225) Ah</b>

La instalación del parque de baterías debe realizarse de tal forma que todos los elementos queden sólidamente sujetos y preferiblemente en un lugar que sea lo más estanco posible y con ventilación propia o forzada, ya que las baterías químicas pueden emitir aunque en pequeñas cantidades, gases nocivos y/o corrosivos. El tipo de cable a utilizar para el conexionado de la instalación debe ser el adecuado en sección para la intensidad total del parque de baterías. Normalmente la sección es muy gruesa por lo que a veces se realiza una conexión de baterías con placas o barras de cobre atornilladas (embarrado de cobre).

Se debería instalar un parque de baterías de al menos el doble de lo obtenido en los cálculos, teniendo en cuenta que los sistemas de transmisión llegado el momento, no trabajarán simultáneamente y la máxima potencia sólo se tendrá en cuenta en los momentos de transmisión, por lo que el consumo de los cálculos queda desahogado, pero teniendo el doble de éste el parque funcionará de forma mucho más desahogada y ofrecerá una mayor confianza. En un buque de ciertas dimensiones o características es bastante común que estos consumos se superen.

1 Caso más desfavorable, 925W en modo SSB para dos tonos y alarma en H3E.

## 8. PLANTAS ELÉCTRICAS EN LOS BUQUES Y SUS SISTEMAS.

Los sistemas, fuentes, e instalaciones de un buque no difieren tanto de los que puede poseer una casa o un coche, teniendo similitudes tan próximas en todo lo referente a la aparataje, distribución e instalación. Algunas de las diferencias pueden residir en los niveles de protección de los sistemas debido a la atmósfera de trabajo que encontramos en un buque y los distintos tipos de corrientes que se pueden encontrar, sobre todo en buques grandes.

### 8.1. PLANTA ELECTRICA DEL BUQUE. GENERACIÓN Y DISTRIBUCIÓN.

**Planta eléctrica del buque;** se entiende el conjunto de todos los equipos eléctricos instalados a bordo tales como generadores, motores, conductores, aparataje, etc.

**Planta generadora;** se entiende por planta generadora el conjunto de sistemas que generan o producen energía para el aprovechamiento a bordo, como generadores eléctricos y sus fuentes primarias de energía. A su vez las plantas generadoras se dividen en:

**Planta principal;** es la encargada del suministro eléctrico en condiciones normales. Está compuesta por dos o más grupos electrógenos (motor diesel acoplado directamente a un alternador). Su potencia debe ser tal que permita el normal funcionamiento de la instalación, incluso si uno de los grupos queda o está fuera de servicio.

Mención aparte requieren los generadores de cola que obtienen la energía primaria del propio eje de cola.

**Planta de emergencia o auxiliar;** su misión es suministrar la energía eléctrica necesaria para alimentar todos los servicios esenciales para la seguridad en caso de emergencia. Está formada por un grupo diesel o alternador autónomo, con arranque propio o por una batería de acumuladores.

#### **Servicios a alimentar simultáneamente:**

Alumbrado de emergencia en todos los puestos de reunión y embarco, luces de navegación, bomba contra incendios, radio comunicaciones (también con energía de reserva), comunicaciones interiores, detección de incendios y los instrumentos de navegación.

**Fuente transitoria;** sólo necesaria en buques en los que la conexión de la planta de emergencia no esté automatizada. Está compuesta por uno o varios sistemas acumuladores (baterías) capaces de iluminar las vías de evacuación. También debe suministrar iluminación durante un breve periodo de tiempo, desde la caída de la planta principal hasta el arranque del grupo de emergencia.

**Planta de reserva;** la utilizada en caso de pérdida total de energía a bordo, y en breves momentos de ausencia de energía principal o de emergencias mientras se activa la fuente transitoria.

#### 8.1.1. Situación de las plantas generadoras de un buque.

Los grupos generadores de **la planta principal** se sitúan en la sala de máquinas, en la cubierta plataforma (entrepunte) y en un costado en buques menores.

**La planta de emergencia** debe situarse encima de la cubierta continua más alta, en local independiente, con acceso desde el exterior, para que pueda funcionar en caso de incendio, inundación, escora, etc.

**La fuente transitoria** suele situarse en un local alto con buena ventilación por las emanaciones de las baterías. Si las baterías van incorporadas en las luminarias o equipos, deberán ser estancas y entrarán en funcionamiento de forma automática, en caso de fallo de la fuente principal.

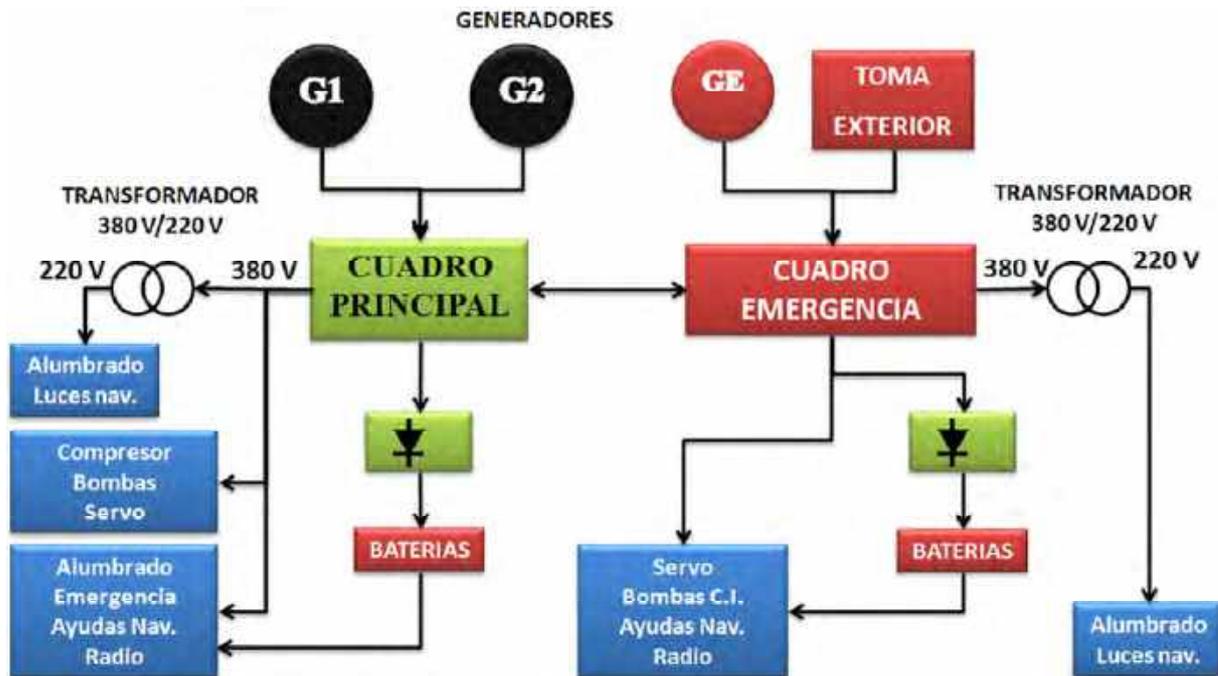


Figura 8-1; esquema general de la planta de un buque.

## 8.2. SISTEMA ANTICORROSIÓN, ÁNODO DE SACRIFICIO.

La corrosión de un material metálico es la interacción de éste, con el medio que lo rodea, produciendo un deterioro en sus propiedades físicas y químicas, acelerando su envejecimiento y destrucción.

La **protección catódica** es un método muy utilizado que aprovecha el principio electroquímico de la corrosión, colocando uno o varios cátodos en una estructura metálica para así protegerla, bien se encuentre ésta enterrada o sumergida, parcial o totalmente. A esta **Protección** debe agregarse las ofrecidas por otros elementos de revestimientos, tales como las pinturas y demás productos químicos inhibidores de la oxidación.

Los Campos de aplicación de este sistema de protección son:

- **Estructuras aéreas;** (Vigas de hormigón armado, etc.).
- **Estructuras en agua de mar;** (Casco de buques, diques, cadenas, etc.).
- **Estructuras en agua dulce;** (Compuertas hidráulicas, tuberías, etc.).
- **Estructuras enterradas;** (Tuberías, depósitos, etc.).

Los Sistemas de protección más utilizados son:

- **Sistemas de Protección Catódica por Corriente Impresa.**
- **Ánodos galvánicos, ánodos de sacrificio.**

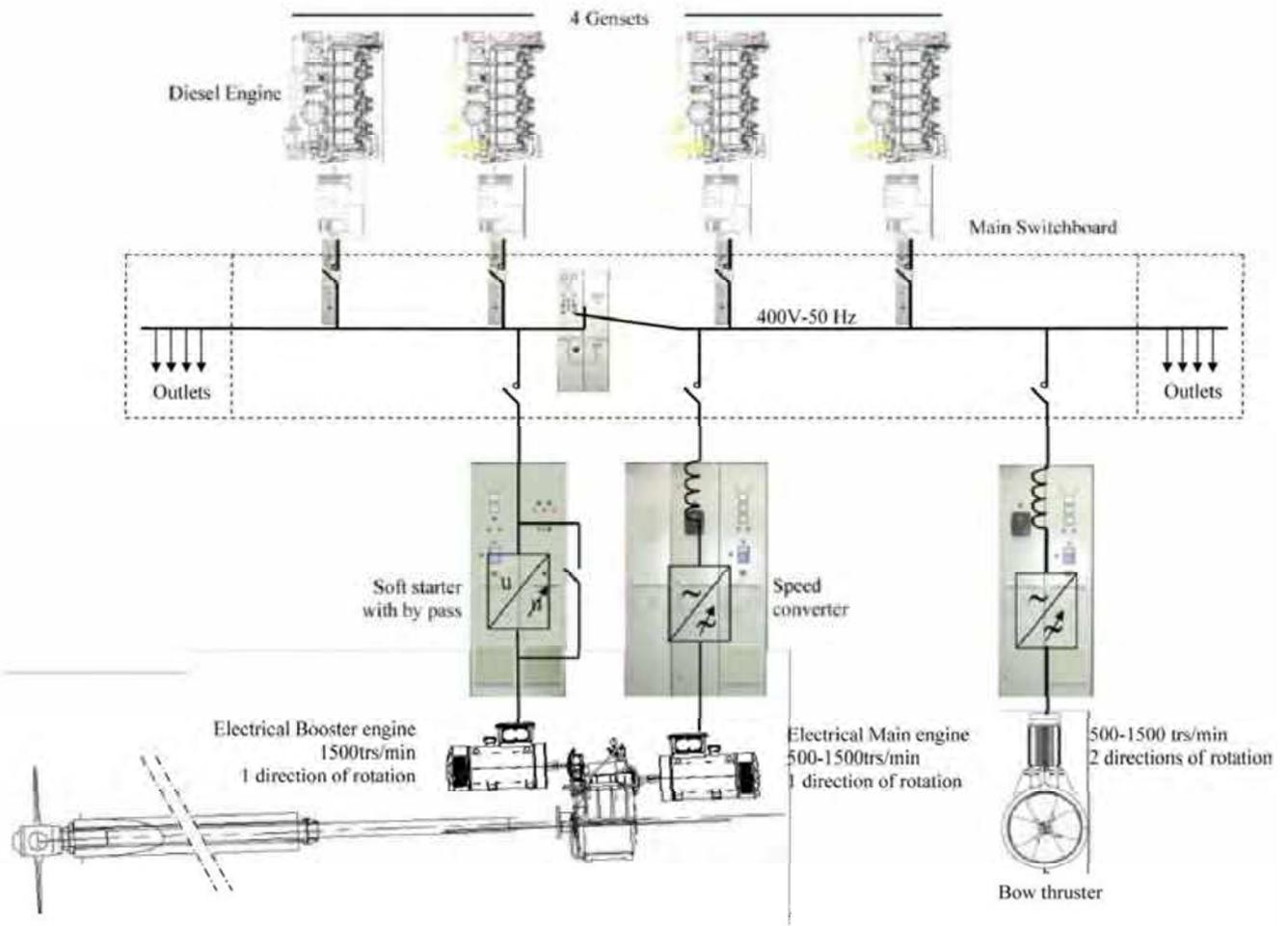
### 8.2.1. Ejemplo real de instalación en un buque mercante.

Datos de la planta eléctrica del buque:

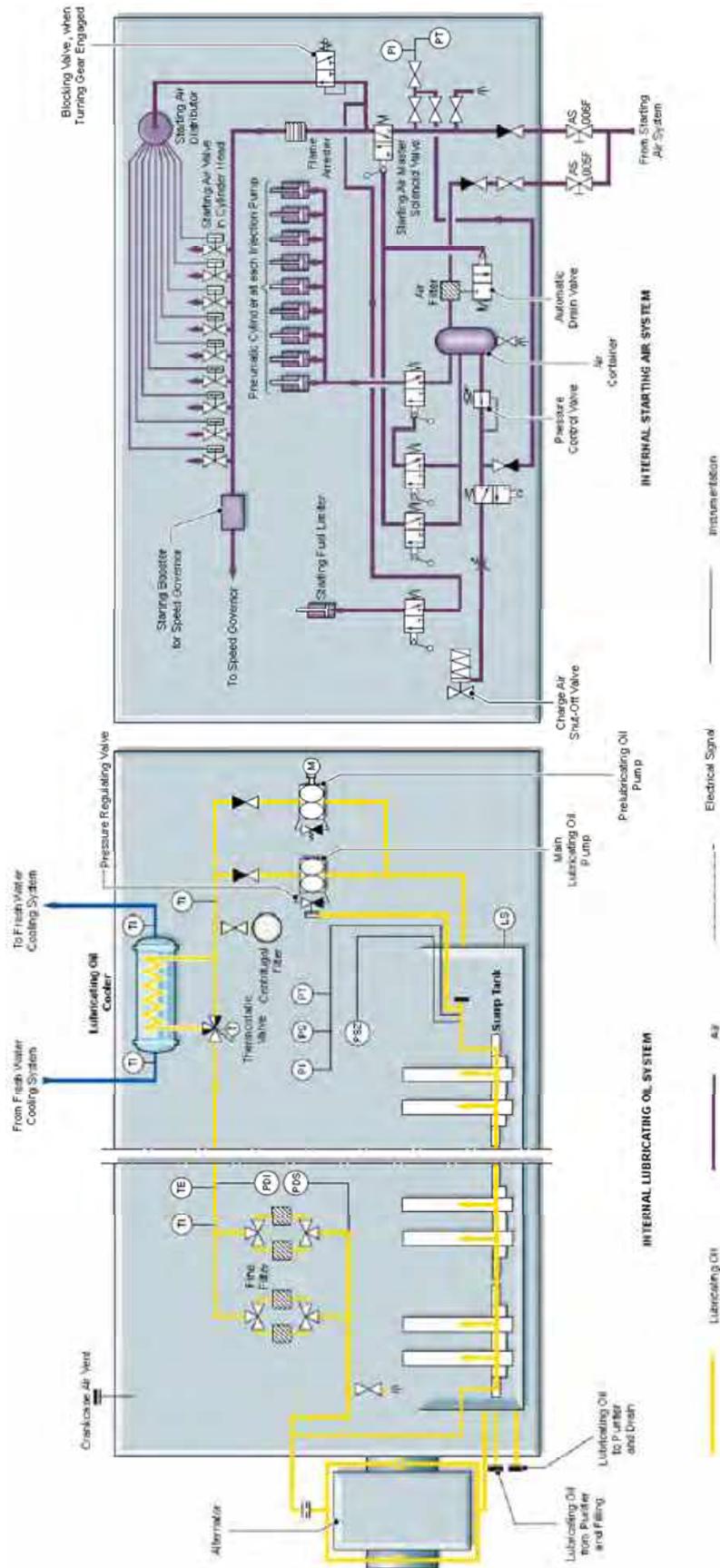
- **Motor principal.**
- **Turbina generadora.**
  - Salida de 3.300 V, 60 Hz, 3150KW y 689 A.
  - Revoluciones del alternador 1800 rpm.
- **Generador Diesel.**
  - Salida de 3.300 V, 60 Hz, 3150KW y 689 A.
  - Revoluciones del alternador 1800 rpm.
- **Generador Diesel de emergencia.**
  - 4450V, 3 fases, 60Hz, 570kW, 915A, 713kVA.

Distribución eléctrica del buque:

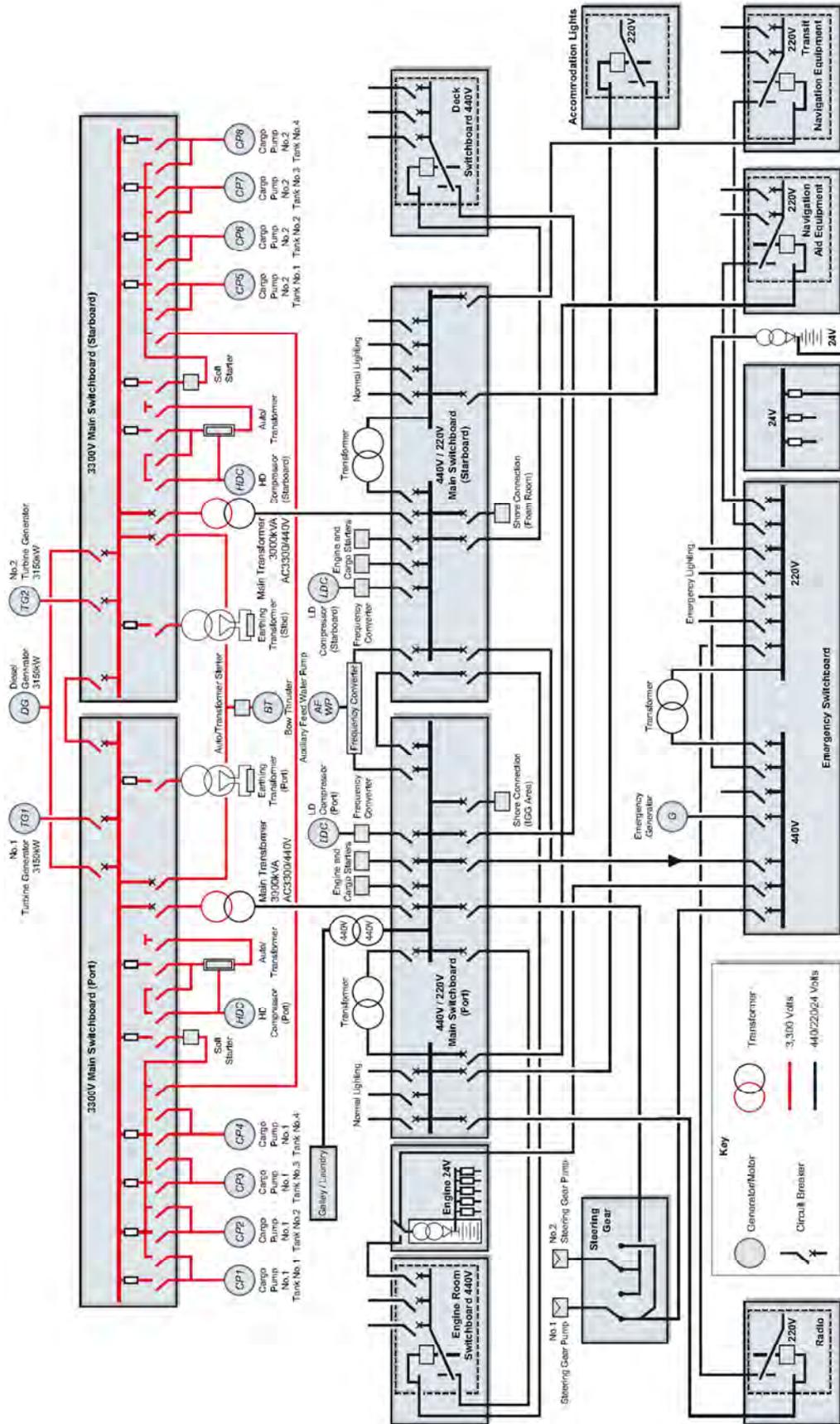
- **Equipamiento eléctrico.**
- **Cuadro de mandos principal y operaciones en el generador.**
- **Distribución eléctrica.**
- **Energía en costa.**
- **Alternador principal.**
- **Alternador de emergencia.**
- **“Tripping” preferencial y Reiniciando Secuencial.**
- **Sistemas de baterías y sistemas de alimentación ininterrumpida (SAI / UPS).**
- **El sistema de protección catódica.**



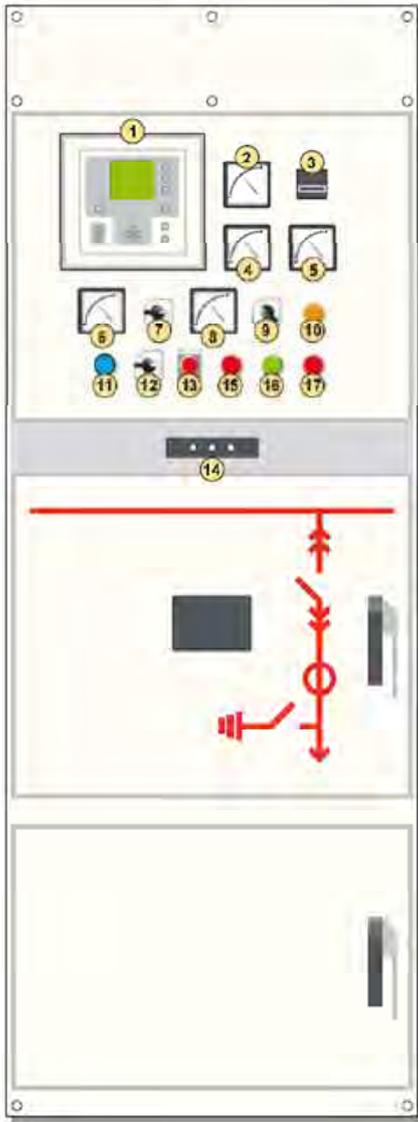
**SISTEMA DIESEL-ELÉCTRICO DE PROPULSIÓN Y MANIOBRA DE UN BUQUE.**



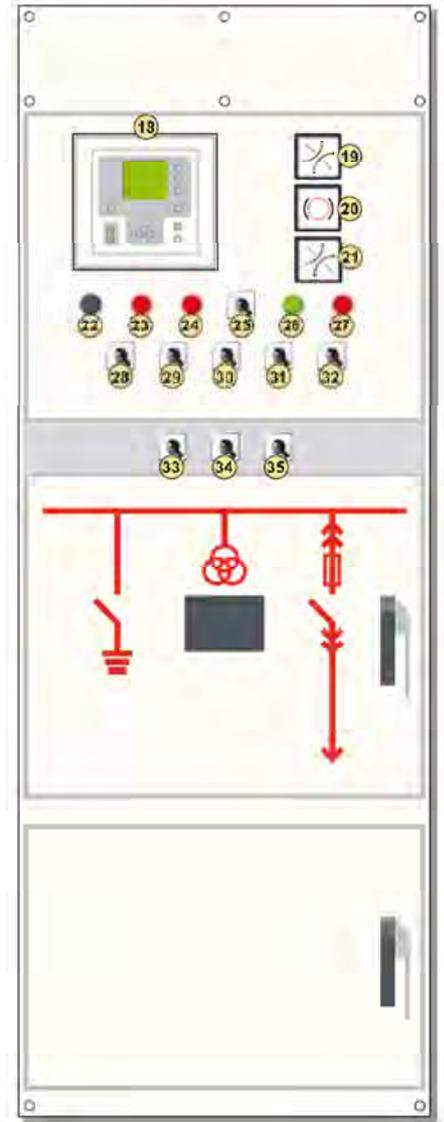
GENERADOR DIESEL.



RED ELÉCTRICA PRINCIPAL.

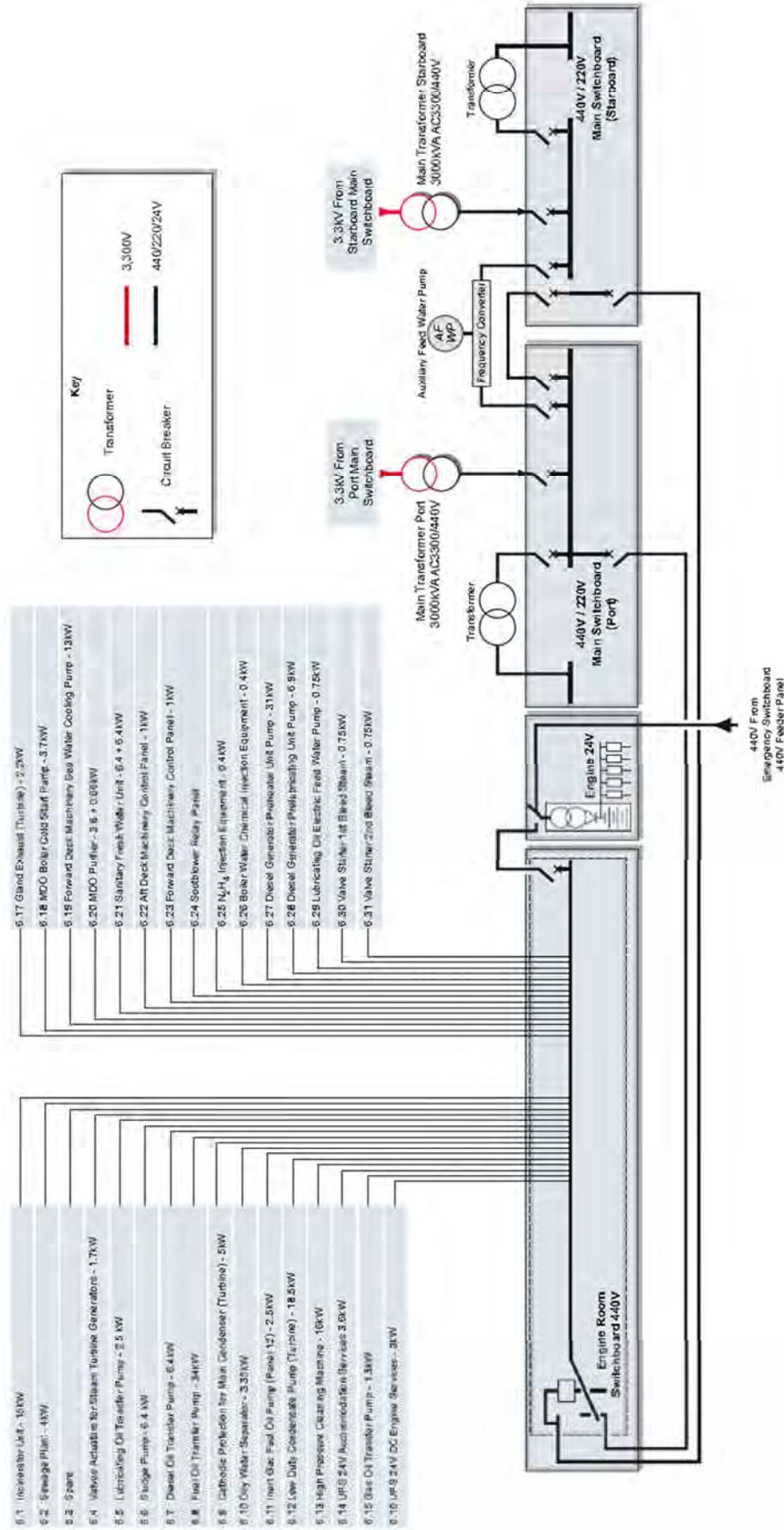


- 1 - REM
- 2 - Power Factor Meter
- 3 - Hour Meter
- 4 - Watt Meter
- 5 - Mvar Meter
- 6 - Ammeter
- 7 - Ammeter Selector Switch
- 8 - Voltmeter
- 9 - Voltmeter Selector Switch
- 10 - Space Heater On
- 11 - Earth Switch Unlock
- 12 - Heater On-Off
- 13 - Extraction Button
- 14 - Earth Lamps
- 15 - Reset. De-extraction Light Button
- 16 - Connected
- 17 - Disconnected
- 18 - REF
- 19 - Synchronise Gauge
- 20 - Synchronise Gauge
- 21 - Synchronise Gauge
- 22 - Local Diesel Generator Start
- 23 - Local Diesel Generator Stop
- 24 - Local Turbine Generator Stop
- 25 - Switch
- 26 - Connected
- 27 - Disconnected
- 28 - Remote/Auto, Local/Auto  
Local/Manual Diesel Generator Switch
- 29 - Lower - Raise Diesel Generator Switch
- 30 - C.B. Trip/Close Diesel Generator Switch
- 31 - Remote Local/Auto Transfer Switch
- 32 - C.B. Trip/Close Diesel Generator Switch
- 33 - C.B. Trip/Close Turbine Generator Switch
- 34 - Lower - Raise Diesel Generator Switch
- 35 - Remote/Auto, Local/Auto  
Local/Manual Turbine Generator Switch

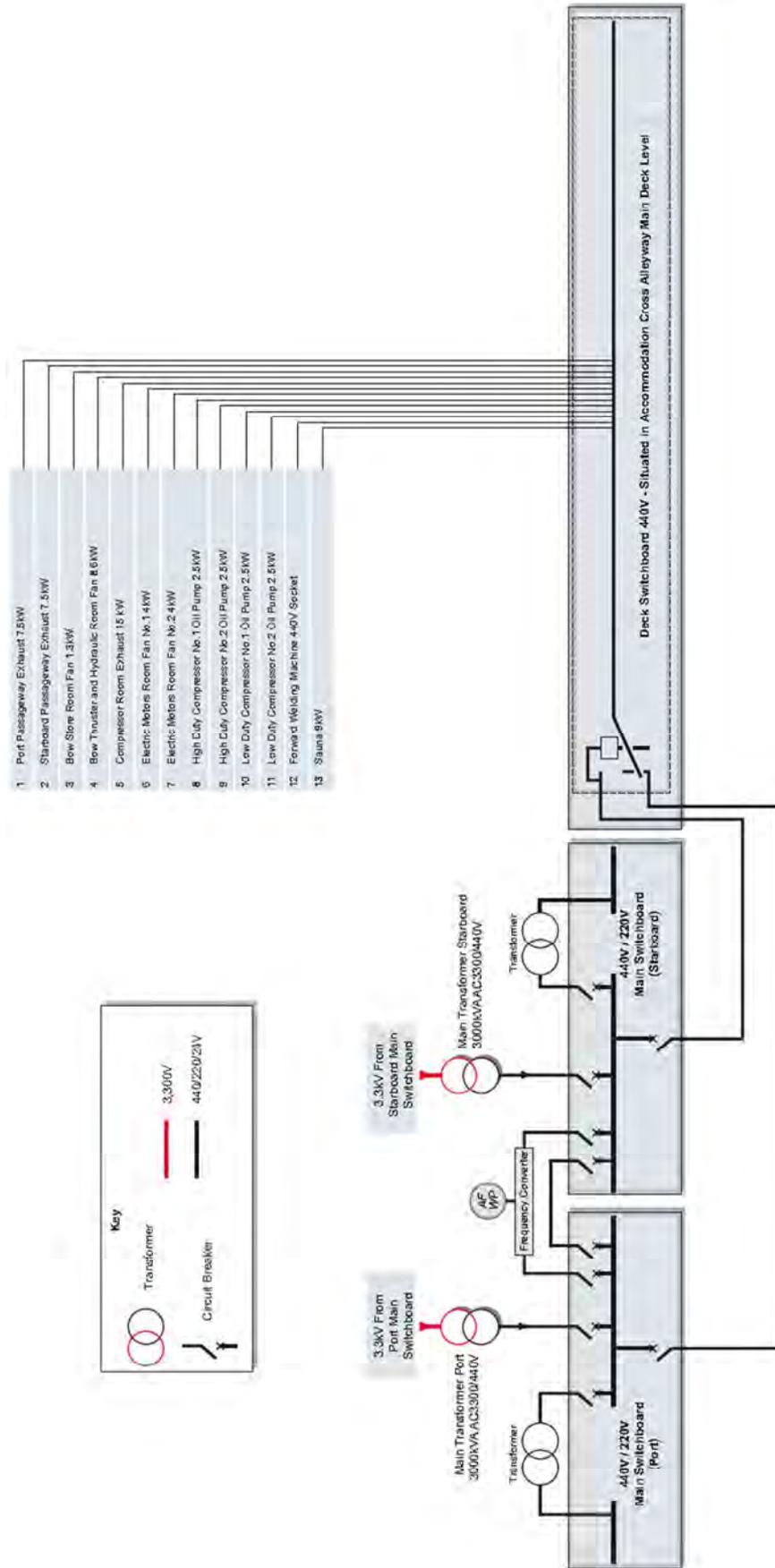


CUADRO DE MANDOS PRINCIPAL Y OPERACIONES EN EL GENERADOR.

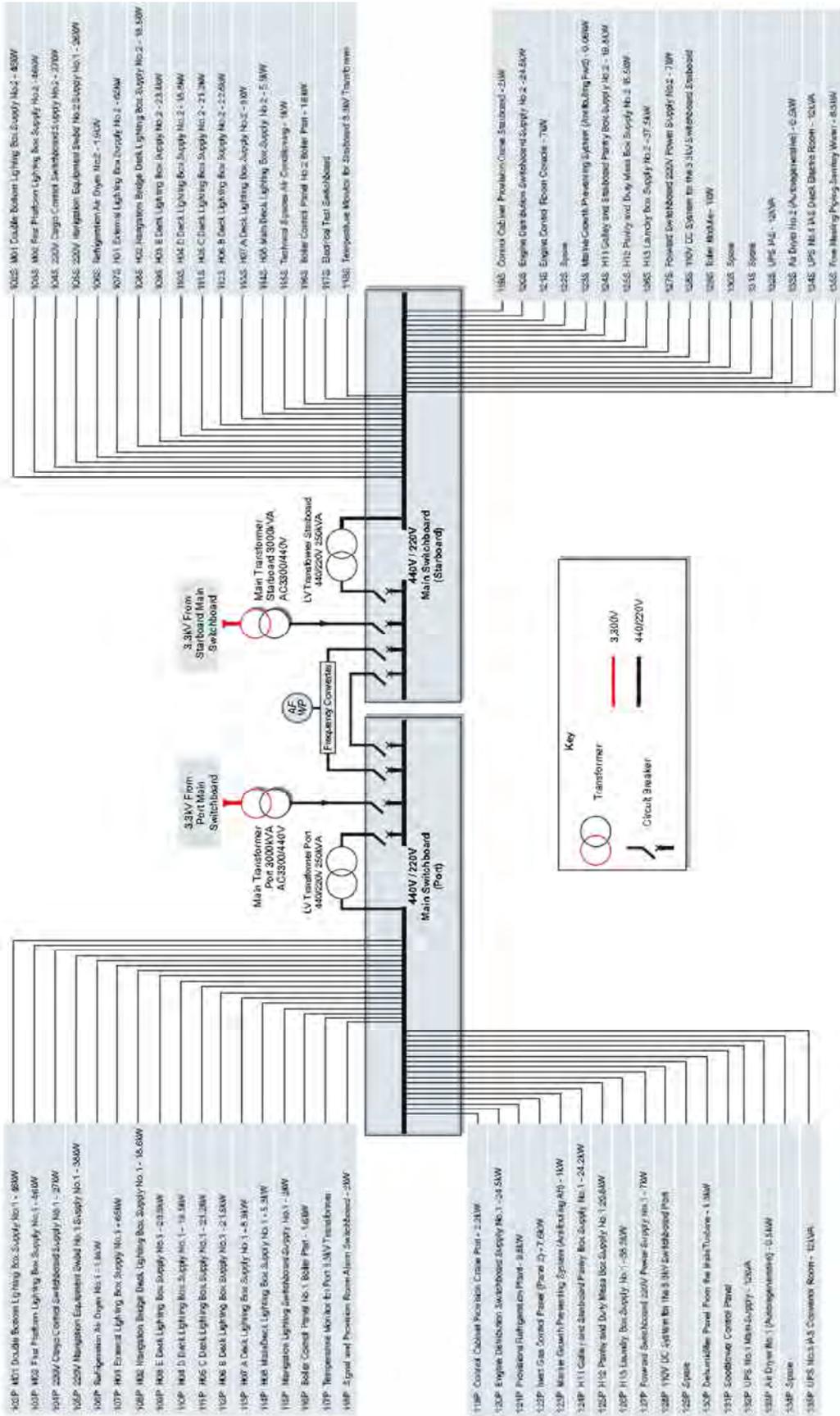




CUADRO DE DISTRIBUCIÓN DE 440 VEN MÁQUINAS (ENGINE ROOM).

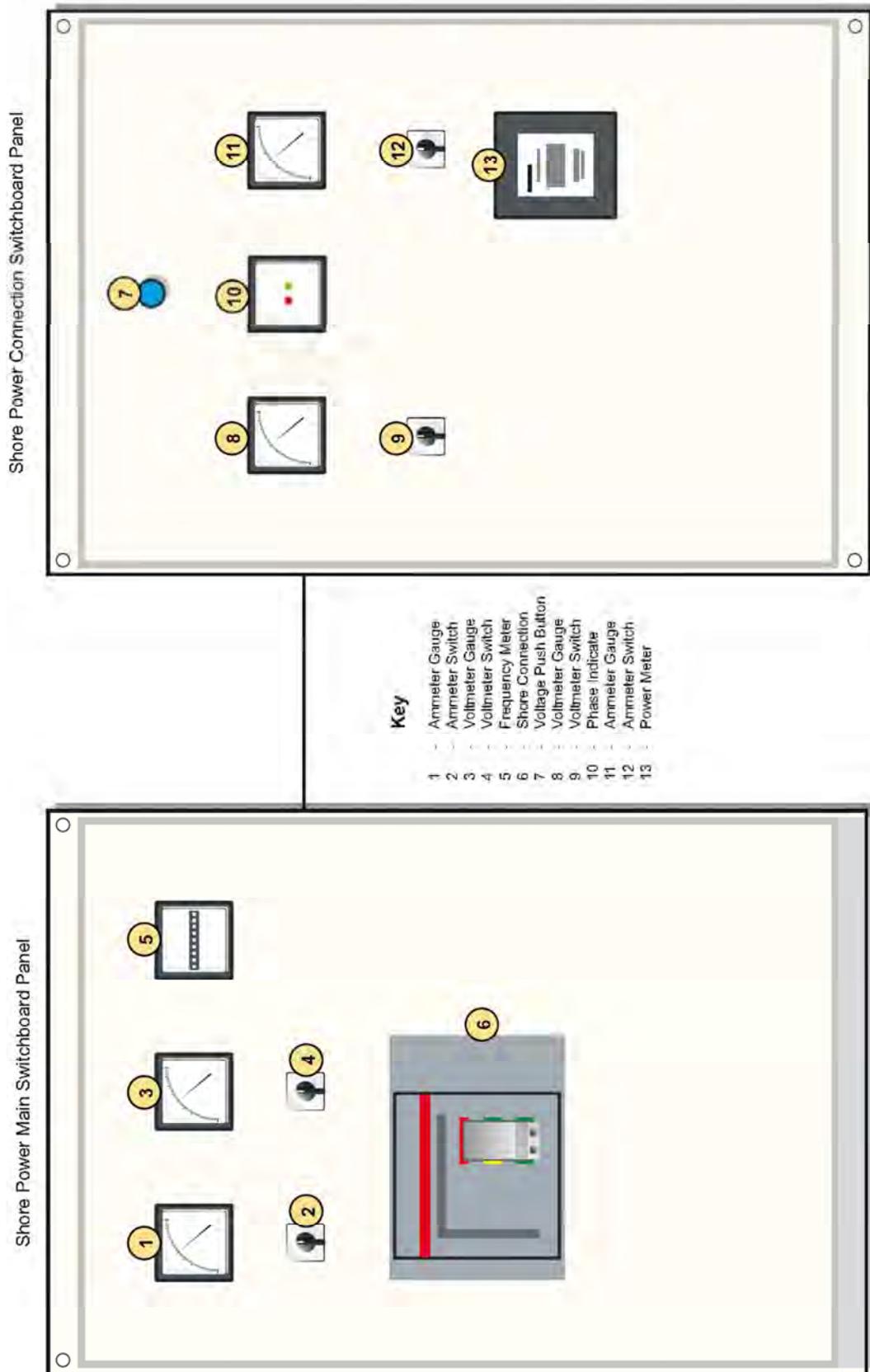


CUADRO DE DISTRIBUCIÓN PARA SERVICIOS DE CUBIERTA A 440 V.

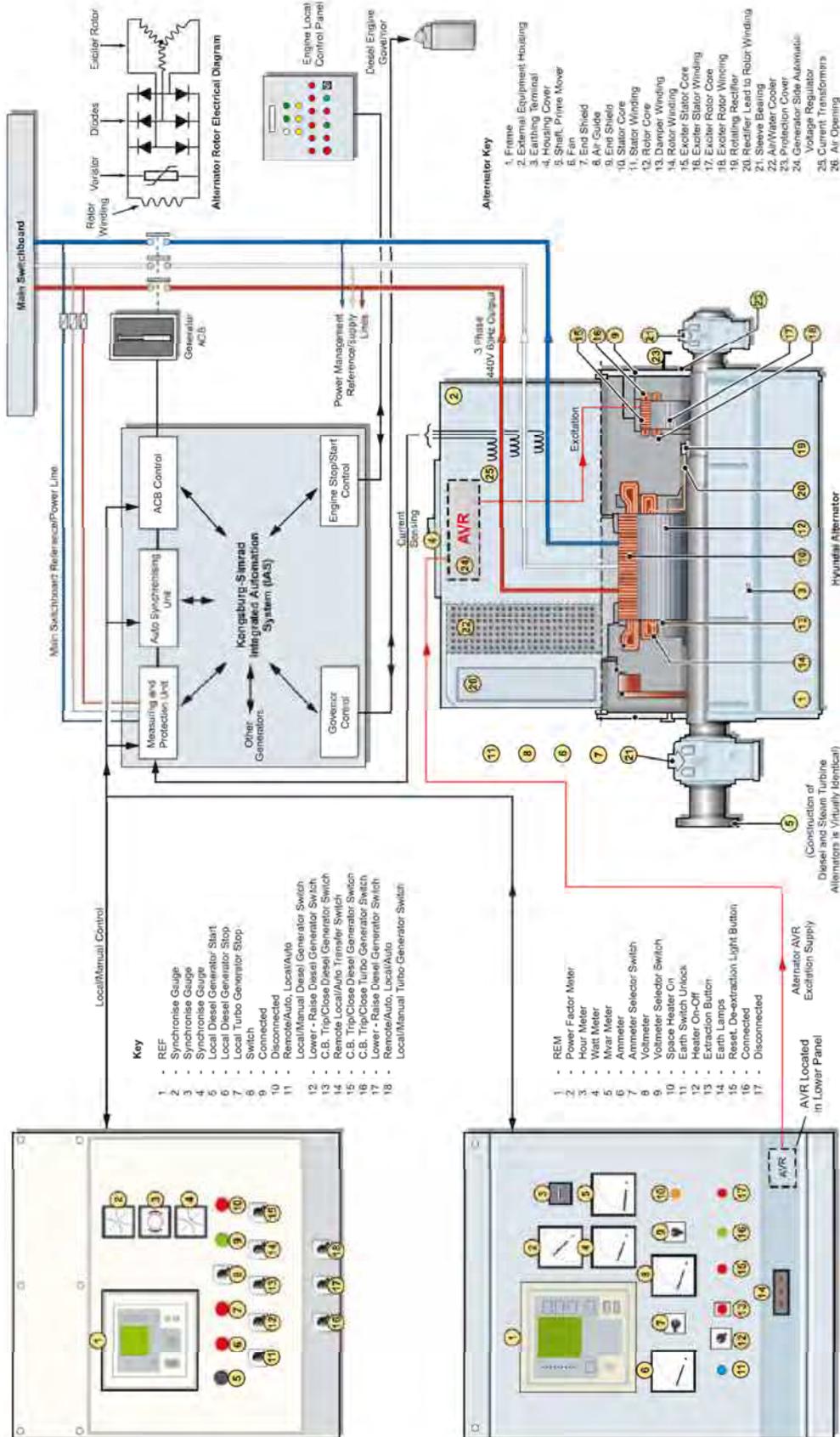


DISTRIBUCIÓN PRINCIPAL A 220 V.

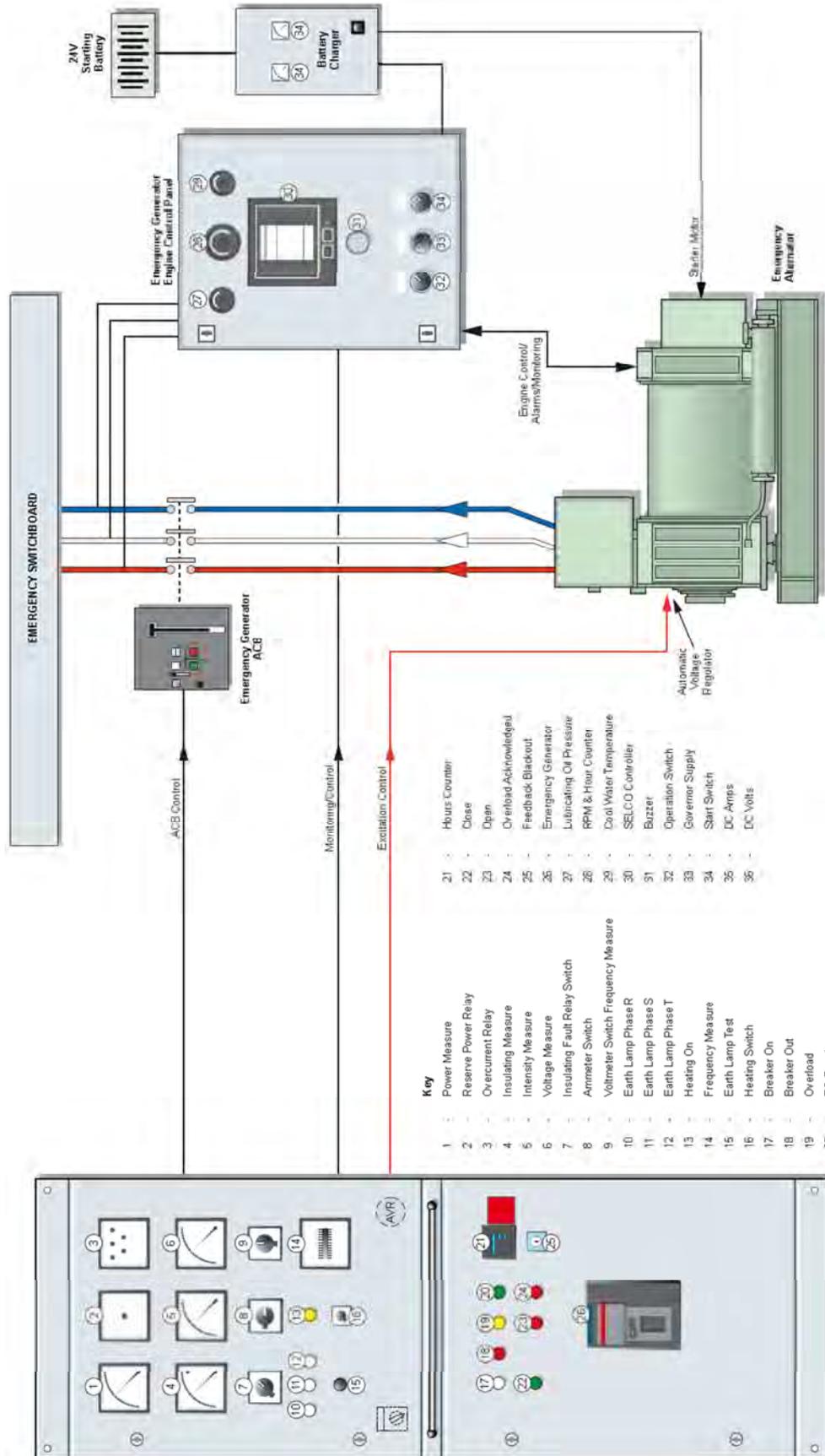




CUADRO PRINCIPAL DE GESTIÓN DE POTENCIA/ENERGIA EN TIERRA (FONDEO ETC.).

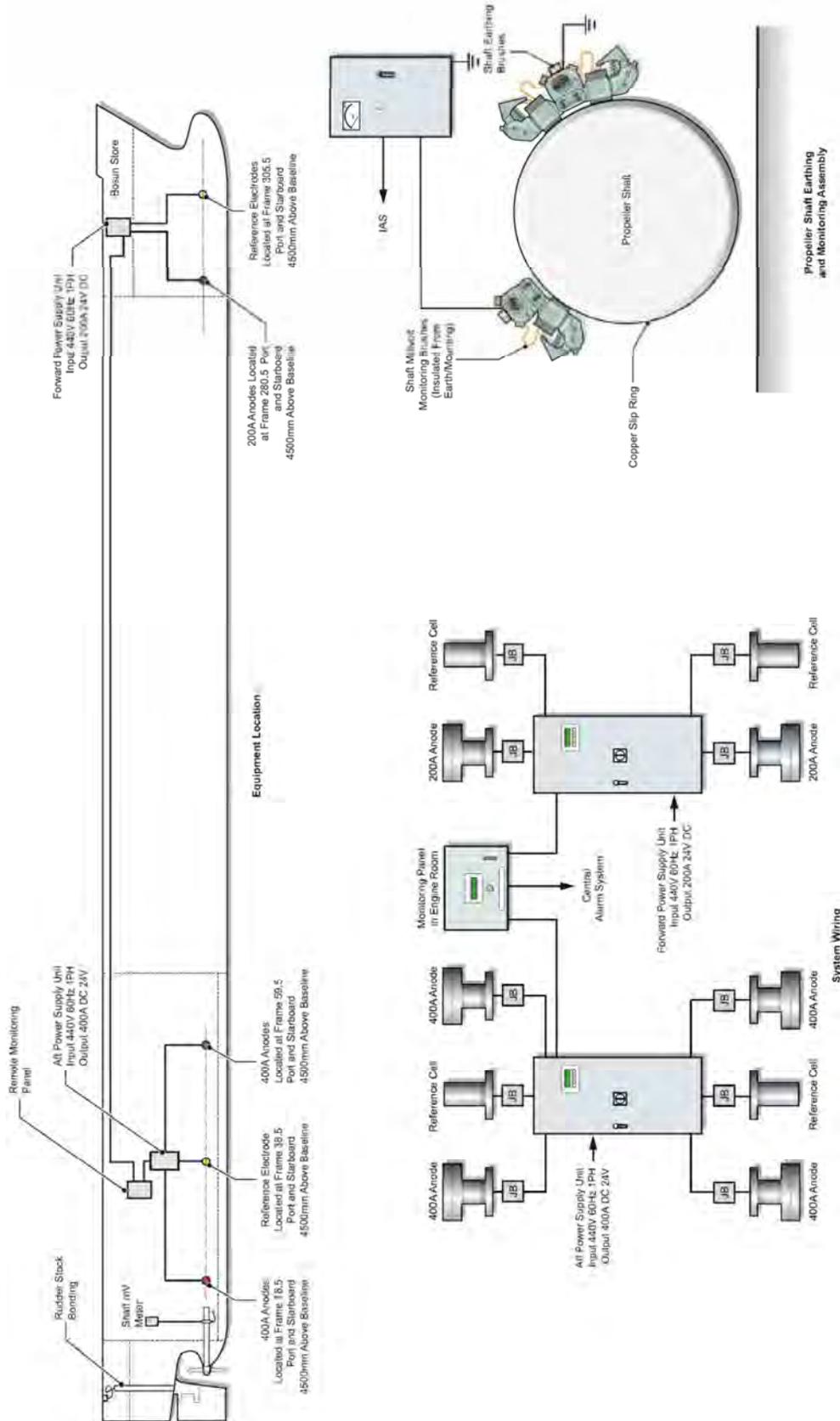


ALTERNADOR PRINCIPAL.



ALTERNADOR DE EMERGENCIA.





SISTEMA DE PROTECCIÓN CATÓDICA (ANTICORROSIÓN).

**SISTEMA INTEGRAL DE MÁQUINA Y PLANTA ELÉCTRICA DE UN BUQUE; PLANTA DESATENDIDA.**

**CÁMARA INSONORIZADA DE CONTROL**



**MÁQUINA.**

**SISTEMA REAL Y MODELO INFORMATIZADO SCADA.**



**CONTROL SCADA DEL SISTEMA PRINCIPAL Y SUBSISTEMAS.**

**CONTROL SCADA DE LA PLANTA ELÉCTRICA.**



**CONTROL SCADA DE LOS SISTEMAS AUXILIARES.**



**CONTROL SCADA DE LOS SISTEMAS DE SEGURIDAD Y ALARMA.**



### 8.3. CLASIFICACIÓN DE LOS CONSUMIDORES A BORDO.

**Servicios no esenciales;** se incluyen consumidores eléctricos cuyo fallo no pone en peligro la operación segura del buque tales como grúas de carga, iluminación de trabajo en bodegas, etc.

**Servicios esenciales;** aquellos que se consideran vitales para el mantenimiento de condiciones normales de propulsión y seguridad y un mantenimiento mínimo de habitabilidad y conservación de la carga.

**Servicios de emergencia;** aquellos equipos que deben funcionar en caso de emergencia.

### 8.4. LISTA DE SERVICIOS ESENCIALES SEGÚN SOCIEDAD CLASIFICADORA LLOYD REGISTER OF SHIPPING.

Accionamientos servo.	Compresores de aire.
Agua dulce y sanitaria.	Habitabilidad.
Ayudas a la navegación.	Luces de navegación.
Bombas agua alimentación.	Molinetes.
Bombas agua circulación y refrigeración.	Propulsión y seguridad.
Bombas circulación condensados.	Separadoras centrífugas.
Bombas contra incendios.	Sistema de Sprinklers.
Bombas de combustible.	Sistema iluminación principal.
Bombas extracción condensados.	Sistemas detección contra incendios.
Bombas lubricación.	Turbosoplantes.
Bombas refrigeración inyectores.	Ventilación mecánica.
Bombas sentinas.	Ventiladores aire forzado calderas.
Calefacción y refrigeración doméstica.	Ventiladores Sala Máquinas.
Cocina.	Ventiladores servicios refrigeración de carga.

#### 8.4.1. Servicios mínimos en situaciones de emergencia.

- Estaciones de evacuación. (3 horas en buques de carga).
- Iluminación de emergencia en todos los recorridos de evacuación, sala de máquinas, puestos de control, local servo, locales con equipo de achique y/o contraincendios.
- Luces de navegación.
- Comunicaciones interiores y exteriores, ayudas a la navegación, sistemas de alarma y telecontrol contraincendios, señales sónicas (uso intermitente).
- Bomba contraincendios de emergencia.
- Sistema de Sprinklers, bomba de achique, accionamiento de válvulas remotas de sentinas (Solo en buques de pasaje).
- Servomotor.
- Puertas estancas, ascensores de coches con ocupantes (1/2 hora solo en buques de pasaje).

### 8.5. TOMAS DE CORRIENTES EXTERNAS AL BUQUE.

- Se utiliza para garantizar el suministro eléctrico durante periodos de estancia en astilleros.
- Se dispone de una caja o armario situado, generalmente en el mismo compartimento que el grupo de emergencia dotándola de terminales de conexión para el cable procedente del exterior que incluirá una toma de tierra.
- La toma exterior incluirá aparatos de medida, interruptor general, mecanismos de protección, indicador del orden de fases y lámparas de señalización.
- En el cuadro principal existen mecanismos de enclavamiento para impedir la conexión simultánea del suministro propio y el de tierra.
- A la hora de conectar el suministro exterior se debe vigilar la compatibilidad de los valores de voltaje y frecuencia.



Figura 8-2; clavijas aéreas.

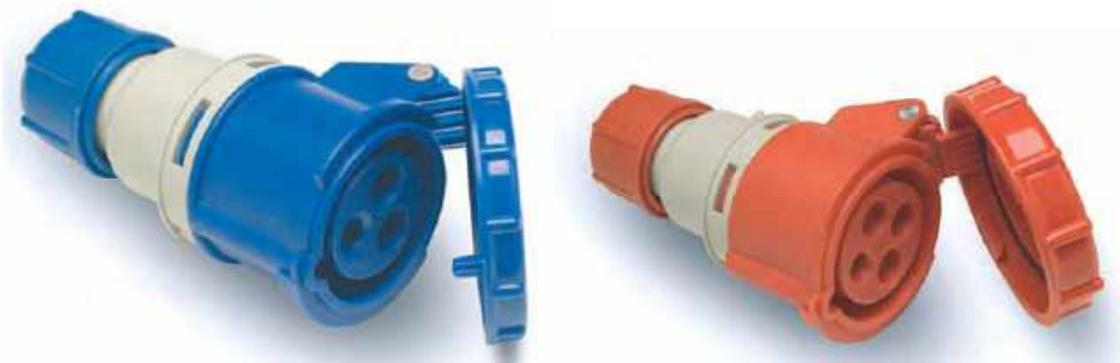


Figura 8-3; bases aéreas.



Figura 8-4; adaptadores.



Figura 8-5; base interbloqueante.

## 9. SISTEMAS ELÉCTRICOS HÍBRIDOS EN LOS BUQUES<sup>2</sup>.

La creciente implantación de tecnologías “verdes” se abre camino también en la industria náutica. El diesel-eléctrico poco a poco gana posiciones por las muchas ventajas que ofrece.

Los grandes buques llevan tiempo utilizándola y ahora que los coches híbridos han hecho su aparición, las soluciones reales adaptadas a embarcaciones de recreo son una realidad. Silenciosos, libre de emisiones, fáciles de usar y muy versátiles. En estos últimos años se han producido avances espectaculares al conseguir motores eléctricos de alta eficiencia y de mucha potencia, así como baterías de litio de alta eficacia y gran capacidad de almacenamiento de energía. Por su lado las células de hidrógeno están evolucionando gracias a los avances en automoción hacia lo que con toda probabilidad se convertirá en el sistema energético del futuro.

Pero probablemente sean los sistemas híbridos basados en motores eléctricos y generadores diesel los que vayan a convertirse en el sistema perfecto de propulsión durante los próximos años. En el fondo no es nada nuevo ya que han sido ampliamente utilizados, por ejemplo en submarinos desde hace más de 50 años. Pero es ahora cuando la tecnología permite utilizarlos en barcos de recreo para proporcionar sistemas respetuosos con el medio ambiente, con altos rendimientos y a precios asequibles.

Los astilleros se están poniendo “las pilas” en montar estos sistemas por sus claras ventajas frente a los sistemas tradicionales. Importantes astilleros como Hanse, Island Packet, Bavaria, Lagoon, Moody, Northshore o Discovery, ya tienen sobre sus mesas de diseño modelos propulsados por sistemas híbridos.

### 9.1. ¿POR QUÉ LOS SISTEMAS HÍBRIDOS?.

Los motores eléctricos ofrecen un alto rendimiento pues aprovechan prácticamente toda la energía eléctrica que reciben para crear energía mecánica. Por esta razón la producción de energía mediante un generador para convertirla, en un segundo paso, en propulsión mecánica tiene mucho sentido, al no incrementarse las pérdidas en este doble proceso de conversión energético. Por lo demás... ¡TODO son ventajas!

Los motores eléctricos son muy compactos y muy seguros. Prácticamente no necesitan ningún mantenimiento de por vida y funcionan sí o sí, al ser internamente muy sencillos. Es muy improbable que se averíen a no ser que los maltratemos con escarnio.

¡Y ocupan MUY poco! Esta importante característica va a incidir en el diseño de embarcaciones, al permitir nuevas distribuciones de interior en busca de mayores espacios e interiores más habitables. Lo lógico será ubicar el generador en una zona aislada en popa o incluso pegado al pozo de anclas, en donde es difícil aprovechar el espacio salvo por depósitos o huecos para almacenar defensas. De esta manera cuando naveguemos en modo híbrido, los ruidos, que sólo proceden del generador diesel, se quedan fuera del espacio habitable. Los posibles olores a combustible diesel, las vibraciones y emanaciones quedan fuera del propio barco.

---

<sup>2</sup> Fuente; [www.fondear.es](http://www.fondear.es)



Figura 9-1; generador diesel marino de la casa Cummins Onan.

#### 9.1.1. Con baterías.

Una gran importancia de los sistemas híbridos reside en la posibilidad de intercalar entre el generador diesel y el motor eléctrico un parque de baterías que, si bien no exime del uso de generador, sí que permite la regeneración energética y ofrece la posibilidad de disponer de moderados períodos de propulsión sin ruido, olores, vibraciones y demás molestias.

Cuando navegamos a vela la hélice gira arrastrada por el avance del barco y el motor eléctrico trabaja a la inversa produciendo corriente eléctrica que carga el parque de baterías. El problema de los actuales parques de baterías es que no son capaces de almacenar energía más que para algunas horas de uso del motor.

#### 9.1.2. El biodiésel.

El biodiésel es un biocombustible líquido que se obtiene a partir de lípidos naturales como aceites vegetales o grasas animales, con o sin uso previo, mediante procesos industriales de esterificación y transesterificación, y que se aplica en la preparación de sustitutos totales o parciales del petrodiesel o gasóleo obtenido del petróleo.

El biodiésel puede mezclarse con gasóleo procedente del refino del petróleo en diferentes cantidades. Se utilizan notaciones abreviadas según el porcentaje por volumen de biodiésel en la mezcla: B100 en caso de utilizar sólo biodiésel, u otras notaciones como B5, B15, B30 o B50, donde la numeración indica el porcentaje por volumen de biodiésel en la mezcla.

El aceite vegetal, cuyas propiedades para la impulsión de motores se conocen desde la invención del motor diésel gracias a los trabajos de Rudolf Diesel, ya se destinaba a la combustión en motores de ciclo diésel convencionales o adaptados. A principios del siglo XXI, en el contexto de búsqueda de nuevas fuentes de energía, se impulsó su desarrollo para su utilización en automóviles como combustible alternativo a los derivados del petróleo.

El biodiésel descompone el caucho natural, por lo que es necesario sustituir éste por elastómeros sintéticos en caso de utilizar mezclas de combustible con alto contenido de biodiésel.

El impacto ambiental y las consecuencias sociales de su previsible producción y comercialización masiva, especialmente en los países en vías de desarrollo o del Tercer y Cuarto mundo generan un aumento de la deforestación de bosques nativos, la expansión indiscriminada de la frontera agrícola, el desplazamiento de cultivos alimentarios y para la ganadería, la destrucción del ecosistema y la biodiversidad, y el desplazamiento de los trabajadores rurales.

Se ha propuesto en los últimos tiempos denominarlo agrodiésel ya que el prefijo «bio-» a menudo es asociado erróneamente con algo ecológico y respetuoso con el medio ambiente. Sin embargo, algunas marcas de productos del petróleo ya denominan agrodiésel al gasóleo agrícola o gasóleo B, empleado en maquinaria agrícola.

### 9.1.2. El hidrógeno; la evolución energética.

Es innegable que el futuro está en el hidrógeno. Es barato, ilimitado, y sumamente ecológico. Los generadores que consumen hidrógeno también son conocidos como pilas de combustible y además de ser completamente silenciosos dejan sólo agua destilada como único residuo. En los próximos años los veremos bajar de precio en el mercado abriendo un nuevo mundo de posibilidades.

Ya existen algunos modelos en el mercado pero de sólo algunas decenas de vatios de potencia y bastante caros. Pero la industria avanza mucho en este campo y es posible en que poco tiempo veamos en el mercado generadores eléctricos de hidrógeno con la potencia necesaria para mover un motor eléctrico de mucha potencia. Con varios generadores en paralelo conseguiremos motorizar los barcos de recreo con propulsión eléctrica y con potencias muy respetables.

#### 9.1.2.1. El silencio del hidrógeno.

Así es, silencio total, pues estos generadores no tienen casi ni una sola pieza móvil, siendo cero el sonido desprendido, cero las vibraciones, cero las molestias. El hidrógeno consumido puede provenir de biodiesel, etanol o metanol, con lo cual no es necesario la instalación de depósitos capaces de contener el gas a alta presión, aunque esto finalmente ocurra cuando se cree en un futuro la infraestructura y las redes de carga de gas hidrógeno.

#### 9.1.2.2. ¿Cómo funciona una pila de combustible?

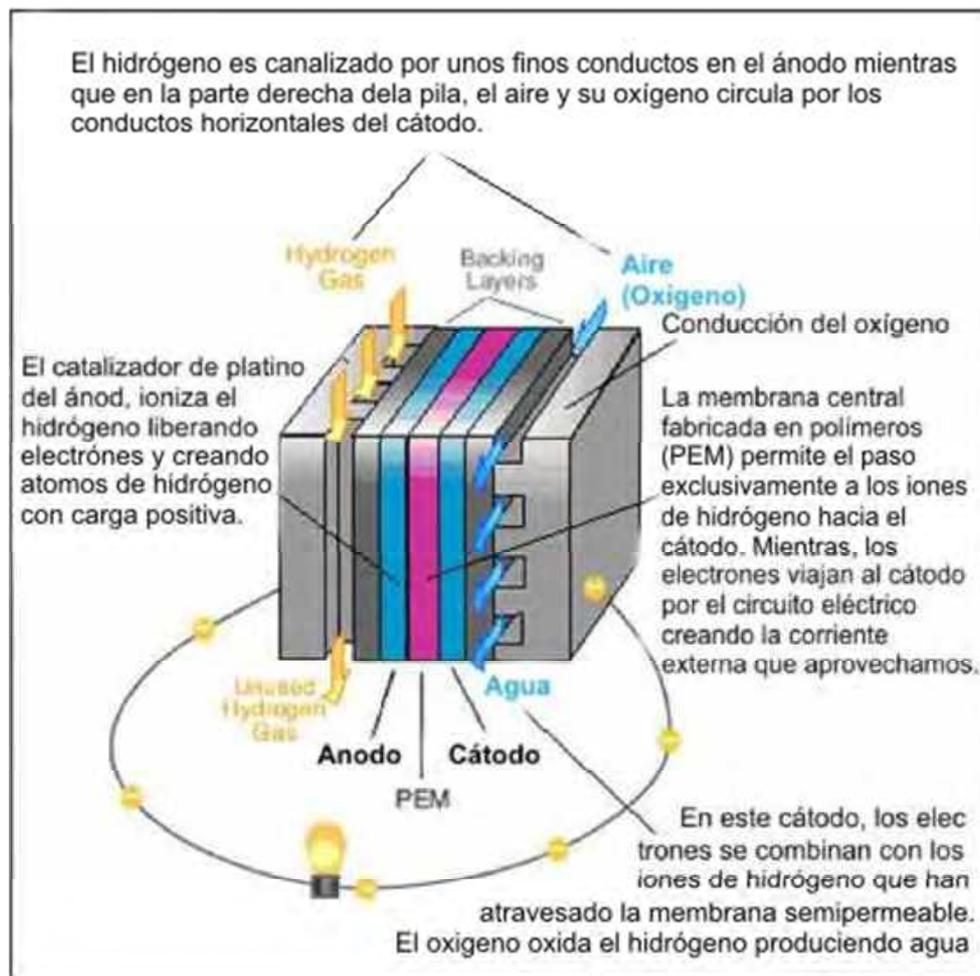


Figura 9-2; funcionamiento de una pila de hidrógeno.

En el centro de una pila de combustible se encuentra una membrana semipermeable que sólo permite el paso selectivo de iones de hidrógeno cargados positivamente. Los iones pueden atravesar la membrana pero no los átomos de hidrógeno sin ionizar. El gas de hidrógeno circula por unos finos canales a un lado de la pila y una de las paredes de estos canales está formada por un catalizador de platino capaz de arrancar un electrón a cada átomo de hidrógeno dejando por tanto un electrón “suelto” en este ánodo y un átomo de hidrógeno con carga positiva.

Estos electrones “suelos” son los que circulan desde este ánodo hasta el cátodo de la pila, creando la corriente capaz de alimentar el circuito eléctrico que vayamos a utilizar.

El ión de hidrógeno generado es capaz de atravesar la membrana PEM (Polymer Electrolyte Membrane) y alcanza el cátodo al otro lado de la membrana, por donde circula, a través de una red de finos canales paralelos, aire del entorno. El oxígeno del aire se combinará con avidez con los iones de hidrógeno oxidándolo y por tanto creando como residuo agua destilada que no es más que las “cenizas” de la combustión del hidrógeno.

Como consecuencia de esta combustión y por tanto oxidación, los átomos de oxígeno tienen que capturar dos electrones para cargarse negativamente. Estos electrones son justamente los que provienen de la ionización del hidrógeno a través del circuito eléctrico y procedente del ánodo.



Figura 9-3; generador Volvo-Penta con pila de combustible.

El fabricante de motores Volvo planea fabricar un modelo en su planta de Gotenburgo, en Suecia, especialmente diseñado para el uso marino. El combustible es solamente hidrógeno y la potencia producida dependerá del modelo, entre 5 Kw y 15 Kw.

## 10. RIESGOS ELÉCTRICOS.

Los sistemas estabilizadores tal y como su nombre indican, proporcionan a los buques estabilidad añadida en condiciones adversas de navegación, eliminando enormemente los balanceos y cabeceos del buque a demanda.

El elemento principal de los sistemas estabilizadores es la “unidad mecánica estabilizadora”, con forma de “aleta”, encargada de proporcionar las actuaciones necesarias al buque para la compensación de movimientos en el mar. La mayoría de este tipo de componentes suelen ser retráctiles.

Otra parte a tener muy en cuenta en este tipo de sistemas es la giroscópica, ya que este dispositivo es el encargado de “detectar” los movimientos que ha de interpretar la electrónica que a su vez ordenará los movimientos a los sistemas hidráulicos que actuarán sobre el estabilizador.

Una vez identificados la zona y los elementos de la instalación donde se va a realizar el trabajo, y salvo que existan razones esenciales para hacerlo de otra forma, se seguirá el proceso que se describe a continuación, que se desarrolla secuencialmente en cinco etapas:

- **Desconectar.**
- **Prevenir cualquier posible realimentación.**
- **Verificar la ausencia de tensión.**
- **Poner a tierra y en cortocircuito.**
- **Proteger frente a elementos próximos en tensión, en su caso, y establecer una señalización de seguridad para delimitar la zona de trabajo.**

Hasta que no se hayan completado las cinco etapas no podrá autorizarse el inicio del trabajo sin tensión y se considerará en tensión la parte de la instalación afectada. Sin embargo, para establecer la señalización de seguridad indicada en la quinta etapa podrá considerarse que la instalación está sin tensión si se han completado las cuatro etapas anteriores y no pueden invadirse zonas de peligro de elementos próximos en tensión.

El proceso en cinco etapas mediante el cual se suprime la tensión de la instalación donde se van a realizar los «trabajos sin tensión», conocido habitualmente como «las cinco reglas de oro», tiene por objeto proteger a los trabajadores frente al riesgo eléctrico derivado de la aparición inesperada de tensiones peligrosas en la instalación, debidas a posibles maniobras erróneas, contactos accidentales de la instalación con otras líneas en tensión o cualquier otra causa.

**Regla de Oro Nº 1;** abrir con **corte visible todas las fuentes de tensión** mediante interruptores y seccionadores que aseguren la imposibilidad de su cierre intempestivo. La aplicación de la primera regla produce el aislamiento de la instalación respecto a las fuentes de alimentación.

**Regla de Oro Nº 2; enclavamiento o bloqueo**, si es posible, de los aparatos de corte y señalización en el mando de éstos. La segunda etapa tiene por objeto impedir que se reconecte, a causa de errores o fallos fortuitos.

**Regla de Oro Nº 3;** reconocimiento y verificación por medio de **medición de la ausencia de tensión**. La tercera etapa tiene por objeto comprobar que la instalación está, en ese momento, libre de tensión y admite la realización de ciertas operaciones en ella, entre las que se encuentra su puesta a tierra y en cortocircuito.

**Regla de Oro Nº 4; puesta a tierra y en cortocircuito de todas las posibles fuentes de tensión**. La puesta a tierra y en cortocircuito, que constituye la cuarta etapa, es la que verdaderamente garantiza el mantenimiento de la situación de seguridad durante el período de tiempo que duren los trabajos.

**Regla de Oro Nº 5;** colocar las **señales de seguridad adecuadas**, delimitando la zona de trabajo. La quinta y última etapa complementa las anteriores, bien sea mediante la introducción de barreras destinadas a evitar el contacto de los trabajadores con otros elementos en tensión o mediante la delimitación y señalización de la zona de trabajo.



Figura 10-1; reglas de oro de la electricidad.

### 10.1. PELIGROS DERIVADOS DE LOS RIESGOS ELÉCTRICOS.

Se denomina **riesgo eléctrico** al riesgo originado por la energía eléctrica. Dentro de este tipo de riesgo se incluyen los siguientes:

- **Choque eléctrico por contacto con elementos en tensión (contacto eléctrico directo), o con masas puestas accidentalmente en tensión (contacto eléctrico indirecto).**
- **Quemaduras por choque eléctrico, o por arco eléctrico.**
- **Caídas o golpes como consecuencia de choque o arco eléctrico.**
- **Incendios o explosiones originados por la electricidad.**



Un contacto eléctrico es la acción de cerrar un circuito eléctrico al unirse dos elementos. Se denomina contacto eléctrico directo al contacto de personas o animales con conductores activos de una instalación eléctrica. Un contacto eléctrico indirecto es un contacto de personas o animales puestos accidentalmente en tensión o un contacto con cualquier parte activa a través de un medio conductor.

La corriente eléctrica puede causar efectos inmediatos como quemaduras, calambres o fibrilación, y efectos tardíos como trastornos mentales. Además puede causar efectos indirectos como caídas, golpes o cortes.

Los principales factores que influyen en el riesgo eléctrico son:

- La intensidad de corriente eléctrica.
- La duración del contacto eléctrico.
- La impedancia del contacto eléctrico, que depende fundamentalmente de la humedad, la superficie de contacto y la tensión y la frecuencia de la tensión aplicada.

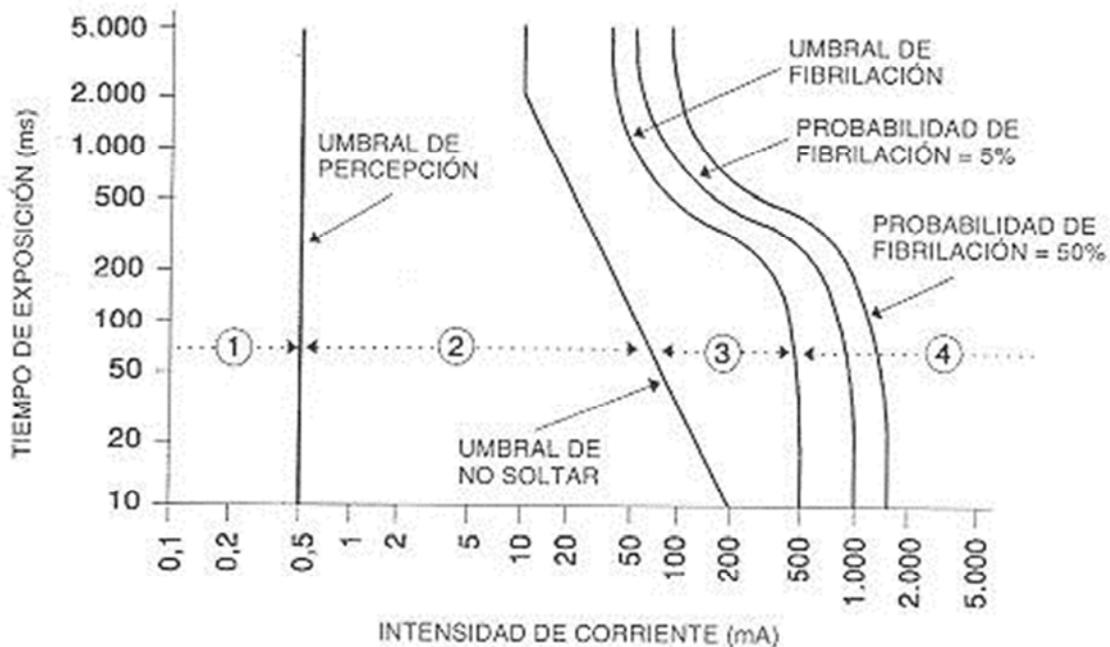


Figura 10-2; riesgos físicos en el cuerpo humano en dependencia del tiempo y la corriente.

- **La tensión aplicada.** En sí misma no es peligrosa pero, si la resistencia es baja, ocasiona el paso de una intensidad elevada y, por tanto, muy peligrosa. La relación entre la intensidad y la tensión no es lineal debido al hecho de que la impedancia del cuerpo humano varía con la tensión de contacto.
- **Frecuencia de la corriente eléctrica.** A mayor frecuencia, la impedancia del cuerpo es menor. Este efecto disminuye al aumentar la tensión eléctrica.
- **Trayectoria de la corriente a través del cuerpo.** Al atravesar órganos vitales, como el corazón pueden provocarse lesiones muy graves.

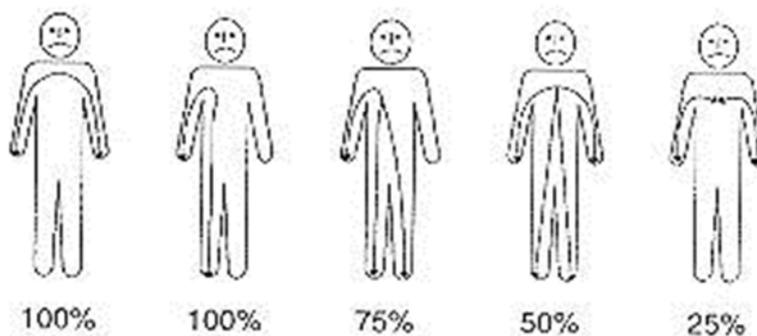


Figura 10-3; factor de riesgo físico según el tipo de contacto.

Los accidentes causados por la electricidad pueden ser leves, graves e incluso mortales. En caso de muerte del accidentado, recibe el nombre de electrocución.

En el mundo laboral los empleadores deberán adoptar las medidas necesarias para que de la utilización o presencia de la energía eléctrica en los lugares de trabajo no se deriven riesgos para la salud y seguridad de los trabajadores o, si ello no fuera posible, para que tales riesgos se reduzcan al mínimo.

En función de ello las instalaciones eléctricas de los lugares de trabajo se utilizarán y mantendrán en la forma adecuada y el funcionamiento de los sistemas de protección se controlará periódicamente, de acuerdo a las instrucciones de sus fabricantes e instaladores, si existen, y a la propia experiencia del explotador.

Con ese objetivo de seguridad, los empleadores deberán garantizar que los trabajadores y los representantes de los trabajadores reciban una formación e información adecuadas sobre el riesgo eléctrico, así como sobre las medidas de prevención y protección que hayan de adoptarse.

Los trabajos en instalaciones eléctricas en emplazamientos con riesgo de incendio o explosión se realizarán siguiendo un procedimiento que reduzca al mínimo estos riesgos; para ello se limitará y controlará, en lo posible, la presencia de sustancias inflamables en la zona de trabajo y se evitará la aparición de focos de ignición, en particular, en caso de que exista, o pueda formarse, una atmósfera explosiva. En tal caso queda prohibida la realización de trabajos u operaciones (cambio de lámparas, fusibles, etc.) en tensión, salvo si se efectúan en instalaciones y con equipos concebidos para operar en esas condiciones, que cumplan la normativa específica aplicable.

Se define instalación eléctrica al conjunto de materiales y equipos de un lugar de trabajo mediante los que se genera, convierte, transforma, transporta, distribuye o utiliza la energía eléctrica; se incluyen las baterías, los condensadores y cualquier otro equipo que almacene energía eléctrica.

La **electrocución** es la muerte causada por el paso de corriente eléctrica por el cuerpo humano (electrización).

Esto se puede deber a:

- **una fibrilación cardiaca;**
- **una contracción de los músculos respiratorios (tetania) que impide la respiración;**
- **la destrucción de células: rabdomiólisis, quemaduras;**
- **traumatismos asociados a la carga eléctrica (movimiento involuntario, caída...).**