



UNIVERSIDAD NACIONAL DE MAR DEL PLATA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

# Diseño y Cálculo de Planta Eléctrica Naval

## Electrotecnia aplicada a Buques



**Autor: Darío Germán Caporaletti**  
**Ingeniería Electromecánica - 2006**



RINFI es desarrollado por la Biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata.

Tiene como objetivo recopilar, organizar, gestionar, difundir y preservar documentos digitales en Ingeniería, Ciencia y Tecnología de Materiales y Ciencias Afines.

A través del Acceso Abierto, se pretende aumentar la visibilidad y el impacto de los resultados de la investigación, asumiendo las políticas y cumpliendo con los protocolos y estándares internacionales para la interoperabilidad entre repositorios



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución- NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).



UNIVERSIDAD NACIONAL DE MAR DEL PLATA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

# Diseño y Cálculo de Planta Eléctrica Naval

## Electrotecnia aplicada a Buques



**Autor: Darío Germán Caporaletti**  
**Ingeniería Electromecánica - 2006**

## PRÓLOGO

El objetivo de este trabajo práctico es afirmar y ampliar los conocimientos aprendidos sobre máquinas, generación e instalaciones eléctricas. Los temas abordados en este proyecto son de naturaleza eléctrica y no se contemplan diseños y cálculos de estructuras mecánicas ni análisis de aceros de uso naval. Tampoco se desarrollan temas como electrónica de navegación y equipos de comunicación. En cuanto a su elaboración agradezco en primer lugar a los ingenieros tutores, Ingeniero Eléctrico Rubén Ferreyra e Ingeniero Mecánico y Técnico Naval Eduardo Felipe. También agradezco al personal de Reparaciones Navales Giordano, Pedro Giordano, Ingeniero Electromecánico Martín Torres, Ingeniero Eléctrico Diego Rondona, Martín Mannarino, Alejandro Nario, personal de SPI, Ingeniero Electromecánico Germán Figallo, Ingeniero Mecánico Pablo Ferro, Pablo Mirabelli, Sergio Martinez, Ingeniero Mecánico Federico Morán y a todo el personal de mantenimiento de COOMARPES.

Todos los datos e información presentados son reales de Buques aún en operación y brindados por las personas nombradas anteriormente.

Especial agradecimiento a Dios y mis padres (Rubén y Narcisa Caporaletti) que me enseñaron el espíritu de lucha y el impulso de crecer, su amor marco mi camino este trabajo esta dedicado a ellos, también doy gracias a mis abuelos, Hermanos (Rubén y Hernán), y amigos. Pura vida para todos...!!!!

Darío G. Caporaletti.  
Ingeniería Electromecánica.

## ÍNDICE

<u>Tema:</u>	<u>Página:</u>
- Introducción.....	4.
- Diseño general de Plantas Eléctricas.....	6.
- Distribución Eléctrica a Bordo.....	26.
- Corrientes de Cortocircuito.....	32.
- Cálculo de Barras Principales.....	55.
- Aparatos de Maniobra y Protección .....	72.
- Selectividad.....	87.
- Racionalización Eléctrica a Bordo (Factor de Potencia).....	89.
- Iluminación.....	102.
- Plan de Mantenimiento Preventivo.....	125.
- Impacto Ambiental.....	143.
- Análisis Económico.....	152.
- Anexo e Información Adicional.....	155.
- Conclusión.....	165.

## Introducción

En las siguientes páginas se desarrollará la instalación eléctrica de un buque congelador denominado ASTRA II. Este trabajo abarcará los siguientes temas:

- Cálculo de la potencia de los grupos generadores principales, análisis técnico – económico de la disposición de los generadores principales.
- Cálculo de los cables de las cargas presentes en la nave, cálculo de las barras principales, elementos de maniobra y protección de los motores eléctricos que se encuentran en la instalación.
- Determinación del consumo de energía reactiva y análisis de las ventajas en la corrección del factor de potencia.
- Cálculos luminotécnicos de los distintos ambientes.
- Cálculo de las caídas de tensión para prevenir el fenómeno de Flicker.
- Plan de Mantenimiento Preventivo de las maquinas eléctricas del buque.
- Impacto Ambiental.
- Análisis Económico de la Instalación.

Para la elaboración del trabajo se partió tanto de textos clásicos, como de reglamentaciones y normas impuestas por organismos nacionales e internacionales. Para este proyecto se siguieron prescripciones de seguridad sobre instalaciones eléctricas a bordo de los siguientes organismos:

- Régimen Técnico de Buques, Prefectura Naval Argentina.
- SOLAS, **S**afe **o**f **L**ife **a**t **S**ea: Convención de la Seguridad de la Vida humana en el mar.

Citando el Régimen Técnico del Buque Ordenanza 4/02, Tomo 1:

*'...Considerando:*

*Que a la fecha la prefectura ha establecido los criterios de seguridad de las instalaciones de máquinas navales en virtud de la utilización implícita de los criterios existentes en las normas de construcción utilizadas en el ámbito internacional y del convenio internacional para la seguridad de la vida humana en el mar (SOLAS)...*'

Otros organismos reconocidos internacionalmente son los que pasamos a nombrar a continuación:

- Bureau Veritas, Registro Naviero Francés.
- Lloyds Register of Shipping, Registro Naviero Inglés.

En cuanto a las ecuaciones utilizadas las mismas son las recomendadas por :

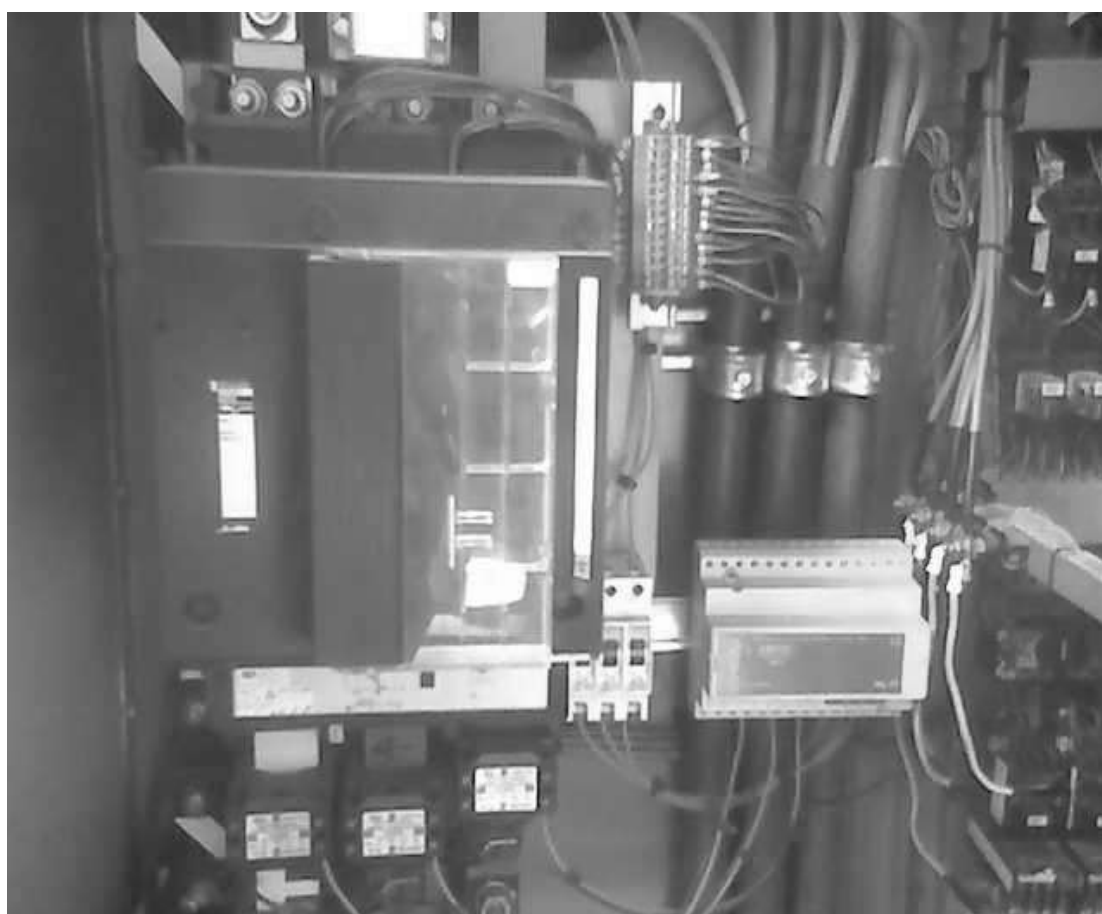
- ETSIN, **E**scuela **T**écnica **S**uperior de **I**ngenieros **N**avales.
- IEC, **I**nternacional **E**lectrotechnical **C**omisión, comisión electrotécnica internacional.
- Textos clásicos de Electrotecnia.

Cuando se aborda el diseño de una planta eléctrica de un buque, hay que tener en cuenta las múltiples 'condiciones de contorno', limitaciones o leyes que han de cumplirse. Muchas de ellas son similares a las instalaciones de tierra otras son específicas de los buques, como su sistema móvil autónomo y algunas otras singularidades específicas de instalaciones inmersas en ambientes marinos.

En una aproximación podemos citar las siguientes condiciones:

- Materiales utilizables (conductores, circuitos magnéticos y aislantes) con buenas propiedades eléctricas, resistencia mecánica y química y de coste razonable.
- Tipo, tamaño y sistema de propulsión del buque, así como el servicio para el cual fue diseñado.
- Peso, volumen y costo de la instalación que debe ser minimizado como en todo diseño de ingeniería.
- Instalaciones muy limitadas en espacio.
- El buque como sistema autónomo, sin posibilidad de auxilios lo que obliga a disponer de sistemas y servicios auxiliares o de emergencia.
- Dureza del entorno marino, los equipos están sometidos a inclinaciones, vibraciones y a una humedad salina corrosiva.

Capítulo	CONCEPTOS Y DEFINICIONES GENERALES
<b>1</b>	<b>Diseño general de la Planta Eléctrica</b>





## 1.1-

## TIPOS DE PLANTA A BORDO

A bordo el término de 'planta generadora', se refiere al conjunto de generadores sincrónicos y máquinas primarias. Estos se pueden agrupar en los siguientes subconjuntos:

- **Planta Principal:** Es la que se encarga de suministrar energía eléctrica al buque durante su operación normal. Debe estar formado por dos o más grupos electrógenos formados por un motor diesel directamente acoplados a un alternador. Puede mencionarse también el uso de 'generadores de cola', estos obtienen su energía del motor de propulsión a través de una toma en un reductor o en el eje de cola.
- **Planta Auxiliar:** Su misión es la de suministrar energía a los servicios esenciales cuando el generador principal esta fuera de operación. Los servicios esenciales son aquellos vitales para el mantenimiento de condiciones normales de propulsión, seguridad, y una mínima habitabilidad y conservación de la carga.
- **Fuente Transitoria de Energía:** Es necesaria en los buques donde no este automatizada la entrada en servicio de la planta auxiliar. Esta compuesta por sistemas de baterías, dimensionadas para facilitar un escape durante un tiempo determinado. También provee una iluminación durante el corto espacio de tiempo, desde que se produce el black-out (parada del generador principal), hasta que arranca el generador auxiliar.

Vamos a plantear las necesidades de energía de los distintos consumidores de la instalación eléctrica de un buque en cada una de las condiciones que se presentan, y que se reflejan en las denominadas situaciones de carga eléctrica.

### CLASIFICACION DE LOS CONSUMIDORES A BORDO

Desde el punto de vista de sus necesidades energéticas, podemos clasificar los distintos consumidores de un buque atendiendo a tres criterios.

El primero, el consumidor puede ser mas o menos importante para la seguridad. Es decir que puede pertenecer a:

- **Servicios no Esenciales.** Si en caso de fallo del mismo no se ve afectada la operación segura del buque. Por ejemplo, las grúas de carga, o la iluminación de trabajo en bodegas.
- **Servicios Esenciales.** Son aquellos que son vitales para el mantenimiento de condiciones normales de propulsión y seguridad y un mantenimiento mínimo de habitación y conservación de la carga.
- **Servicios de Emergencia.** En este grupo se incluyen todos aquellos que deben funcionar en una situación de emergencia.

El segundo criterio de clasificación, atiende a la misión del equipo eléctrico. Agruparemos los servicios en los siguientes grupos:

- **Servicios de Máquinas.** Incluyen todos los auxiliares de la maquinaria propulsora, situados normalmente en sala de máquinas.
- **Servicios de Carga y Descarga.** Operan, fundamentalmente, en puerto. Este grupo depende del tipo o carga del buque; puede incluir las grúas o las bombas e descarga.
- **Servicios de Casco y Cubierta.** Son todos aquellos auxiliares, situados en sala de máquinas o en otros espacios del buque, necesarios para la navegación y maniobras. El ejemplo por excelencia son los equipos de lastre y servicios contra incendios.
- **Servicios de Operación.** Propios de buques no mercantes, como los equipos de pesca.
- **Habitación.** Comprendiendo todos aquellos que son necesarios para la vida a bordo de la tripulación y pasajeros. Estos son los servicios sanitarios, cocina y gambuza, ventilación y aire acondicionado.
- **Alumbrado.** En sus distintos usos cámara de máquinas, espacios de carga, zonas de habitación.
- **Equipos electrónicos.** Son los equipos de navegación, comunicación y automatización.

La tercera clasificación atiende a la potencia relativa de los consumidores, y al tipo de Red del cual se alimentan (redes de fuerza o alumbrado) y que influirá en el dimensionado de los generadores. Podemos decir que en la clasificación anterior, los primeros cuatro grupos incluyen cargas que se alimentan generalmente de la red de fuerza y los de habitación que se alimentan de la red alumbrado.

## 1.2- ORDENANZAS Y REGLAMENTACIONES

Nos remitimos al Régimen Técnico del Buque de Prefectura Naval:

*Agregado N°1 a la ordenanza marítima N°1/981.*

*Normas Relativas a la fuente de energía eléctrica principal y al tablero eléctrico principal de los buques y artefactos navales.*

*Pto. 5.- Número de generadores y transformadores.*

*5.1- Todo buque en el que la energía eléctrica constituya el único medio para mantener los servicios esenciales, dispondrá de una fuente energía principal que comprenda como mínimo dos grupos electrógenos independientes.*

5.2- *La potencia generada por estos grupos será tal que aún cuando uno de ellos se averíe, sea posible asegurar el funcionamiento de todos los servicios esenciales y los necesarios para mantener el buque en condiciones normales de operación y habitabilidad sin necesidades de recurrir a la fuente de emergencia.*

*No obstante lo indicado anteriormente la dirección de Policía de Seguridad de la Navegación podrá eximir del cumplimiento estricto del párrafo anterior a aquellos buques o artefactos navales que, por el tipo de navegación que efectúen, el servicio al que estén destinados la duración de la travesía y otras condiciones que afecten la seguridad, sean tales que hagan poco razonables o innecesarios su aplicación total. En estos casos como mínimo, la potencia generada de los grupos será tal que cuando uno cualquiera de ellos quede fuera de servicio, sea posible asegurar el funcionamiento de los servicios esenciales.*

5.3- *En el caso de que la fuente de energía principal este compuesta por dos generadores dispuestos en forma tal que uno de ellos sea accionado en forma independiente y el otro este acoplado al motor propulsor, ya sea en forma directa o por intermedio de otro mecanismo destinado a otra finalidad, este último deberá cumplir con los siguientes requisitos:*

5.3.1. *Se podrá poner en servicio estando el otro generador parado.*

5.3.2. *Su funcionamiento será independiente del sentido de rotación del motor propulsor.*

5.3.3. *Estará diseñado teniendo en consideración las variaciones de velocidad del motor propulsor que pudieran producirse durante la navegación.*

5.3.4. *Se podrá poner en servicio aun cuando el motor no este siendo utilizado para propulsar el buque.*

5.3.5. *Se dispondrán de medios apropiados que permitan acoplar y desacoplar el generador del motor propulsor utilizando mecanismos de embrague o similares.*

5.4- *En el caso de que la fuente de energía principal alimente grupos convertidores de C.C. a C.A. o viceversa, destinados a alimentar consumidores que incluyan servicios esenciales, se instalaran como mínimo dos unidades cuyas potencias sean tales que, aun cuando uno de ellos quede fuera de servicio, sea posible asegurar el funcionamiento de dichos servicios esenciales.*

5.5- *En el caso de que los servicios esenciales o parte de ellos estén alimentados por medio de transformadores trifásicos, se instalaran como mínimo dos unidades, de tal forma que el funcionamiento de aquellos quede asegurado estando uno cualquiera de los transformadores fuera de servicio.*

### 1.3- CÁLCULO DE LA POTENCIA DE LOS GENERADORES

#### **- Balance Estimado con fórmulas:**

Es muy simple y solo da una aproximación de la potencia necesaria en la situación de carga eléctrica (SCE) de navegación. Se suele emplear en la etapa principal del proyecto para estimar pesos, volúmenes y consumo de los grupos.

$$P = 0.015 \times P_s + 1.6 \times N + (9 \times N) + 80 = 183.59 [KW]**$$

Siendo:

P [kw], la potencia eléctrica demandada en navegación.

Ps [hp], la potencia del motor propulsor.

N, el numero de tripulantes.

\*\* Electricidad aplicada al Buque y Diseño de plantas Eléctricas Navales, Universidad politécnica de Madrid.

#### **- Balance a través de buques similares:**

Cuando se disponga en el proyecto de un buque base de similares características y dimensiones, se puede estimar la potencia de los grupos utilizando la formula anterior en los dos casos y realizando un calculo proporcional.

$$P'g = \frac{Pg \times P'}{P}$$

Siendo:

P' y P las potencias estimadas con la formula anterior.

P'g y Pg la nominal de cada grupo para nuestro buque y el base.

Para nuestro caso P' ya calculado y es P'= 183.59 [kw].

- Vamos a utilizar, los datos de un buque congelador de 34 mts. de eslora, 19 tripulantes y 8.5 mts. de manga. El mismo presentaba un generador de 275 KW.

$$P' = 183.59 [kw].$$

$$P_s = 140 [hp].$$

$$N = 19.$$

$$P = 0.015 \times 140 + 1.6 \times 19 + (9 \times 19) + 80 = 151.73 [KW]$$

Sobre la base de estos valores y en una primera aproximación la potencia del generador de nuestro buque Pg'es:

$$P'g = \frac{Pg \times P'}{P} = \frac{275 \times 183.59}{151.73} = 332.74 [kw].$$

- Utilizaremos los datos del ALVAREZ-ENTRENA II barco congelador construido en el puerto de la ciudad de Mar del Plata, el mismo poseía dos generadores de potencia  $P_g = 275$  [kw]:

$$P' = 183.59 \text{ [kw].}$$

$$P_s = 325 \text{ [hp]}$$

$$N = 25$$

$$P = 0.015 \times 325 + 1.6 \times 25 + (9 \times 25) + 80 = 169.87 \text{ [KW]}$$

En una segunda aproximación la potencia se estima en:

$$P'g = \frac{P_g \times P'}{P} = \frac{275 \times 183.59}{169.87} = 297.21 \text{ [kw]}$$

### - Método Clásico de Balance:

Este método es el más utilizado, no solo permite calcular con una buena precisión la potencia consumida en las distintas SCE (situación de carga eléctrica), sino que también es un buen resumen de los equipos del buque.

Vamos a aclarar que  $P_c$  es la potencia exigida por la máquina de la red cuando esta a plena carga, es decir la potencia nominal en el eje  $P_n$ , dividido el rendimiento  $\eta$  de la máquina en cuestión. Es decir,  $P_c = P_n / \eta$ . Para pasar de la potencia  $P_c$  a la potencia a demandada  $P_d$  en cada SCE, se multiplica  $P_c$  por un coeficiente de utilización **Ku**, que es igual al producto de otros dos denominados **Kn** y **Ksr**, es decir **Ku = Kn.Ksr**.

- **Coficiente de simultaneidad (Kn)** que refleja que en muchos casos existen equipos de reserva, fundamentalmente en los servicios esenciales.
- **Coficiente de servicio y régimen (Ksr)** que representa el grado de probabilidad de que una máquina este trabajando a su potencia máxima, y en consecuencia que absorba de la red la potencia  $P_c$ . Este factor depende como lo indica su nombre de:

**Del servicio** del aparato considerando que tiempo está funcionando en esa SCE.

**Del régimen**, especialmente aplicable a motores. Indica cual es la fracción de la potencia (respecto de la nominal) previsible en funcionamiento normal. Por ejemplo una bomba de refrigeración se ha calculado para una presión máxima, teniendo en cuenta envejecimiento de tuberías y obstrucciones nunca se llega a la potencia nominal.

En el cuadro de potencias para el cálculo de potencia consumida se tomaron los rendimientos de los motores eléctricos con rotor jaula de ardilla por medio de un catálogo Siemens estos varían entre  $\eta = 0.77$  y  $\eta = 0.83$ . Para las luminarias como

en su mayoría son tubos fluorescentes OSRAM T-12, adoptamos un rendimiento igual a  $\eta = 0.86$ .

La potencia  $P_c$  que aparece en el cuadro es la total y no la exigida por cada motor eléctrico.

### Posibles valores de $K_u$

Como ya sabemos  $K_u = K_n \cdot K_{sr}$  los valores del coeficiente de simultaneidad son valores conocidos ya que es un factor análogo al coeficiente de simultaneidad para Inst. Elec. en tierra. Entonces los posibles rangos de variación para  $K_{sr}$  son los sugeridos por la 'Marine diesel power plant performance practices' y la ETSIN (Escuela técnica superior de Ingenieros Navales).

$K_{sr}$  puede tomar los siguientes valores:

**Auxiliares de propulsión:** Se toma la SCE más exigente que es la de pesca en servicio continuo este factor es igual a 0.95 tanto de día como de noche.

**Bomba timón:** En este tipo de servicio las maniobras suelen ser desplazamientos inferiores a los  $15^\circ$  que necesitan una potencia reducida. El factor es de 0.3.

**Bomba de Lubricación de Toma de fuerza:** En este caso el servicio es continuo y demanda casi la potencia nominal de la máquina. Tenemos  $K_{sr} = 0.95$ .

**Bombas de servicios generales:** El  $K_{sr}$  en estos casos varía entre un 0.4 y un 0.5, tomamos el peor de los casos un  $K_{sr} = 0.5$ .

**Ventilación y Calefacción:**  $K_{sr}$  varía entre 0.3 a 0.95, dependiendo de la estación.

**Habitación:** Los elementos pertenecientes a este grupo tienen un coeficiente que varía de 0.3 a 1 según el número y tipo de servicios.

**Equipos de Frío:** El valor de  $K_{sr}$  es de 0.95. Tanto para bombas o compresores de los equipos de refrigeración.

**Alumbrado:** El factor  $K_{sr}$  para el alumbrado tiene un significado análogo al coeficiente de simultaneidad de Instalaciones Eléctricas de tierra.

Este factor varía entre 0.5 y 0.95 según el ámbito o ambiente de trabajo.

**Electrónica y comunicación:** Este factor toma un valor de 0.5 para equipos de radio y comunicación y otro de 0.2 para cargadores de baterías.

### - Situaciones de Carga Eléctrica tenidas en cuenta

Las SCE tenidas en cuenta fueron:

- ✓ las de mayor exigencia para determinar la máxima potencia demandada por el buque, que son pesca de noche en primer lugar, y luego pesca de día.
- ✓ La de mínima potencia requerida para comprobar que la potencia nominal de los generadores seleccionados no sea mucho mayor a la SCE con menor demanda de potencia. Dicha situación es la que ocurre cuando la nave está en puerto.

Los valores anteriores de Ksr aplicados a la potencia  $P_c$  de cada máquina dieron como resultado las potencias  $P_d$  demandadas que figuraron en el cuadro.

Para desarrollar el balance, se calcula el factor de potencia de la instalación realizando la sumatoria de las potencias activas y reactivas de cada consumidor, los resultados se muestran a continuación:

$$\sum P_i = 352,15 \text{ kw} - \sum Q_i = 248.01 \text{ k var}, \text{ luego } Tg \varphi = Q / P = 0.704.$$

$\Rightarrow \varphi = 35.15^\circ$ , por último el  $\cos \varphi$  de la instalación es:

$$\boxed{\cos \varphi = 0.817}$$

En cuanto al cuadro que se muestra a continuación  $P_c$  es la potencia absorbida de la red, es decir es la potencia en el eje sobre el rendimiento de la máquina. Luego  $P/n$  es la pesca de Noche y  $P/d$  es la pesca de día. También tenemos la potencia demandada en cada SCE (situación de carga eléctrica). Para no complicar la tabla los valores de  $K_u$  no se muestran ya que este varía en los intervalos ya mencionados anteriormente.

Recordemos que:

- $P = 3.U.I.\cos \varphi$ , para cargas trifásicas.      -  $P_{abs} = \frac{P_{eje}}{\eta}$ , donde:
- $P = U.I.\cos \varphi$ , para cargas monofásicas, (iluminación y cargadores de batería).
- $P$  [kw], potencia activa trifásica.
- $U$  [v], tensión nominal del MAT.
- $I$  [A], corriente nominal del MAT.
- $\cos \varphi$ , factor de potencia del MAT.
- $P_{abs}$  [kw], potencia activa trifásica absorbida de la red.
- $P_{eje}$  [kw], potencia activa útil del MAT.
- $\eta$ , rendimiento del MAT.

### **Tabla de Balance Eléctrico para el Calculo de la Potencia de los Generadores**

Para un mejor entendimiento de la tabla aclaramos las siguientes abreviaciones:

- $P_c$ , potencia absorbida de la red.
- $K_n$ , coeficiente de simultaneidad.
- $K_{sr}$ , coeficiente de servicio y régimen.
- $K_u = k_{sr}.k_n$  coeficiente de utilización.
- $P/n$ , pesca de noche.
- $P/d$ , pesca de día.
- Pto, puerto.

**Vemos que el buque requiere de los generadores una potencia aproximada de 400 [kva] durante la pesca de noche y 200 [kva] cuando la nave esta en puerto. Estos valores son los que determinan la elección de los generadores y también influyen sobre la disposición de los generadores.**

Cabe aclarar que las distintas SCE se determinan pensando en las mas lógicas o probables. Teniendo en cuenta el tipo de buque y sus posibilidades de operación se pueden nombrar otras situaciones de carga:

- Las que representan casos en las que va a operar durante un importante porcentaje de su vida útil.
- Aquellas que pueden dar a lugar a un consumo mayor al calculado, por ejemplo cargando y descargando, maniobrando o congelando.
- Las que representan una pequeña cantidad de potencia demandada, que hace necesario plantearse si la planta principal es adecuada para eso.

#### **1.4- ANÁLISIS EN LA DISPOSICIÓN DE LOS GENERADORES**

En función de las potencias demandadas en cada SCE tenemos que seleccionar la disposición de los generadores, es decir si se colocaran varios generadores en paralelo o si se utilizara un generador de cola con otro auxiliar. Si analizamos cada situación tenemos lo siguiente:

##### **-Generador de cola y generador auxiliar.**

En este caso lo primero que hay se analiza es el costo de instalación adicional que implica un equipo de este tipo por los siguientes motivos:

- Son de gran tamaño y potencia ya que a través de un solo generador alimentamos a toda la embarcación.
- Como ya sabemos necesitan funcionar a velocidad angular constante, es por eso que el motor que lo propulsió también trabajara a un número de vueltas Cte. Esto hace que necesite un sistema electro-hidráulico para que la variación de marcha del barco que se logra a través de la inclinación de las palas de la hélice. Este sistema se llama 'hélice de paso variable'.
- El generador de cola implica una carga extra para el motor de propulsión, por lo que este debe tener una mayor potencia que un motor de propulsión con generadores en paralelo. Dicho motor de combustión interna no solo acciona al alternador y a la hélice de propulsión sino también suele usarse para accionar los guinches hidráulicos de pesca.
- El costo inicial de instalación no se amortiza rápidamente ya que su mantenimiento y repuestos son costosos.



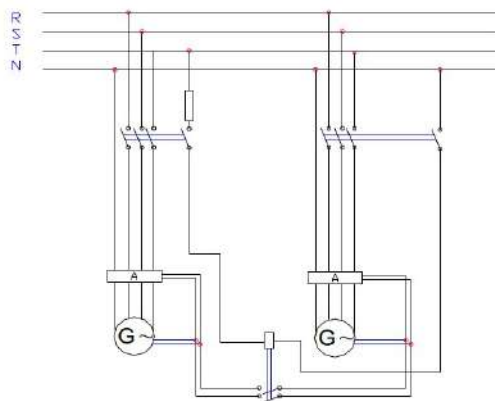
- Además podríamos decir que este no es un sistema flexible ya que dependemos del motor de propulsión para que el generador funcione. Cualquier inconveniente en este sistema tendrá consecuencias directas que afectaran el normal funcionamiento del sistema generador.

Este tipo de generadores suele utilizarse para barcos de mayor porte donde los motores de propulsión tienen la potencia necesaria para accionar al generador y demás equipos de pesca.

### - Generadores en paralelo.

Con este sistema tenemos las siguientes ventajas:

- Es un sistema de gran flexibilidad ya que en condiciones de demanda energética mínima, solo se usa un generador.
- El costo y mantenimiento es menor que en el sistema anterior. Ya que los grupos tienen igual potencia nominal e igual características eléctricas y mecánicas, lo que simplifica el stock de repuestos.
- En cualquier estado de operación, se puede rotar el funcionamiento de los grupos para que los mismos tengan el mismo desgaste a través del tiempo de todas las partes que lo forman. Disminuyendo la probabilidad de falla por funcionamiento continuo.



A = Equipos de regulación de Tensión.

G = Generadores.

En este tipo de disposición en caso de falla de uno de los generadores, el generador que sigue funcionando en condiciones normales es el que se encarga de alimentar las cargas esenciales, previa desconexión de las cargas que no son esenciales.

### **- Generadores independientes.**

Este sistema es el mas sencillo y económico de todos. Comparando este sistema con el paralelo de generadores tenemos las siguientes ventajas:

- Tenemos una instalación simple y sencilla ya que no necesitamos elementos de puesta en paralelo como relés de sincronización, relé de tensión cero y temporizadores como en el caso anterior.
- Una ventaja sobre la configuración anterior es que con el paralelo de generadores tendríamos un sistema de barras en común para todas las cargas, esto aumentaría la sección de algunos conductores que se desprenden del embarrado ya que tienen que verificar a la corriente de cortocircuito en caso de que exista una falla en barras.
- Otra ventaja sería que con generadores independientes la potencia de corto circuito en barras es baja comparada con el sistema de generadores en paralelo, esto facilita la elección de los aparatos de protección ya que no necesitan un alto poder de ruptura.

**Por las ventajas nombradas anteriormente para nuestro proyecto adoptaremos generadores independientes, con un sistema de barras partidas con un acople longitudinal entre las mismas para permitir un traspase de cargas en caso de ser necesario. Ampliaremos este concepto de acople en las siguientes líneas.**

## **1.5- SUBDIVISIÓN EN TRAMOS DE BARRAS COLECTORAS**

Las instalaciones de maniobra bajo condiciones normales de servicio, por ejemplo, en subestaciones de redes, se equipan con barras colectoras simples.

Esto tiene ciertas ventajas y desventajas que las citamos a continuación.

### **Ventajas**

Estado de servicio claro, manejo sencillo, espacio necesario reducido y bajos costos de adquisición y mantenimiento.

### **Inconvenientes**

Al efectuar los trabajos de mantenimiento hay que desconectar toda la instalación y además si se producen perturbaciones en las barras colectoras, queda fuera de servicio toda la instalación.

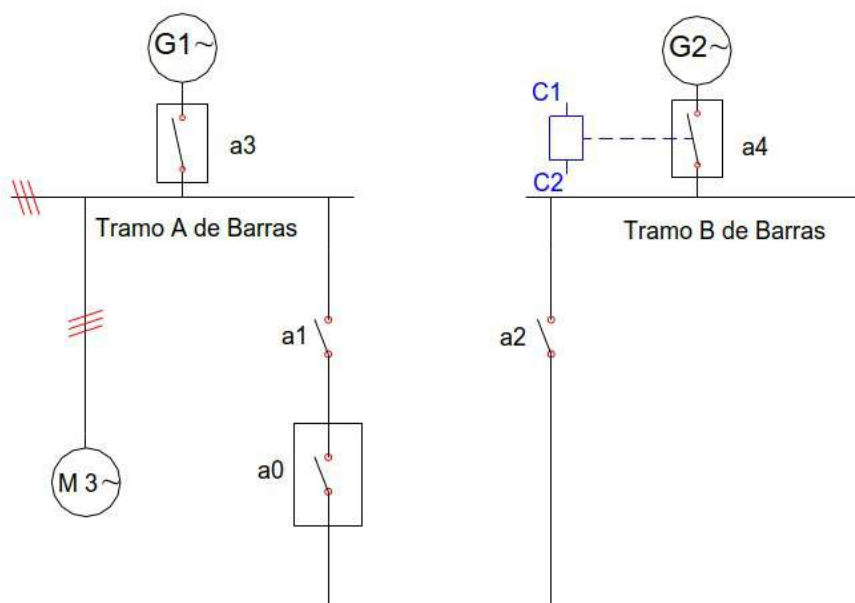
### **Sistema Doble de Barras Colectoras**

Las instalaciones de maniobra de gran extensión se equipan con barras colectoras dobles cuando, por ejemplo, han de cumplir las siguientes condiciones de servicio:

- Servicio sin largas interrupciones durante los trabajos de limpieza y mantenimiento de un sistema de barras colectoras.
- Cambio de las derivaciones del sistema 1 al 2.

### **Acoplamiento Longitudinal**

Las desventajas anteriores se pueden evitar subdividiendo en tramos las barras colectoras, con ayuda de interruptores de acoplamiento.



a1, a2 seccionadores conectados a las barras  
a0, a3 y a4 interruptores de potencia  
C1, C2 bornes de Alimentación de Bobina de Disparo.

### **Posibles Maniobras con Acoples Longitudinales**

Las ventajas de este sistema se pueden ejemplificar en los siguientes casos hipotéticos:

- En el caso de Falla del Generador que alimenta el juego de barras B, las cargas que se desprenden de dicho juego pasarían a ser energizadas por el generador G1 evitando una larga interrupción del servicio que el motor

asincrónico trifásico brinda a la instalación. La maniobra consistiría en abrir los interruptores a3 y a4, cerrar los seccionadores a1,a2 y luego cerrar el interruptor de potencia a0. Debe existir un enclavamiento en este sistema para impedir la puesta en paralelo de los generadores G1 y G2. El enclavamiento estaría formado por una bobina de Disparo por Tensión, este accesorio tiene una alimentación de 380 V y se conectaría por encima del seccionador a2. Esto permite que los generadores funcionen en paralelo es decir que cuando se realice un traspaso de carga de G2 a G1 se energiza dicha bobina y dispara al interruptor de potencia del generador G2.

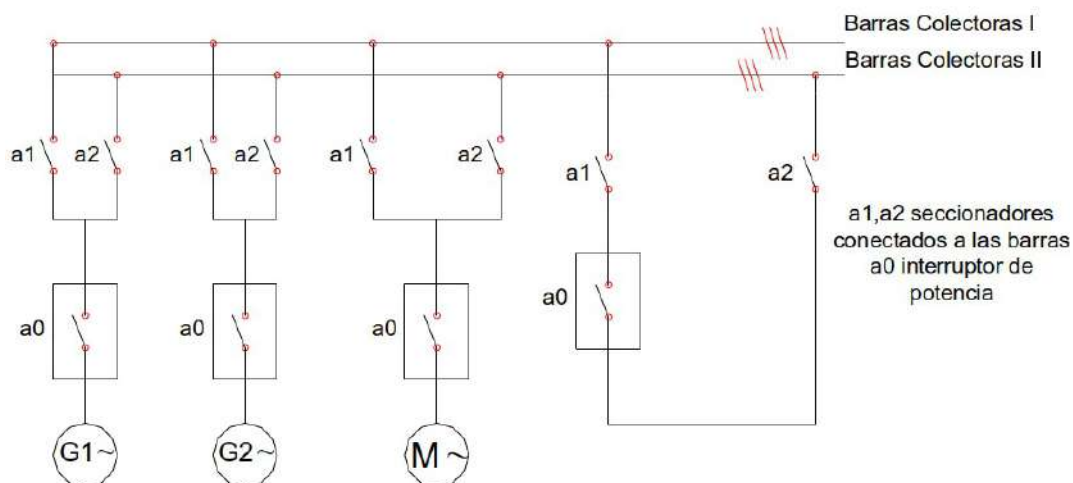
- También podemos marcar el caso de un cortocircuito en el sistema de barras B, con el acoplamiento longitudinal solo la parte afectada por la falla quedara fuera de servicio y no toda la instalación.
- El acoplamiento sería direccional es decir desde el generador G2 hacia el G1 solamente ya que se tiene presente la menor interrupción posible del servicio de los servicios esenciales.



***Bobinas de disparo y contactos auxiliares son accesorios eléctricos de los interruptores de potencia de la línea Merlin Gerin.***

### **Acoplamiento Transversal**

Para cambiar de un sistema de barras a otro sin que se interrumpa el abastecimiento de energía, es preciso emplear un acoplamiento transversal. Cabe remarcar que la diferencia fundamental con el acoplamiento es que se puede superar la falla en uno de los sistemas de barras sin afectar el servicio.



### **Posibles Maniobras con Acoples Transversales**

Este es un caso similar al anterior, ocurriendo una falla en el generador G2 que alimenta el sistema de barras colectoras II las cargas que serían del tipo esencial se derivarían al sistema de barras I, para tomar carga del generador G1.

### **Sistema de Acoplamiento de Barras para Generadores Independientes**

Se ha pensado para este sistema la siguiente disposición:

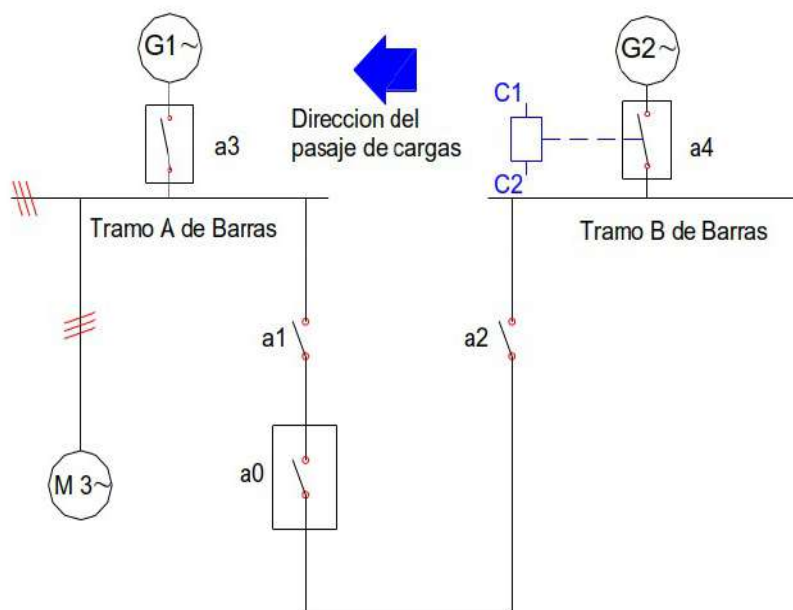
#### **- Acoplamiento Longitudinal de Barras**

En caso de que el generador G2 quede fuera de servicio las cargas que se desprenden de este se alimentarán directamente del generador G1, previa desconexión de las cargas que se consideran NO-ESENCIALES como por ejemplo los túneles de congelado.

Cabe aclarar que el sistema de congelación de pescado no siempre es un servicio esencial pero si lo es la bodega de almacenamiento del mismo, ya que en caso de fallar el generador que alimenta los túneles de congelado la carga que estaría dentro de estos sería transportada a las cámaras de frío (Bodega) hasta que el problema que generó el black-out sea solucionado.

Dichas cámaras son un servicio esencial ya que deben conservar el pescado procesado a una temperatura de  $-30^{\circ}\text{C}$  sin ningún tipo de interrupción.

Solo está contemplado en caso de falla del Generador G1 la alimentación alternativa de un solo túnel desde el generador G2. Esto se diseña de la siguiente manera para facilitar el congelado del pescado y no interrumpir el proceso de producción con las pérdidas de dinero que esto ocasionaría.



a1, a2 seccionadores conectados a las barras  
 a0, a3 y a4 interruptores de potencia  
 C1, C2 bobinas de Alimentación de Bobina de Disparo.

El pasaje de cargas debe hacerse con cuidado de no sobrecargar al generador es por eso que se deben utilizar los instrumentos de medición del tablero principal para no exceder la corriente nominal de dicha máquina que es de 420 [A]. También se podría instalar un limitador de corriente en la salida del generador para no sobrecargarlo en el momento en el que se produzca la maniobra de traspaso de carga.

Es muy importante que antes de las maniobras para las derivaciones de carga se realice la desconexión de los servicios que no son esenciales para el funcionamiento del buque.

## 1.6- DISTRIBUCIÓN DE CARGA EN LOS GENERADORES

Presentamos en esta sección como estarán distribuidas las diferentes máquinas eléctricas que se encuentran a bordo de la nave. Cabe aclarar que la mayoría de las cargas de G2 son Esenciales a diferencia del generador G1 que alimenta en su mayoría cargas no Esenciales.

$P_n$  = potencia nominal en el eje;

$P_{cons}$  = potencia absorbida de la red,  $P_n / \eta$ .

Salidas del tablero Principal G2			
Sala de Máquinas	Pn [kw]	Pcons. [kw]	I [A]
Bomba enfriadora de agua del MP	4	4.71	8.61
Bomba lubricación del MP	5.5	6.40	12.00
Compresor de Aire del MP	11	12.43	22.48
Purificadora de Combustible	0.75	1.04	1.95
Separador de Sentina	0.75	1.04	1.95
Bomba de Achique de Lodos	0.75	1.04	1.95
Bomba de lubricación de caja reductora	5.5	6.40	12.00
Aire acondicionado	2	2.44	4.52
Calefacción gral.	20	30.77	53.73
Bomba de incendio	9.3	10.51	19.01
Bomba de baldeo	9.3	10.51	19.01
Bomba de agua dulce	1.1	1.43	2.68
Bomba de agua salada	1.1	1.43	2.68
Alumbrado de Sala de Máquinas	0.48	0.56	5.07
Compresor de Bodega	30	32.75	58.54
Bomba de Bodega	4	4.71	8.61
Fuente de 12 v	0.5	0.56	2.94
Cargador de Baterías 12 v	0.5	0.56	2.94
Cargador de Baterías 24 v	1	1.11	5.87
Fuente de 24 v	1	1.11	5.87
Tomas Sala de Maquinas (220 v)	0.6	0.60	2.73
Tomas Sala de Maquinas (380 v)	21	21.00	31.91
Bomba Timón	5.5	6.40	12.00
Bomba Condensado Bodega	4	4.71	8.61
Extractor Sala de Máquinas	1.1	1.43	2.68
Ventilación Sala de Máquinas	1.1	1.43	2.68
Torno	1.1	1.43	2.68
Agujereadora de Banco	1.1	1.43	2.68
Soldadora	7	8.05	14.91
Tomas de SP (220 v)	0.7	0.70	3.18
Ventilador de SP(2)	2.2	2.68	4.97
Extractor de SP	1.1	1.43	2.68
Tomas SP (380 v)	14	14.00	21.27
Tablero de Sala de Procesado	Pn [kw]	Pcons. [kw]	I [A]
Trituradoras de pescado	1.1	1.43	2.68
Cintas transportadoras	1.1	1.43	2.68
Generador de agua dulce	7.5	8.82	16.15
Alumbrado de Sala de Procesado	0.72	0.83	7.52
Tablero de Cubierta Superior	Pn [kw]	Pcons. [kw]	I [A]
Ventilador de cubierta sup. Y Timonera	2.2	2.68	4.97
Extractor de cubierta sup. Y Timonera	1.1	1.43	2.68
Grúa Puente	11	12.43	22.48
Iluminación Cubierta Superior	0.186	0.22	1.97
Tomas (220 v) CS y Timonera	1.2	1.2	5.45
Salidas del tablero Principal G2			
Tablero de Timonera	Pn [kw]	Pcons. [kw]	I [A]

Iluminación de Timonera	0.32	0.37	3.34
Reflectores de Pesca	1.05	1.21	10.97

Salidas del tablero Principal de G1			
Tablero Gral.	Pn [kw]	P cons. [kw]	I [A]
Compresor de aire N°1	75	79.62	142.31
Compresor de aire N°2	75	79.62	142.31
Bomba de Refrigeración N°1	4	4.71	8.61
Bomba de Refrigeración N°2	4	4.71	8.61
Forzador N°1 (2)	4.4	5.37	9.94
Forzador N°2 (2)	4.4	5.37	9.94
Bomba de Aceite CT N°1	2.2	2.2	2.68
Bomba de Aceite CT N°2	2.2	2.2	2.68
Bomba Condensado TC N°1	4	4.71	8.61
Bomba Condensado TC N°2	4	4.71	8.61
Extractor de sollado	1.1	1.43	2.68
Tomas de Sollado (220 v)	4.3	4.30	19.55
Lavandería	1.5	1.81	10.02
Ventilador de sollado (2)	4.4	5.37	9.94
Tablero de Sollado	Pn [kw]	P cons. [kw]	I [A]
Alumbrado de Sollado (CP)	1.74	2.02	18.39
Cocina eléctrica	12	12.00	18.23
Heladera de Gambuza	4	4.71	8.61
Forzador Gambuza	1.1	1.43	2.68

*Cargas consideradas esenciales para la operación del Buque*

## 1.5- SITUACIONES DE CARGA ELÉCTRICA

Tal como se indico en la tabla del Balance Eléctrico, debemos cubrir una demanda de 414.97 [kva] cuando el barco se encuentra pescando durante la noche, necesitando 203.32 [kva] cuando la nave se encuentra en puerto. Como mencionamos la generación se realizará con un sistema de Generadores independientes con un embarrado acoplado longitudinalmente.

Podemos utilizar dos Generadores de 220 [kva] pero si adoptamos dos Generadores de 275 [kva] podremos alimentar a un sistema de congelado en caso de Black-Out, como indicamos en la página 21. Es por la cual para este proyecto y en función de las distintas SCE, el Buque contará con dos generadores CRAMACO G2R de 275 KVA, cuando uno de estos falle, funcionaria un solo generador para cubrir los servicios esenciales, la naturaleza de la carga la determinan diferentes normativas de uso internacional según Lloyd's Register of Shipping, tenemos que las cargas que son consideradas como esenciales son:

- Compresores de Aire para Arranque.



- Bombas de Lastre.
- Bombas de Sentina.
- Bombas de Agua circulación y Refrigeración.
- Ventiladores de Aire.
- Bombas contra incendios.
- Bombas de Lubricación.
- Luces de Navegación.
- Auxiliares de Navegación.
- Bombas de Combustible.
- Ventiladores de Sala de Máquinas.
- Iluminación principal, (Sala de Máquinas, Pañol de mantenimiento, Cubierta Superior y Timonera).
- Servicios de Habitación mínima, (Comedor, Gambuza y Calefacción).

La potencia total que requieren los servicios esenciales (SE) es:

**Servicios Esenciales: 144.99 [kw]-181.24 [kVA]-  $I_{demandada}$  = 276.15 [A]**

En caso de que se produzca la falla de un Generador y considerando el peor de los casos (factor de simultaneidad uno).

**SE + Servicio de Congelado: 217.97 [kw]-272.47 [kVA]-  $I_{demandada}$  = 413.97 [A]**

### **Generador TELMAN - CRAMACO**

#### **Esquema de Unifilar:**

Pasamos a mostrar el esquema unifilar de el generador sincrónico que se utilizará para cubrir la demanda de energía por parte de los consumidores presentes en el buque.

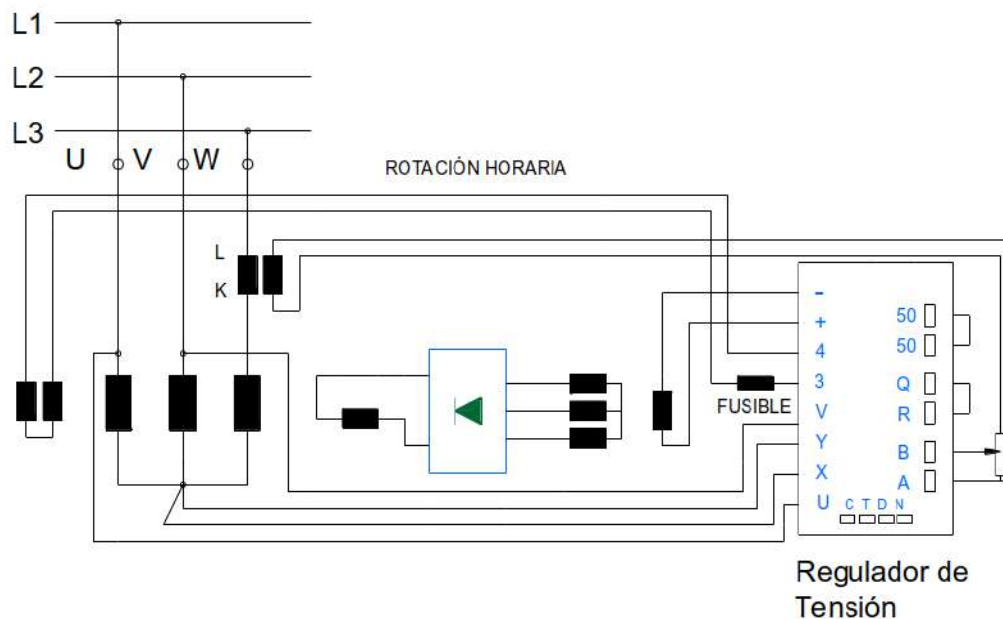
**La figura muestra un generador G2R-CRAMACO, de 275 [KVA], 380-415 [V], 50 [HZ].**



#### **Detalles del Esquema Eléctrico Unificar**

- Los bornes 50-50 se puentean para generar en 50 HZ.

- En los bornes R-Q se puede conectar un potenciómetro para tener una regulación de tensión de salida en forma manual y a distancia.
- En caso de funcionar en paralelo conectar un transformador de intensidad con el potenciómetro en paralelo en la fase W, luego cerrar los bornes D-N con un puente. Esto serviría para regular el factor de potencia del generador cuando está en carga y el mismo es menor al nominal.
- Si se utilizan para funcionar en forma independiente se puentean los bornes A-B.
- Para el funcionamiento en paralelo cuentan con un devanado amortiguador.



↑                      ↑    ↑                      ↑                      ↑  
 Bobinado    Estator    Rectificador    Excitatriz    Campo  
 Auxiliar    Rotante            Rotante            Excitatriz

**Estator :**

La carcasa del estator está realizada en una estructura de acero soldada. El núcleo de hierro laminado con el bobinado se encuentra en la carcasa. Las bobinas responden a las especificaciones de la clase F y están estrechamente ligadas para resistir vibraciones e impactos.

**Rueda Polar :**

La rueda polar aloja las bobinas de excitación. Los núcleos polares están formados por laminaciones apiladas.

**Excitatriz :**

**- Estator:**

Es un generador de C.A. trifásico del tipo armadura rotante. Está fijado al escudo del lado excitatriz de la máquina. El estator laminado forma los polos que sostienen las bobinas de campo de esta excitatriz.

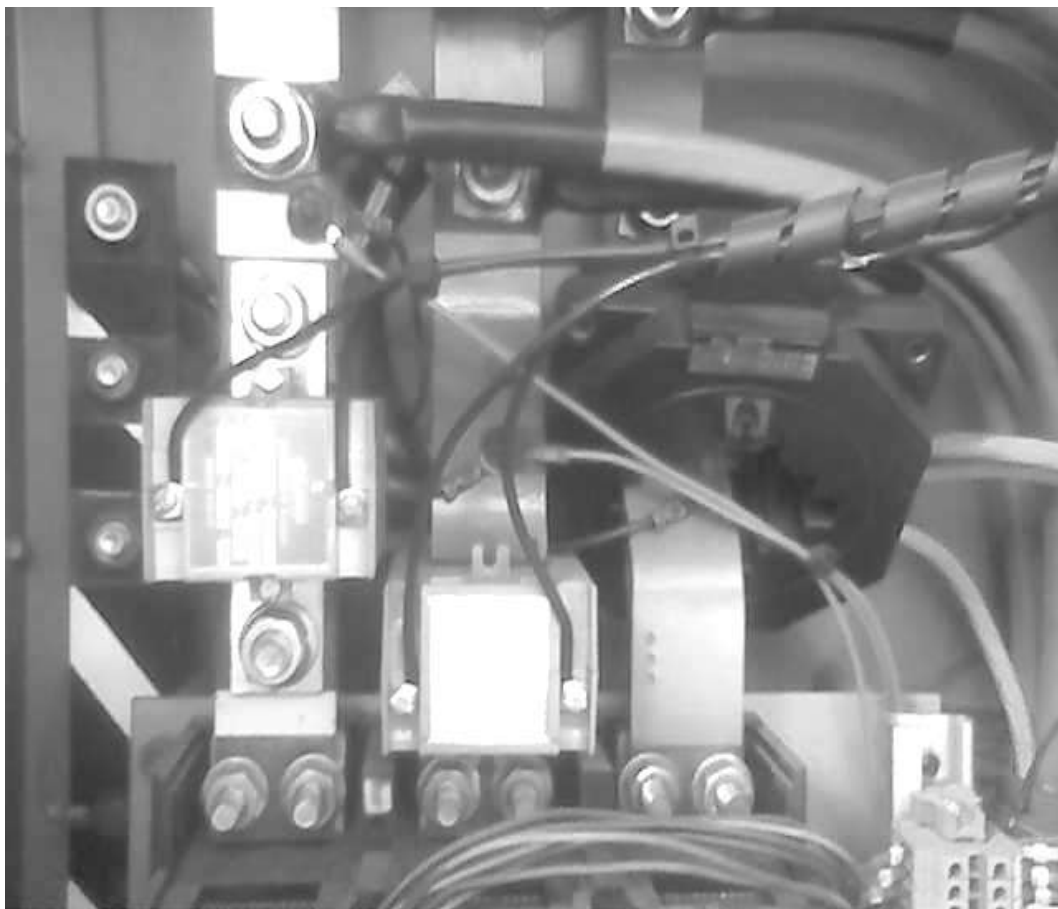
**- Rotor:**

La armadura de esta excitatriz esta montada en el eje de la máquina fabricada con laminaciones finas de chapa. El bobinado en alambre esmaltado es trifásico con neutro no accesible y alimenta un conjunto de seis diodos en puente estrella. Estos diodos están montados de a tres, en dos placas disipadoras, una (+) y otra (-), aisladas eléctricamente entre ellas y a masa. Cada placa se conecta a los terminales de los bobinados de excitación de la rueda polar y en paralelo entre ellas se instala un protector de sobretensión.

***Bobinado Auxiliar de Tensión :***

Ubicado en las mismas ranuras que el bobinado estático principal, se dispone de un arrollamiento auxiliar cuya tensión generada sirve para alimentar el regulador de tensión en marchas normales y cortocircuitos.

Capítulo	DISTRIBUCIÓN ELECTRICA A BORDO
<b>2</b>	<b>Magnitudes Eléctricas</b>



## **2.1-**

## **TENSIONES Y FRECUENCIAS**

—

De acuerdo con las norma UNE 21-135/201, las tensiones y frecuencias normalizadas utilizables a bordo son:

- Tensión de seguridad: Menor de 50 V.
- Baja tensión: Entre 50 y 500 V.
- Media tensión: Entre 500 y 1000 V.
- Alta tensión: La que supera los 1000 V.

La parte fundamental de las redes de distribución comprende las de baja tensión con dos sub-redes:

- La de fuerza. Generalmente a 380 V / 50 hz o 440 / 60 hz. Se encarga de la alimentación de los consumidores (motores) de mayor potencia.
- La de alumbrado. A 220 V, además del alumbrado en si (interior, exterior y navegación) alimenta los pequeños consumidores de la zona de habitación, los sistemas de control y la mayoría de los equipos electrónicos.

En el caso de que la potencia eléctrica sea muy grande, existe una red de alta tensión siendo su valor mas corriente en la actualidad de 6.6 [kv] y el máximo de 12 [kv], este es un valor que irá creciendo en el futuro.

**Nuestro buque tendrá una sistema trifásico 3x380 [v] y 50 [hz]**

## 2.2-

## TIPO DE REDES

Vamos a describir las tres posibles disposiciones geométricas de las líneas de distribución estas pueden ser:

- Red en '**guirnalda**' o lineal.
- Red en **anillo cerrado**, mayado o en bucle.
- Red en **derivaciones sucesivas**, radial o en árbol.

*La primera* se basa en la utilización de líneas de gran longitud, que partiendo del tablero principal, alimenta a distintos cuadros primarios en forma sucesiva. En principio parece una solución simple y barata, pero no se utiliza casi nunca ya que obliga a cables de gran sección en los tramos más próximos a los generadores

*La segunda* consiste en disponer de una línea cerrada de alimentación, a la que aporta energía a los generadores a través de uno o más tableros principales, que pueden estar situados en distintas partes del buque, y a la que se conectan otros tableros. Con esta disposición aun en un fallo en un punto, todos los cuadros siguen recibiendo alimentación. Es la red más segura, y por ello se utiliza en buques de guerra. Sus inconvenientes son el mayor volumen, peso y coste del cableado por

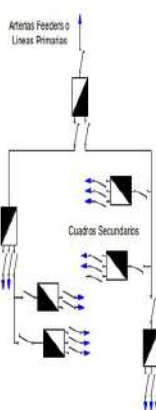
longitud y sección, además y resulta mas complicada la realización de un sistema de protecciones selectivas.

*El tercer* tipo de distribución es el más empleado. Consiste en disponer una estructura en árbol. Del tablero principal salen una serie de líneas a otros tableros primarios. De cada tablero primario a su vez salen líneas para alimentar a tableros secundarios y así sucesivamente. En este proyecto utilizaremos esta disposición para la distribución eléctrica a bordo, vamos a señalar las ventajas de la misma:

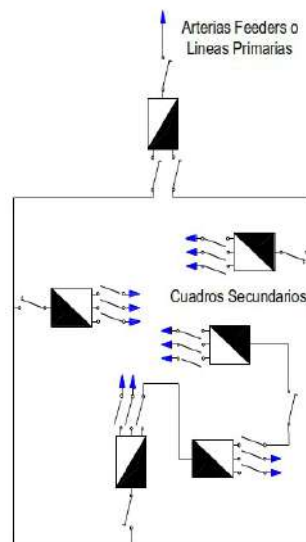
- La sección de cada tramo de la línea se puede dimensionar de acuerdo con la intensidad nominal, que es igual a la suma de los consumidores que ‘cuelgan’ directa o indirectamente de él.
- El diseño de protecciones selectivas es el más sencillo.
- Para aumentar la fiabilidad de los servicios esenciales de propulsión, refrigeración y lubricación, la normativa indica que se debe proveer de una alimentación desde el tablero principal, que no incluya tableros de distribución comunes y con tendidos lo mas separados posible.

Dentro de las redes de los buques, puede existir una línea especial, que conecta el cuadro principal con el de “toma de tierra”. Nos referimos al de conexión, cuando el buque esta en puerto o en un astillero, con la red terrestre, en el caso de que sea de la misma tensión y frecuencia, con el objeto de alimentar los servicios del buque teniendo todos los grupos de generación parados para ahorrar costos en el combustible de los motores de propulsión. A continuación se mostraran las topologías típicas en las redes a bordo. Las líneas primarias se dirigen al cuadro primario o principal, esta es la distribución adoptada para la instalación eléctrica del buque, basándonos en las ventajas mencionadas anteriormente.

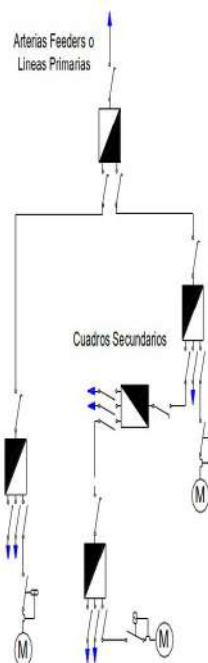
## **DISTRIBUCIÓN EN LINEAS O EN GUIRNALDA**



## **DISTRIBUCIÓN EN ANILLO CERRADO**



### **DISTRIBUCIÓN POR DERIVACIONES SUCESIVAS, RADIAL O EN ÁRBOL**



### **2.3- NUMERO DE CONDUCTORES. NEUTRO Y TIERRA**

En primer lugar vamos a diferenciar el concepto de tierra y masa. La **tierra** representa el nivel de potencial del globo terrestre y, por extensión, las conexiones unidas eléctricamente a él. Por supuesto que la conexión 'a tierra' supondría un contacto directo con el agua que sustenta al buque. En aplicaciones terrestres lo usual es la conexión del neutro a tierra pero esta situación no es extrapolable a bordo.

La **masa** representa cualquier punto, línea o plano de conexión equipotencial que sirva de referencia para un circuito o sistema, como la carcasa de una máquina eléctrica por ejemplo. Las masas pueden estar aisladas (circuitos flotantes), o conectadas a tierra dependiendo del esquema adoptado.

Las distintas variantes de distribución en Instalaciones terrestres son:

- TN puesta al neutro.
- IT neutro aislado.
- TT puesta a tierra.

La primera letra indica la condición de puesta a tierra de la fuente de energía (el centro de estrella de los transformadores). La segunda letra indica las condiciones de la puesta a tierra de las masas de la instalación eléctrica (en el usuario). El significado de las mismas es:

- T: puesta a tierra directa.
- I: aislamiento de las partes activas con respecto a tierra o puesta a tierra en un punto de la red a través de una impedancia.
- N: masas unidas directamente a la puesta tierra funcional (provisto por la empresa distribuidora).
  - Sistema TN: este sistema utiliza el neutro conectado a tierra. Las masas están conectadas al sistema de puesta a tierra. Existen dos esquemas el TNC donde el conductor neutro y el de protección son uno solo, y el TNS en el que ambos conductores están separados.
  - Sistema IT: el neutro no está sólidamente conectado a tierra. El neutro puede estar totalmente aislado o unido por medio de una impedancia de alto valor (neutro impedante). Las masas deben interconectarse y ponerlas a tierra en un solo punto.
  - Sistema TT: centro de estrella conectado a tierra directa y las masas de la instalación conectadas entre sí y puestas a tierra en un punto.

Los sistemas de Distribución mas utilizados son:

- **En redes de baja tensión (380 y 440 v):** Tres conductores (trifilar) con red aislada (el neutro, aun en el caso de ser accesible, no esta conectado a tierra).



- **En redes de alta tensión (6.6 kv):** Cuatro conductores (tetrafilar) con conexión el neutro a tierra en un punto.

Comentaremos las ventajas e inconvenientes de las redes aisladas que en general tienen que ver con su comportamiento ante la existencia de una derivación, fuga, o cortocircuito entre las distintas fases y tierra.

### **Sistemas de Redes Aisladas**

Algunas de las ventajas de este sistema son:

- Al producirse una fuga, la instalación puede seguir funcionando sin problemas, salvo que se produzca una segunda aislamiento por fase (esto sería un cortocircuito), en cuya fase circula una corriente muy grande y funcionan las protecciones de sobreintensidad.
- Además, con la instalación intacta no existe riesgo de electrocución para las personas al tocar una fase. Ya que la corriente de falla no tiene camino alguno de circulación ya que la red es aislada.
- Las corrientes de fuga que circulan son bajas por lo que el riesgo de ignición y comienzo de incendio es muy poco probable.

Entre todas las razones expuestas, en los buques, en los que hay que alimentar una gran cantidad de cargas esenciales, y existe un ambiente húmedo, propenso a la aparición de fallas de aislamiento, tenemos que **la aparición de una fuga simple no dispare las protecciones y que el suministro de energía pueda seguir funcionando, es la razón mas importante por la que este sistema sea el mas difundido.**

Las desventajas que presenta este sistema son:

- En estas redes se deben conectar detectores de aislamiento que avisen de la aparición de una fuga simple y generen una señal de alarma. En caso de activarse esta, debe localizarse el punto de la fuga. La localización de dicha fuga es una tarea compleja y es esta una de las desventajas de las redes aisladas. Se suele ir desconectando sucesivamente distintas partes de la red, hasta que se descubre en que sector se encuentra la fuga.
- Otro peligro que puede aparecer es que con la red aislada pueden existir tensiones muy altas entre conductores y tierra, debido a fenómenos de resonancia, en los que juega un papel importante la impedancia capacitiva entre los conductores y masa.

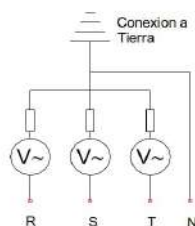
### **Sistemas de Redes con conexión entre Neutro y Masa**

Con su uso tenemos los siguientes problemas:

- Una fuga simple provoca el disparo de las protecciones e interrumpe el servicio afectado.

- La intensidad de fuga es importante, pudiendo ser de origen de incendios y de accidentes personales.
- Si tenemos problemas por armónicos el neutro será el camino de retorno de los armónicos de orden impar.

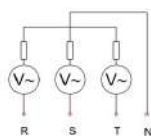
### Sistema Tetrafilar con Neutro a Tierra



Como una conclusión de lo que mencionamos anteriormente el buque dispondrá de una red aislada de 3 x 380 [V], 50 [hz]. Este sistema de distribución de corriente alterna adopta el nombre de sistema IT, según el Instituto Argentino de Racionalización de Materiales, Norma IRAM 2379. Donde la define como:

- Sistema IT : No tiene ningún punto de la alimentación conectado directamente a tierra y las masas de la instalación conectadas a tomas de tierra eléctricamente son independientes de la puesta a tierra de la alimentación.

### Sistema Tetrafilar Aislado



## 2.4- CALCULO DE LAS CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO

Los cortocircuitos o fugas se producen cuando existe una vía de contacto entre varios puntos que están a tensiones distintas. Sus causas van desde pérdidas de aislamiento, humedad excesiva con condensación, polvo carbonizado, avería

mecánica que destruye el aislamiento, golpes con cortes de los cables, contactos con herramientas metálicas, errores de cableado durante el montaje o el mantenimiento, chorros de agua y vapor.

El objetivo fundamental del cálculo de las corrientes de cortocircuito, es estudiar su valor máximo en distintos puntos de la instalación, con el objeto de que los aparatos de protección tengan una capacidad de corte mayor que aquellas y que los cables soporten los efectos de térmicos y mecánicos de la corriente de corto . Para el cálculo se adoptó una simultaneidad igual a uno es decir en el momento en que se produzca el corto todos los motores alimentados del generador que corresponda estarían funcionando.

Para esta parte tuvimos en cuenta la disposición Unifilar mostrada en las páginas 43 y 44, calculando la corriente de cortocircuito en los puntos A y B. Como se esperan bajas corrientes de cortocircuito, no se podrá despreciar el aporte de los motores asíncronos que se alimentan desde las barras principales. Es por eso que se calcularon los valores de las impedancias que estas máquinas presentan durante el cortocircuito. También se calculo la impedancia de los cables principales y los generadores.

### **Generadores Síncronos**

La impedancia que presentan este tipo de maquinas es del tipo,

$$Z = R_g + j X''_d.$$

Reactancia inicial,  $X''_d$  en  $[\Omega]$ :

$$X''_d = \frac{x''_d \times U_{ng}^2}{100\% \times S_{ng}} = \frac{10\% \times 0.38[kva]^2}{100\% \times 0.275[MVA]} = 0.0525 [\Omega]$$

Siendo :

$S_{ng}$ , la potencia nominal del generador, en [MVA]

$U_{ng}$ , la tensión nominal del generador, en [KV]

$x''_d$ , la reactancia inicial relativa, en % (reactancia subtransitoria), para este caso  $x''_d = 10\%$ .

Resistencia del generador  $R_g$ :

$R_g = 0.15 \times X''_d$ , para motores en baja tensión.

$R_g = 0.00787 [\Omega]$ . Luego:

$$Z_m = (0.00787 + j 0.0525) = 0.053 [\Omega]. < 81.5^\circ$$

### **Motores Asíncronos**

La reactancia de cortocircuito  $X_m$  de los motores asíncronos se calcula partiendo de la relación  $I_{sc}/I_{nm}$ , es decir:

$$Z_m = \frac{U_{nm}^2}{(I_{arr} / I_{nm}) \times S_{nm}}$$

- (R / X) = 0.2, donde :
- $U_{nm}$ , tensión nominal del motor.
- $I_{arr}$ , corriente de Arranque.
- $I_{nm}$ , corriente nominal del motor.
- $S_{nm}$ , potencia nominal aparente.
- R, resistencia equivalente en ohms, del motor.
- X, reactancia inductancia equivalente en ohms, del motor.

Se tomo como  $I_{arr} = 6 \times I_n$ .

Las ecuaciones anteriormente utilizadas fueron extraídas de Instalaciones Eléctricas Tomo I, Albert F. Spitta. Capítulo 1.3.2. Impedancia de los medios de Servicio, página 76. La ecuación que representa la impedancia de los motores asíncronos se extrajo de apuntes de cátedra de Instalaciones Eléctricas I. Pasamos a mostrar las cargas presentes en el buque con el conductor que les fue asignado, estas cargas no aportan a las corrientes de cortocircuito.

Cable	Máquina eléctrica	Pn [kw]	Iabs [A]
Cable 41	Calefacción gral.	20	53.73
Cable 42	Alumbrado Sala de Maquinas	0.48	5.02
Cable 43	Fuente de 12 v	0.5	2.94
Cable 44	Cargador de Baterías 12 v	0.5	2.94
Cable 45	Cargador de Baterías 24 v	1	5.87
Cable 46	Fuente de 24 v	1	5.87
Cable 47	Tomas Sala de Máquinas (220v)	0.6	2.73
Cable 48	Tomas Sala de Máquinas (380v)	21	31.91
Cable 49	Iluminación de Timonera	0.32	3.34
Cable 50	Reflectores de Pesca	1.05	10.97
Cable 51	Soldadora	7	14.41
Cable 52	Alumbrado Sala de Procesado	0.72	7.52
Cable 53	Tomas de SP (220 v)	0.7	3.18
Cable 54	Tomas SP (380 v)	14	21.27
Cable 55	Iluminación Cubierta Superior	0.186	1.94
Cable 56	Tomas (220 v) CS y Timonera	1.5	6.81
Cable 57	Alumbrado de Sollado (CP)	1.74	18.18
Cable 58	Tomas de Sollado (220 v)	4.3	19.55
Cable 59	Cocina eléctrica	12	18.23

Pasamos a mostrar las máquinas eléctricas con su respectivo conductor que sale de barras principales. Los resultados se muestran a continuación:

Cable	Máquina eléctrica	Pn [kw]	Zm [Ω]	Rm [Ω]	Xm [Ω]
Cable 7	Compresor de TC N°1	75	0.276	0.05	0.27
Cable 8	Compresor de TC N°2	75	0.276	0.05	0.27
Cable 9	Bomba de Amoniaco N°1	4	5.174	1.01	5.07
Cable 10	Bomba de Amoniaco N°2	4	5.174	1.01	5.07
Cable 11	Forzador N°1 (2)	4.4	4.704	0.92	4.61
Cable 12	Forzador N°2 (2)	4.4	4.704	0.92	4.61
Cable 13	Bomba ref. de agua del MP	4	5.174	1.01	5.07
Cable 14	Bomba lubricación del MP	5.5	3.763	0.74	3.69
Cable 15	Compresor de Aire del MP	11	1.882	0.37	1.84
Cable 16	Purificadora de Combustible	0.75	27.596	5.41	27.04
Cable 17	Separador de Sentina	0.75	27.596	5.41	27.04
Cable 18	Bomba de Achique de Lodos	0.75	27.596	5.41	27.04
Cable 19	Bomba de lub. de caja reduc.	5.5	3.763	0.74	3.69
Cable 20	Bomba de incendio	9.3	2.226	0.44	2.18
Cable 21	Bomba de baldeo	9.3	2.226	0.44	2.18
Cable 22	Bomba de agua dulce	1.1	18.816	3.69	18.44
Cable 23	Bomba de agua salada	1.1	18.816	3.69	18.44
Cable 24	Compresor de Bodega	30	0.690	0.14	0.68
Cable 25	Bomba de Bodega	4	5.174	1.01	5.07
Cable 26	Bomba Timón	5.5	3.763	0.74	3.69
Cable 27	Trituradoras de pescado	1.1	18.816	3.69	18.44
Cable 28	Cintas transportadoras	1.1	18.816	3.69	18.44
Cable 29	Torno	1.1	18.816	3.69	18.44
Cable 30	Agujereadora de Banco	1.1	18.816	3.69	18.44
Cable 31	Generador de agua dulce	7.5	2.760	0.54	2.70
Cable 32	Ventilador de CS Y Timonera	2.2	9.408	1.84	9.22
Cable 33	Extractor de CS Y Timonera	1.1	18.816	3.69	18.44
Cable 34	Lavandería	1.5	10.184	2.00	9.98
Cable 35	Heladera de Gambuza	4	11.983	2.35	11.74
Cable 36	Extractor de sollado	1.1	18.816	3.69	18.44
Cable 37	Ventilador de sollado	4.4	4.704	0.92	4.61
Cable 38	Grúa Puente	11	1.882	0.37	1.84
Cable 39	Ventilador de SP	2.2	9.408	1.84	9.22
Cable 40	Extractor de SP	1.1	18.816	3.69	18.44
Cable 60	B. condensado bodega	4	5.174	1.01	5.07
Cable 61	Bomba Aceite CT N°1	2.2	9.408	1.84	9.22
Cable 62	Bomba Aceite CT N°2	2.2	9.408	1.84	9.22
Cable 63	B. condensado TC N°1	4.4	5.174	1.01	5.07
Cable 64	B. condensado TC N°2	4.4	5.174	1.01	5.07
Cable 65	Forzador Gambuza	1.1	18.816	3.69	18.44
Cable 66	Ventilación SM	1.1	18.816	3.69	18.44
Cable 67	Extracción SM	1.1	18.816	3.69	18.44

## Cables

- El elemento mas importante para aplicaciones navales es el **aislante**. Su misión básica es la de impedir descargas entre otros conductores o de estos a masa, de su composición dependen múltiples factores como la temperatura de trabajo admisible, flexibilidad mecánica, su integridad ante el agua y líquidos orgánicos y su resistencia al fuego.
- En los cables con varios conductores, se añade un **relleno** de PVC o de otro material para restaurar la sección circular antes de pasar a la siguiente capa.
- En los cables armados se incluye una **capa metálica** formada por hilos o cintas metálicas, su misión es doble: actuar como pantalla ante las radiaciones electromagnéticas entrantes o salientes y actuar como elemento resistente ante agresiones exteriores.
- El elemento más exterior es la **cubierta**, cuya misión es proteger a todo el conjunto de las agresiones locales mecánicas, ante líquidos y ante el fuego. Citaremos algunos de los materiales que se utilizan tanto para los aislamientos como para las cubiertas:

#### Aislamientos

- Mezclas elastómeras:
  - . Caucho Butílico.
  - . Goma Etileno Propileno.
  - . Polietileno Reticulado.
- Mezclas Termoplásticas:
  - . PVC de uso General.
  - . PVC resistente al calor.

#### Cubiertas

- . PVC de uso General.
- . PVC resistente al calor.
- . Polietileno clorosulfonado.



### **Ordenanzas y Reglamentaciones**

Hacemos mención a la ordenanza marítima N°3/91 de Prefectura Naval Argentina que establece lo siguiente:

*4.9.5 – La instalación eléctrica estará constituida por elementos y conductores de uso naval. Se dispondrá asimismo de todos los elementos de maniobra y protección correspondientes. Adicionalmente se deberá instalar el instrumental necesario para la correcta verificación de carga/descarga de los grupos de baterías así como la tensión de las mismas.*

La Convención de la Seguridad de la Vida Humana en el Mar (SOLAS), el Registro Naviero Francés (Bureau Veritas) o el Registro Naviero Ingles Lloyd's

Register of Shipping contienen disposiciones internacionales son un poco mas claras y técnicas de las características necesarias de los conductores para el uso naval, citamos el SOLAS en su Regla N°45, sección D, que establece lo siguiente:

*5.2- Todos los cables eléctricos y el cableado exterior del equipo serán al menos de tipo piro retardante y se instalarán de modo que las propiedades que en ese sentido tengan no se atenúen. Cuando sea necesario para determinadas instalaciones, la Administración podrá autorizar el uso de cables de tipo especial, como los de radiofrecuencia, que no cumplan con lo aquí prescrito.*

*5.3- Los cables y el cableado destinado a servicios esenciales o de emergencia de conducción de fuerza, alumbrado, comunicaciones interiores o señales, irán tendidos lo más lejos posible de cocinas, lavanderías, espacios de categoría A para máquinas y guardacalores correspondientes y otros lugares cuyo riesgo de incendio sea elevado. En los buques de pasaje de trasbordo rodado, el cableado de las alarmas de emergencia y de los sistemas megafónicos instalados el 1 de julio de 1998 o posteriormente habrá de ser aprobado por la Administración, habida cuenta de las recomendaciones de la Organización'. Los cables que conecten bombas contra incendios al cuadro de distribución de emergencia serán de tipo piroresistente si pasan por lugares con elevado riesgo de incendio. Siempre que sea posible, todos esos cables irán tendidos de modo que no pueda inutilizarlos el calentamiento de los mamparos ocasionado por un incendio declarado en un espacio adyacente.*

*5.4- Cuando, por estar situados en zonas peligrosas, los cables eléctricos originen riesgos de incendio o de explosión en el supuesto de que se produzca una avería eléctrica en dichas zonas, se tomarán las precauciones especiales que la Administración juzgue satisfactorias.*

*5.5- La instalación de los cables y del cableado y la sujeción dada a los mismos serán tales que eviten el desgaste por fricción y otros deterioros.*

*5.6- Las conexiones extremas y las uniones de todos los conductores se harán de modo que éstos conserven sus propiedades eléctricas, mecánicas, piro retardantes y, cuando sea necesario, piro resistentes.*

Como establecen las normas citadas los conductores no deben propagar el incendio, y deben resistir la exposición a lugares húmedos y corrosivos. Estas características son ampliamente cumplidas por cables subterráneos donde la cubierta y el aislamiento de los mismos es de PVC altamente resistente al calor. **Para el desarrollo de este proyecto se utilizaron datos de catálogo de cables CIMET DUROLITE para baja tensión.** También es común que se utilice la línea ZEROTOX que además de las características exigidas tienen una muy baja emisión de gases tóxicos. Los cables CIMET DUROLITE tienen las siguientes características:

#### **A) Conductores:**

Los cables Durolite están contruídos por conductores de cobre electrolítico de elevada pureza y alta conductividad. Todos están constituídos por alambres extraflexibles clase 5 según norma IRAM 2178.

**B) Aislación:**

Al ser uno de los elementos fundamentales en el funcionamiento de estos productos, los cables DUROLITE llevan un compuesto de PVC especial de elevada calidad, de excelentes características eléctricas y mecánicas. Están diseñados para trabajar con temperaturas en el conductor de 70°C con tensión nominal de 1000 Volts.

**C) Rellenos y Revestimiento:**

Conforme se establece en la norma IRAM 2178 para los cables multipolares los mismos llevan un relleno de material sintético para conformar un núcleo sintético.

**D) Armadura:**

En los cables Durolite se dispone debajo de la cubierta externa una armadura de protección mecánica que está constituída por alambres de acero galvanizado.

**E) Cubierta:**

La cubierta exterior de PVC de excelentes propiedades mecánicas, térmicas dieléctricas, resistentes a las agresiones climáticas y químicas. Es una cubierta especialmente formulada para cumplir con los requisitos de la norma IRAM 2289 de la no propagación de incendios.

En resumen los cables DUROLITE responden estrictamente en diseño, construcción y ensayos con la norma IRAM 2178, IRAM 2268 y además:

- Responde a las normas de diseño y construcción IEC 60502-1 y DIN-VDE 0276.
- Están reconocidos para uso Naval por Sociedades Internacionales de Navegación como la Lloyd's Register of Shipping.
- CIMET cuenta con un sistema de Gestión de Calidad con certificación ISO 9002 ratificando calidad y excelencia.

Volviendo al calculo de las corrientes de cortocircuito calculamos la impedancia de todas las líneas presentes en la instalación eléctrica mediante la ecuación:

$$Z = L \times (R + j Xl)$$

Donde:

- In, corriente nominal del conductor.
- L, longitud del cable en [km].
- R, Xl resistencia y reactancia del conductor respectivamente en [ $\Omega$  / Km].

Los resultados se muestran en la tabla siguiente, la sección de los cables será justificada en el capítulo 2.6, Verificación de Cables.

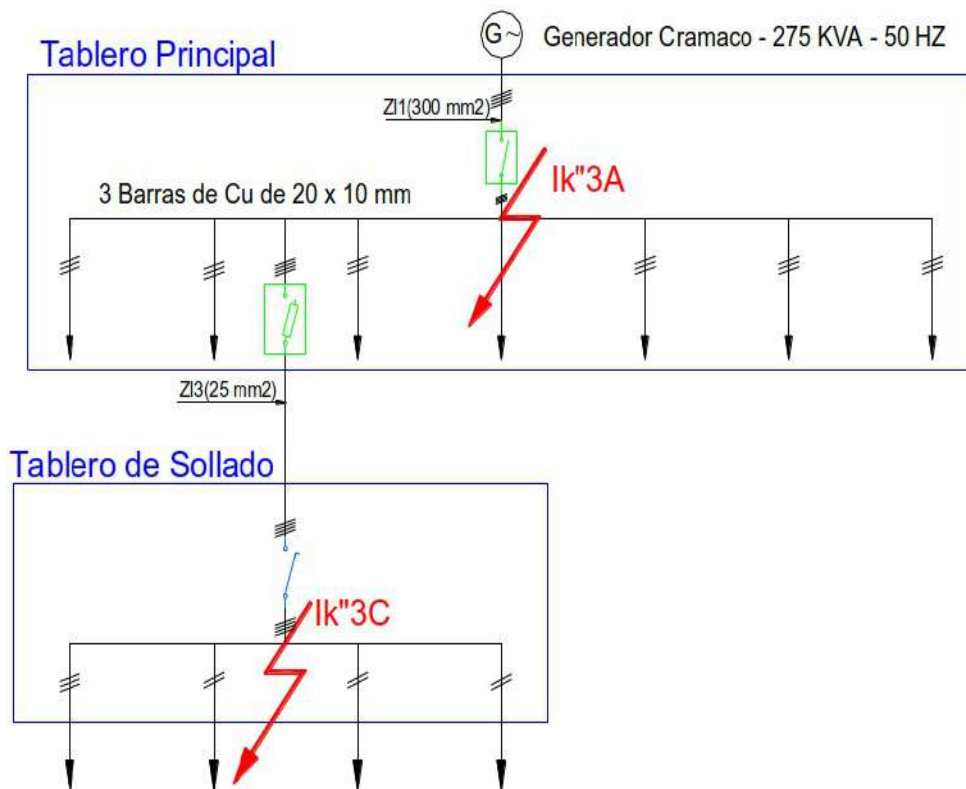


Línea	R [ $\Omega$ /Km]	X [ $\Omega$ /km]	L [ Km ]	R [ $\Omega$ ]	X [ $\Omega$ ]	Zci [ $\Omega$ ]	$\phi$ [°]	S [mm <sup>2</sup> ]
Cable 48	1.81	0.0975	0.01	0.0181	0.00098	0.0181	3.08	10
Cable 49	3.05	0.103	0.03	0.0915	0.00309	0.0916	1.93	6
Cable 50	1.15	0.0915	0.03	0.0345	0.00275	0.0346	4.55	16
Cable 51	1.81	0.0975	0.015	0.02715	0.00146	0.0272	3.08	10
Cable 52	3.05	0.103	0.02	0.061	0.00206	0.0610	1.93	6
Cable 53	3.05	0.103	0.02	0.061	0.00206	0.0610	1.93	6
Cable 54	1.81	0.0975	0.02	0.0362	0.00195	0.0363	3.08	10
Cable 55	3.05	0.103	0.025	0.07625	0.00258	0.0763	1.93	6
Cable 56	3.05	0.103	0.025	0.07625	0.00258	0.0763	1.93	6
Cable 57	3.05	0.103	0.02	0.061	0.00206	0.0610	1.93	6
Cable 58	3.05	0.103	0.02	0.061	0.00206	0.0610	1.93	6
Cable 59	3.05	0.103	0.02	0.061	0.00206	0.0610	1.93	6
Cable 60	3.05	0.103	0.01	0.0305	0.00103	0.030517	1.934	6
Cable 61	1.81	0.0975	0.01	0.0181	0.00098	0.01813	3.08	10
Cable 62	1.81	0.0975	0.01	0.0181	0.00098	0.01813	3.08	10
Cable 63	1.81	0.0975	0.01	0.0181	0.00098	0.01813	3.08	10
Cable 64	1.81	0.0975	0.01	0.0181	0.00098	0.01813	3.08	10
Cable 65	3.05	0.103	0.01	0.0305	0.00103	0.03052	1.934	6
Cable 66	3.05	0.103	0.008	0.0244	0.00082	0.0244	1.93	6
Cable 67	3.05	0.103	0.008	0.0244	0.00082	0.0244	1.93	6
Cable 3 (TS)	0.727	0.088	0.025	0.01818	0.0022	0.01831	6.90	25
Cable 4 (TT)	0.727	0.088	0.025	0.01818	0.0022	0.01831	6.90	25
Cable 5 (TSP)	0.727	0.088	0.02	0.01454	0.00176	0.01465	6.90	25
Cable 6 (TCS)	0.727	0.088	0.028	0.02036	0.00246	0.02050	6.90	25
<b>Cargas Monofásicas</b>								

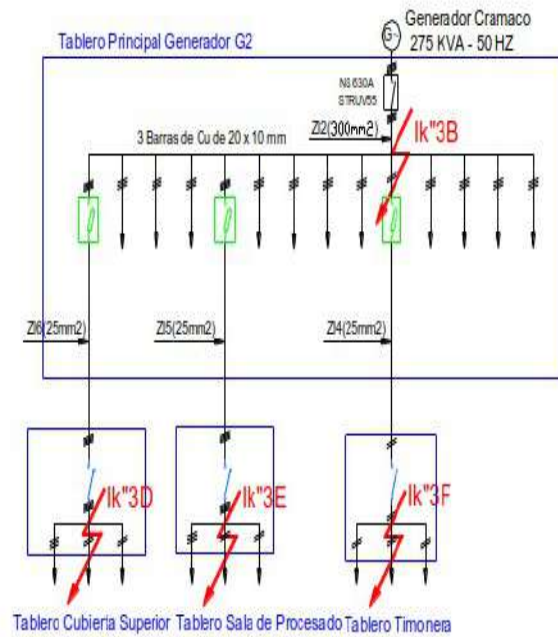
Línea	R [ $\Omega$ /Km]	X [ $\Omega$ /km]	L [ Km ]	R [ $\Omega$ ]	X [ $\Omega$ ]	Zci [ $\Omega$ ]	$\phi$ [°]	S [mm <sup>2</sup> ]
Cable 1	0.0601	0.068	0.007	0.00042	0.00048	0.000635	48.53	300

Cable 2	0.0601	0.068	0.007	0.00042	0.00048	0.000635	48.53	300
Cable 7	0.193	0.0738	0.01	0.00193	0.00074	0.00207	20.93	95
Cable 8	0.193	0.0738	0.01	0.00193	0.00074	0.00207	20.93	95
Cable 9	3.05	0.103	0.01	0.0305	0.00103	0.0305	1.93	6
Cable 10	3.05	0.103	0.01	0.0305	0.00103	0.0305	1.93	6
Cable 11	3.05	0.103	0.01	0.0305	0.00103	0.0305	1.93	6
Cable 12	3.05	0.103	0.01	0.0305	0.00103	0.0305	1.93	6
Cable 13	3.05	0.103	0.01	0.0305	0.00103	0.0305	1.93	6
Cable 14	3.05	0.103	0.01	0.0305	0.00103	0.0305	1.93	6
Cable 15	3.05	0.103	0.007	0.02135	0.00072	0.0214	1.93	6
Cable 16	3.05	0.103	0.007	0.02135	0.00072	0.0214	1.93	6
Cable 17	3.05	0.103	0.008	0.0244	0.00082	0.0244	1.93	6
Cable 18	3.05	0.103	0.008	0.0244	0.00082	0.0244	1.93	6
Cable 19	3.05	0.103	0.008	0.0244	0.00082	0.0244	1.93	6
Cable 20	3.05	0.103	0.01	0.0305	0.00103	0.0305	1.93	6
Cable 21	3.05	0.103	0.01	0.0305	0.00103	0.0305	1.93	6
Cable 22	3.05	0.103	0.008	0.0244	0.00082	0.0244	1.93	6
Cable 23	3.05	0.103	0.008	0.0244	0.00082	0.0244	1.93	6
Cable 24	0.727	0.085	0.01	0.00727	0.00085	0.0073	6.67	25
Cable 25	3.05	0.103	0.01	0.0305	0.00103	0.0305	1.93	6
Cable 26	3.05	0.103	0.029	0.08845	0.00299	0.0885	1.93	6
Cable 27	3.05	0.103	0.033	0.10065	0.0034	0.1007	1.93	6
Cable 28	3.05	0.103	0.033	0.10065	0.0034	0.1007	1.93	6
Cable 29	3.05	0.103	0.022	0.0671	0.00227	0.0671	1.93	6
Cable 30	3.05	0.103	0.022	0.0671	0.00227	0.0671	1.93	6
Cable 31	3.05	0.103	0.035	0.10675	0.00361	0.1068	1.93	6
Cable 32	3.05	0.103	0.029	0.08845	0.00299	0.0885	1.93	6
Cable 33	3.05	0.103	0.029	0.08845	0.00299	0.0885	1.93	6
Cable 34	3.05	0.103	0.029	0.08845	0.00299	0.0885	1.93	6
Cable 35	3.05	0.103	0.034	0.1037	0.0035	0.1038	1.93	6
Cable 36	3.05	0.103	0.028	0.0854	0.00288	0.0854	1.93	6
Cable 37	3.05	0.103	0.029	0.08845	0.00299	0.0885	1.93	6
Cable 38	3.05	0.103	0.02	0.061	0.00206	0.0610	1.93	6
Cable 39	3.05	0.103	0.034	0.1037	0.0035	0.1038	1.93	6
Cable 40	3.05	0.103	0.034	0.1037	0.0035	0.1038	1.93	6
Cable 41	1.15	0.0915	0.015	0.01725	0.00137	0.0173	4.55	16
Cable 42	3.05	0.103	0.01	0.0305	0.00103	0.0305	1.93	6
Cable 43	3.05	0.103	0.03	0.0915	0.00309	0.0916	1.93	6
Cable 44	3.05	0.103	0.03	0.0915	0.00309	0.0916	1.93	6
Cable 45	3.05	0.103	0.03	0.0915	0.00309	0.0916	1.93	6
Cable 46	3.05	0.103	0.03	0.0915	0.00309	0.0916	1.93	6
Cable 47	3.05	0.103	0.01	0.0305	0.00103	0.0305	1.93	6
Cable 48	1.81	0.0975	0.01	0.0181	0.00098	0.0181	3.08	10

## **ESQUEMA UNIFILAR GENERADOR 1**



## ESQUEMA UNIFILAR GENERADOR 2



## CÁLCULO DE LA CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO EN EL PUNTO A

El diagrama equivalente es :



La impedancia equivalente  $Z_{eq}$  es :

$$Z_{eq} = Z_g + Z_{I1} = 0.0078 + j 0.0525 + 0.00042 + j 0.000476 = \\ = 0.00822 + j 0.0529 = 0.0535 [\Omega] <81.16^\circ$$

Siendo:

$Z_g$  = impedancia del generador

$Z_{I1}$  = impedancia del cable 1

Tenemos que la corriente de corto  $I''k3A$  es igual a :

Esta es una corriente de corto muy baja, el 1% de esta corriente es 41 [A] por lo que se cumple la siguiente igualdad:

$$\sum I_N \geq 0.01 >$$

Pasamos entonces a calcular los aportes de los motores asincrónicos a la corriente de cortocircuito tripolar. Los valores de  $Z_{cable}$ ,  $X_{motor}$ ,  $R_{motor}$  y  $Z_{total}$  están en ohms.

Aportes a la corriente de Falla en el pto. A generador G1						
Cable	Máquina eléctrica	Zcable Total	Rmotor	Xmotor	Z total	$I_k''3[kA]$
Cable 7	Compresor de TC N°1	0.0021	0.0541	0.2704	0.2769	0.7923
Cable 8	Compresor de TC N°2	0.0021	0.0541	0.2704	0.2769	0.7923
Cable 9	Bomba de Refrigeración N°1	0.0305	1.0142	5.0708	5.1783	0.0424

Cable 10	Bomba de Refrigeración N°2	0.0305	1.0142	5.0708	5.1783	0.0424
Cable 11	Forzador N°1 (2)	0.0305	0.9220	4.6099	4.7082	0.0466
Cable 12	Forzador N°2 (2)	0.0305	0.9220	4.6099	4.7082	0.0466
Cable 34	Lavandería	0.1068	1.9961	9.9803	10.2044	0.0215
Cable 35	Heladera de Gambuza	0.122	2.35	11.74	12.0056	0.0182
Cable 36	Extractor de sollado	0.0854	3.6879	18.4394	18.8244	0.0117
Cable 37	Ventilador de sollado	0.0885	0.9220	4.6099	4.7222	0.0465
Cable 61	Bomba Aceite CT N°1	0.01812	1.8439	9.2197	9.4068	0.0233
Cable 62	Bomba Aceite CT N°2	0.01812	1.8439	9.2197	9.4068	0.0233
Cable 63	B. condensado TC N°1	0.01812	0.9219	4.6098	4.7056	0.0466
Cable 64	B. condensado TC N°2	0.01812	0.9219	4.6098	4.7056	0.0466
Cable 65	Forzador Gambuza	0.04878	3.68788	18.4394	18.8173	0.0116
					<b>Total <math>I_k^{''3}</math> [kA]</b>	<b>2.01</b>

Como podemos apreciar los motores mas grandes presentan una impedancia pequeña aportando corrientes de cortocircuito de valores significativos.

Por lo tanto el valor total de  $I''k3A = 6.11$  [kA].

### CÁLCULO DE LA CORRIENTE DE IMPULSO $I_sA$

El valor de la corriente de impulso  $I_s$  es:

$$I_s = \kappa \times \sqrt{2} \times I''k3A = 1.55 \times \sqrt{2} \times 6.11 = 13.39 \text{ [kA]}, \text{ donde:}$$

$\kappa$ , coeficiente que se utiliza para el cálculo de la corriente de impulso  $I_s$ , este factor se obtiene a partir de la relación  $R_{eq}/X_{eq}$  (resistencia equivalente, reactancia equivalente) de la red. Los valores obtenidos por tabla fueron:

$$\kappa = 1.55, R/X = 0.155 \rightarrow (R/X)_{eq} = 0.178$$

Los datos fueron obtenidos por apuntes en cátedra de Instalaciones Eléctricas.

### CÁLCULO DE LA CORRIENTE EQUIVALENTE TÉRMICA $I_{km}$

El valor de la corriente equivalente térmica para un tiempo de actuación de 50 [ms] es:

$$I_{km} = I''k3A \times m + n$$

Siendo:

**m**, factor que considera la máxima asimetría que puede asumir la corriente de cortocircuito. Se obtiene por tabla en función del valor  $\kappa$  para un tiempo de 50 ms,  $\rightarrow m = 0.4$

**n**, este factor contempla la atenuación de la componente simétrica desde la corriente subtransitoria a la permanente. Este valor varia de 0 a 1, como estamos en bornes del generador el cortocircuito es cercano y se debe calcular este coeficiente en función del cociente  $I_k^{''3}/I_k$  donde:

$I_k$ , es la corriente de cortocircuito permanente ésta se calcula en función de la siguiente ecuación:

$$I_k = \lambda \times I_n \text{ ( corriente nominal del generador).}$$

$\lambda$ , este factor representa la relación entre las corrientes de corto permanente y corriente nominal del generador. Este se calcula a través de la reactancia de cortocircuito permanente  $X_d$  de la maquina síncrona y de la relación  $I_k''/3A / I_n$

$$X_d = 150 \% = 1.5 \text{ p/u}$$

$$I_k''/3A / I_n = 6.11 \text{ [kA]} / 417.81 \text{ [A]} = 14.62$$

Instalaciones Eléctricas, Albert F. Spitta. Capítulo 1.3.2. Impedancia de los medios de Servicio.

Para estos valores  $\lambda$  resulta  $\Rightarrow \lambda = 2.1$

$$I_k = \lambda \times I_n = 2.1 \times 417.81 = 877.401 \text{ [A].}$$

Luego vamos a calcular el coeficiente n, que resulta:

$$n = 0.7$$

$$I_{kmA} = 6.11 \text{ [kA]} \times 0.4 + 0.7 = 6.408 \text{ [kA]}$$

El valor de la corriente equivalente térmica para un tiempo de actuación de 10 [ms] es:

$$I_{km} = I''/k3A \times m + n$$

Siendo:

$$m = 1.1$$

$$I_k = \lambda \times I_n \text{ ( corriente nominal del generador).}$$

$$X_d = 150 \% = 1.5 \text{ p/u}$$

$$I_k''/3A / I_n = 6.11 \text{ [kA]} / 417.81 \text{ [A]} = 14.62$$

Para estos valores  $\lambda$  resulta  $\Rightarrow \lambda = 2.1$

$$I_k = \lambda \times I_n = 2.1 \times 417.81 = 877.401 \text{ [A].}$$

Luego vamos a calcular el coeficiente n, que resulta:

$$n = 0.95$$

$$I_{kmA} = 6.11 \text{ [kA]} \times 0.95 + 1.1 = 8.74 \text{ [kA]}$$

### **CÁLCULO DE LA CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO EN EL PUNTO C**

El diagrama equivalente es :



La impedancia equivalente  $Z_{eq}$  es :

$$Z_{eq} = Z_g + Z_{I1} + Z_{I3} = 0.0078 + j0.0525 + 0.00042 + j0.000476 + 0.018 + j0.0022 = 0.0262 + j 0.0551 = 0.061 [\Omega] < 64.56^\circ$$

Siendo:

$Z_g$  = impedancia del generador.

$Z_{I1}$  = impedancia del cable 1.

$Z_{I3}$  = impedancia del cable 3. Tenemos que la corriente de corto  $I''_{k3C}$  es igual a :

$$\text{En este caso se cumple que, } \sum I_N \geq 0.01 \times I''_{k3C}$$

Los aportes a la corriente de falla son:

Aportes a la corriente de Falla en el pto. C generador G1						
Cable	Máquina eléctrica	Zcable Total	Rmotor	Xmotor	Z total	$I''_{k3}$ [kA]
Cable 7	Compresor de TC N°1	0.0203	0.0541	0.2704	0.2833	0.7744
Cable 8	Compresor de TC N°2	0.0203	0.0541	0.2704	0.2833	0.7744
Cable 9	Bomba de Refrigeración N°1	0.0364	1.0142	5.0708	5.1816	0.0423
Cable 10	Bomba de Refrigeración N°2	0.0364	1.0142	5.0708	5.1816	0.0423
Cable 11	Forzador N°1 (2)	0.0364	0.9220	4.6099	4.7115	0.0465
Cable 12	Forzador N°2 (2)	0.0364	0.9220	4.6099	4.7115	0.0465
Cable 34	Lavandería	0.0708	1.9961	9.9803	10.1969	0.021
Cable 35	Heladera de Gambuza	0.1037	2.3486	11.7430	11.9998	0.0182
Cable 36	Extractor de sollado	0.0690	3.6879	18.4394	18.8231	0.0116
Cable 37	Ventilador de sollado	0.0708	0.9220	4.6099	4.7204	0.0464

Aportes a la corriente de Falla en el pto. C generador G1						
Cable	Máquina eléctrica	Zcable Total	Rmotor	Xmotor	Z total	$I''_{k3}$ [kA]



Cable 61	Bomba Aceite CT N°1	0.03641	1.84394	9.21972	9.41260	0.02331
Cable 62	Bomba Aceite CT N°2	0.03641	1.84394	9.21972	9.41260	0.02331
Cable 63	B. condensado TC N°1	0.03641	0.92197	4.60986	4.71151	0.04657
Cable 64	B. condensado TC N°2	0.03641	0.92197	4.60986	4.71151	0.04657
Cable 65	Forzador Gambuza	0.03052	3.68789	18.43944	18.81163	0.01166
<b>Total <math>I_k^{3C}</math> [kA]</b>						<b>1.97</b>

La corriente de cortocircuito total en el punto C es,  $I_k^{3C} = 5.56$  [kA].

### **CÁLCULO DE LA CORRIENTE EQUIVALENTE TÉRMICA $I_{kmC}$**

El valor de la corriente equivalente térmica es:

$$I_{km} = I_k^{3C} \times m + n$$

Siendo:

**m**, factor que considera la máxima asimetría que puede asumir la corriente de cortocircuito. Se obtiene por tabla en función del valor  $\kappa$  para un tiempo de 10 ms.

**n**, este factor contempla la atenuación de la componente simétrica desde la corriente subtransitoria a la permanente. Este valor es calculado ya que estamos en bornes del generador.

$$r/x = 0.475 \rightarrow (r/x)_{eq} = 0.546, \kappa = 1.2 \rightarrow m = 0.6$$

$$I_k = \lambda \times I_n \text{ (corriente nominal del generador).}$$

$\lambda$ , este factor representa la relación entre las corrientes de corto permanente y corriente nominal del generador. Este se calcula a través de la reactancia de cortocircuito permanente  $X_d$  de la máquina síncrona y de la relación  $I_k^{3C} / I_n$

$$X_d = 150 \% = 1.5 \text{ p/u}$$

$$I_k^{3C} / I_n = 5.56 \text{ [kA]} / 417.81 \text{ [A]} = 13.3$$

$$\text{Para estos valores } \lambda \text{ resulta } \Rightarrow \lambda = 2.1$$

$$I_k = \lambda \times I_n = 2.1 \times 417.81 = 877.401 \text{ [A].}$$

Luego vamos a calcular el coeficiente n, que resulta:

$$n = 0.95$$

$$I_{kmC} = 5.56 \text{ [kA]} \times 0.6 + 0.95 = 6.92 \text{ [kA]}$$

### **CÁLCULO DE LA CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO EN EL PUNTO B**



Como podemos apreciar el diagrama equivalente es igual al anterior ya que los generadores son de igual potencia, también el calibre de los conductores eléctricos por lo tanto el valor de la corriente de cortocircuito A difiere de la corriente de corto B debido a los distintos aportes que estas tienen, estos son:

Aportes Simultáneos para la corriente de Falla en el pto. B generador G2						
Cable	Máquina eléctrica	Zcable Total	Rmotor	Xmotor	Z total	Ik''3 [kA]
Cable 13	Bomba ref. de agua del MP	0.0305	1.01	5.07	5.17835	0.0424
Cable 14	Bomba lubricación del MP	0.0305	0.74	3.69	3.76803	0.0582
Cable 16	Purificadora de Combustible	0.0214	5.41	27.04	27.585	0.0080
Cable 17	Separador de Sentina	0.0244	5.41	27.04	27.5857	0.0080
Cable 19	Bomba de lub. de caja reduc.	0.0244	0.74	3.69	3.76915	0.0582
Cable 22	Bomba de agua dulce	0.0244	3.69	18.44	18.8102	0.0117
Cable 23	Bomba de agua salada	0.0244	3.69	18.44	18.8102	0.0117
Cable 24	Compresor de Bodega	0.0073	0.14	0.68	0.6918	0.3171
Cable 25	Bomba de Bodega	0.0305	1.01	5.07	5.17835	0.0424
Cable 26	Bomba Timón	0.0885	0.74	3.69	3.78477	0.0580
Cable 27	Trituradoras de pescado	0.1153	3.69	18.44	18.8326	0.0116
Cable 28	cintas transportadoras	0.1153	3.69	18.44	18.8326	0.0116
Cable 29	Torno	0.0671	3.69	18.44	18.8201	0.0117
Cable 30	Agujereadora de Banco	0.0671	3.69	18.44	18.8201	0.0117
Cable 31	Generador de agua dulce	0.1214	0.540	2.704	2.789	0.078
Cable 32	Ventilador de CS Y Timonera	0.1527	1.84	9.22	9.4389	0.0232
Cable 33	Extractor de CS Y Timonera	0.1527	3.69	18.44	18.8406	0.0116
Cable 60	Bomba Condensado Bodega	0.0305	1.01	5.07	5.17835	0.0424
Cable 66	Extractor SM	0.0244	3.69	18.44	18.8102	0.0117
Cable 67	Ventilación SM	0.0244	3.69	18.44	18.8102	0.0117
<b>Total Ik''3 [kA]</b>						<b>0.841</b>

Por lo tanto el valor total de  $I_k''3B = 4.94$  [kA].

### CÁLCULO DE LA CORRIENTE DE IMPULSO $I_sB$

El valor de la corriente de impulso  $I_s$  es:

$$I_s = \kappa \times \sqrt{2} \times I''k3B = 15.31 \text{ [kA]}, \text{ donde:}$$

$$\kappa = 1.55, R/X = 0.155 \rightarrow (R/X)_{eq} = 0.178$$

### **CÁLCULO DE LA CORRIENTE EQUIVALENTE TÉRMICA $I_{kmB}$**

El valor de la corriente equivalente térmica es para un tiempo de desconexión de 50 ms:

$$I_{km} = I'' k^{3B} \times m + n$$

Siendo:

$$m = 0.4$$

$I_k = \lambda \times I_n$  (corriente nominal del generador).

$\lambda$ , este factor representa la relación entre las corrientes de corto permanente y corriente nominal del generador. Este se calcula a través de la reactancia de cortocircuito permanente  $X_d$  de la máquina síncrona y de la relación  $I_k^{3B} / I_n$

$$X_d = 150 \% = 1.5 \text{ p/u}$$

$$I_k^{3B} / I_n = 4.94 \text{ [kA]} / 417.81 \text{ [A]} = 11.82$$

Para estos valores  $\lambda$  resulta  $\Rightarrow \lambda = 2.1$

$$I_k = \lambda \times I_n = 2.1 \times 417.81 = 877.401 \text{ [A]}.$$

Luego vamos a calcular el coeficiente n, que resulta:

$$n = 0.75$$

$$I_{kmB} = 4.94 \text{ [kA]} \times 0.4 + 0.75 = 5.29 \text{ [kA]}$$

El valor de la corriente equivalente térmica (para un tiempo de desconexión de 10 ms) es :

$$I_{km} = I'' k^{3B} \times m + n$$

Siendo:

$$m = 1.1$$

$I_k = \lambda \times I_n$  (corriente nominal del generador).

$\lambda$ , este factor representa la relación entre las corrientes de corto permanente y corriente nominal del generador. Este se calcula a través de la reactancia de cortocircuito permanente  $X_d$  de la máquina síncrona y de la relación  $I_k^{3B} / I_n$

$$X_d = 150 \% = 1.5 \text{ p/u}$$

$$I_k^{3B} / I_n = 4.94 \text{ [kA]} / 417.81 \text{ [A]} = 11.82$$

Para estos valores  $\lambda$  resulta  $\Rightarrow \lambda = 2.1$

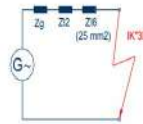
$$I_k = \lambda \times I_n = 2.1 \times 417.81 = 877.401 \text{ [A]}.$$

Luego vamos a calcular el coeficiente n, que resulta:

$$n = 0.95$$

$$I_{kmB} = 4.94 \text{ [kA]} \times 1.1 + 0.95 = 7.07 \text{ [kA]}$$

## CÁLCULO DE LA CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO EN EL PUNTO D



La impedancia equivalente  $Z_{eq}$  es :

$$Z_{eq} = Z_g + Z_{I2} + Z_{I6} = 0.0078 + j0.0525 + 0.00042 + j0.000476 + 0.01818 + j0.0022 = 0.0264 + j0.0551 = 0.061 [\Omega] < 64.39^\circ$$

Siendo:

$Z_g$  = impedancia del generador.

$Z_{I1}$  = impedancia del cable 1.

$Z_{I6}$  = impedancia del cable 6.

Tenemos que la corriente de corto  $I''_{k3D}$  es igual a :

En este caso se cumple que:

$$\sum I_N \geq 0.01 \times I''_{k3}$$

Los aportes a la corriente de falla son:

Aportes para la corriente de Falla en el pto. D generador G2						
Cable	Máquina eléctrica	Zcable Total	Rmotor	Xmotor	Z total	$I_k''3$ [kA]
Cable 13	Bomba ref. de agua del MP	0.0510	1.014	5.071	5.185	0.0423
Cable 14	Bomba lubricación del MP	0.0510	0.738	3.688	3.775	0.0581
Cable 16	Purificadora de Combustible	0.0418	5.409	27.045	27.591	0.0080
Cable 17	Separador de Sentina	0.0449	5.409	27.045	27.592	0.0080
Cable 19	Bomba de lub. de CR.	0.0449	0.740	3.690	3.776	0.0581
Cable 22	Bomba de agua dulce	0.0449	3.688	18.439	18.817	0.0117

Cable 23	Bomba de agua salada	0.0449	3.688	18.439	18.817	0.0117
Cable 24	Compresor de Bodega	0.0278	0.135	0.676	0.699	0.3140
Cable 25	Bomba de Bodega	0.0510	1.014	5.071	5.185	0.0423
Cable 26	Bomba Timón	0.1089	0.740	3.690	3.792	0.0579
Cable 27	Trituradoras de pescado	0.1358	3.688	18.439	18.839	0.0116
Cable 28	Cintas transportadoras	0.1358	3.688	18.439	18.839	0.0116
Cable 29	Torno	0.0876	3.688	18.439	18.827	0.0117
Cable 30	Agujereadora de Banco	0.0876	3.688	18.439	18.827	0.0117
Cable 31	Generador de agua dulce	0.1419	0.541	2.704	2.797	0.0784
Cable 32	Ventilador de CS y Timonera	0.1323	1.844	9.220	9.432	0.0233
Cable 33	Extractor de CS y Timonera	0.1323	3.688	18.439	18.834	0.0116
Cable 60	B. Condensado Bodega	0.0510	1.014	5.071	5.185	0.0423
Cable 66	Extractor SM	0.0449	3.688	18.439	18.817	0.01166
Cable 67	Ventilación SM	0.0449	3.688	18.439	18.817	0.01166
<b>Total <math>I_k^3</math> [kA]</b>					<b>0.8375</b>	

La corriente de cortocircuito total en el punto D es,  $I''k3D = 4.42$  [kA].

### **CÁLCULO DE LA CORRIENTE EQUIVALENTE TÉRMICA $I_{kmD}$**

El valor de la corriente equivalente térmica para un tiempo de actuación de 10 ms es:

$$I_{km} = I''k3D \times m + n$$

$$r/x = 0.479 \rightarrow (r/x)_{eq} = 0.55, \kappa = 1.2 \rightarrow m = 0.6$$

$I_k = \lambda \times I_n$  (corriente nominal del generador).

$\lambda$ , este factor representa la relación entre las corrientes de corto permanente y corriente nominal del generador. Este se calcula a través de la reactancia de cortocircuito permanente  $X_d$  de la maquina síncrona y de la relación  $I_k^3D / I_n$

$$X_d = 150 \% = 1.5 \text{ p/u}$$

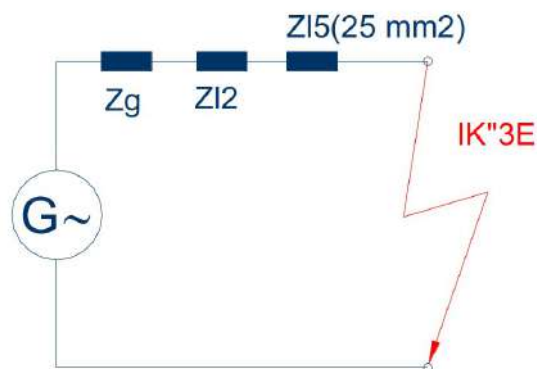
$$I_k^3D / I_n = 4.42 \text{ [kA]} / 417.81 \text{ [A]} = 10.57$$

Para estos valores  $\lambda$  resulta  $\Rightarrow \lambda = 2$

$$I_k = \lambda \times I_n = 2 \times 417.81 = 835.62 \text{ [A]}.$$

$$n = 0.95, I_{kmD} = 4.42 \text{ [kA]} \times 0.6 + 0.95 = 5.502 \text{ [kA]}$$

### **CÁLCULO DE LA CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO EN EL PUNTO E**



La impedancia equivalente  $Z_{eq}$  es :

$$Z_{eq} = Z_g + Z_{I2} + Z_{I5} = 0.0078 + j0.0525 + 0.00042 + j0.000476 + 0.014 + j0.0017 = 0.022 + j0.0546 = 0.0588 \text{ } [\Omega] < 68.05^\circ$$

Siendo:

$Z_g$  = impedancia del generador.

$Z_{I1}$  = impedancia del cable 1.

$Z_{I5}$  = impedancia del cable 5.

Tenemos que la corriente de corto  $I''_{k3A}$  es igual a :

En este caso se cumple que:

$$\sum I_N \geq 0.01 \times I''_{k3}$$

Los aportes a la corriente de falla son:

Aportes para la corriente de Falla en el pto. E generador G2						
Cable	Máquina eléctrica	Zcable Total	Rmotor	Xmotor	Z total	$I''_{k3}$ [kA]
Cable 13	Bomba ref. de agua del MP	0.0451	1.0142	5.0708	5.1830	0.04233
Cable 14	Bomba lubricación del MP	0.0451	0.7376	3.6879	3.7727	0.05815
Cable 16	Purificadora de Combustible	0.0360	5.4089	27.0445	27.5896	0.00795
Cable 17	Separador de Sentina	0.0390	5.4089	27.0445	27.5903	0.00795
Cable 19	Bomba de lub. de caja reduc.	0.0390	0.7400	3.6900	3.7738	0.05814

Cable 22	Bomba de agua dulce	0.0390	3.6879	18.4394	18.8148	0.01166
Cable 23	Bomba de agua salada	0.0390	3.6879	18.4394	18.8148	0.01166
Cable 24	Compresor de Bodega	0.0220	0.1352	0.6761	0.6967	0.31492
Cable 25	Bomba de Bodega	0.0451	1.0142	5.0708	5.1830	0.04233
Cable 26	Bomba Timón	0.1031	0.7400	3.6900	3.7897	0.05789
Cable 27	Trituradoras de pescado	0.1299	3.6879	18.4394	18.8373	0.01165
Cable 28	Cintas transportadoras	0.1299	3.6879	18.4394	18.8373	0.01165
Cable 29	Torno	0.0817	3.6879	18.4394	18.8247	0.01165
Cable 30	Agujereadora de Banco	0.0817	3.6879	18.4394	18.8247	0.01165
Cable 31	Generador de agua dulce	0.1360	0.5409	2.7045	2.7947	0.07850
Cable 32	Ventilador de CS Y Timonera	0.1673	1.8439	9.2197	9.4437	0.02323
Cable 33	Extractor de CS Y Timonera	0.1673	3.6879	18.4394	18.8453	0.01164
Cable 60	Bomba Condensado Bodega	0.0451	1.0142	5.0708	5.1830	0.04233
Cable 66	Extractor SM	0.0390	3.6879	18.4394	18.8148	0.01166
Cable 67	Ventilación SM	0.0390	3.6879	18.4394	18.8148	0.01166
<b>Total <math>I_k^{3E}</math> [kA]</b>					<b>0.8386</b>	

La corriente de falla total en el punto E es:  $I_k^{3E} = 4.62$  [kA]

### CÁLCULO DE LA CORRIENTE EQUIVALENTE TÉRMICA $I_{kmE}$

El valor de la corriente equivalente térmica para un tiempo de actuación de 10 ms es:

$$I_{km} = I_k^{3E} \times m + n$$

$$r/x = 0.407 \rightarrow (r/x)_{eq} = 0.468, \kappa = 1.25 \rightarrow m = 0.7$$

$I_k = \lambda \times I_n$  (corriente nominal del generador).

$\lambda$ , este factor representa la relación entre las corrientes de corto permanente y corriente nominal del generador. Este se calcula a través de la reactancia de cortocircuito permanente  $X_d$  de la maquina síncrona y de la relación  $I_k^{3E} / I_n$

$$X_d = 150 \% = 1.5 \text{ p/u}$$

$$I_k^{3E} / I_n = 4.62 \text{ [kA]} / 417.81 \text{ [A]} = 11.05$$

Para estos valores  $\lambda$  resulta  $\Rightarrow \lambda = 2$

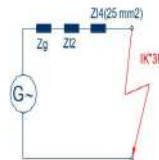
$$I_k = \lambda \times I_n = 2 \times 417.81 = 835.62 \text{ [A]}.$$

Luego vamos a calcular el coeficiente n, que resulta:

$$n = 0.95$$

$$I_{kmE} = 4.62 \text{ [kA]} \times 0.7 + 0.95 = 5.93 \text{ [kA]}$$

### CÁLCULO DE LA CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO EN EL PUNTO F



La impedancia equivalente  $Z_{eq}$  es :

$$Z_{eq} = Z_g + Z_{l2} + Z_{l4} = 0.0078 + j0.0525 + 0.00042 + j0.000476 + 0.018 + j0.0022 = 0.0262 + j0.0551 = 0.061 \text{ } [\Omega] < 64.56^\circ$$

Siendo:

$Z_g$  = impedancia del generador.

$Z_{l1}$  = impedancia del cable 1.

$Z_{l4}$  = impedancia del cable 4.

Tenemos que la corriente de corto  $I''_{k3F}$  es igual a :

En este caso se cumple que:

$$\sum I_N \geq 0.01 \times I''_{k3}$$

Los aportes a esta corriente son de [kA], por lo que la corriente total asciende a  $I''_{k3F} = 4.38 \text{ [kA]}$ .

Aportes para la corriente de Falla en el pto. F generador G2						
Cable	Máquina eléctrica	Zcable Total	Rmotor	Xmotor	Z total	$I_k''^3 \text{ [kA]}$
Cable 13	Bomba ref. de agua del MP	0.0488	1.014	5.071	5.184	0.042
Cable 14	Bomba lubricación del MP	0.0488	0.738	3.688	3.774	0.058
Cable 16	Purificadora de Combustible	0.0396	5.409	27.045	27.591	0.008
Cable 17	Separador de Sentina	0.0427	5.409	27.045	27.591	0.008
Cable 19	Bomba de lub. de caja reduc.	0.0427	0.7400	3.6900	3.7750	0.058
Cable 22	Bomba de agua dulce	0.0427	3.688	18.439	18.816	0.012
Cable 23	Bomba de agua salada	0.0427	3.688	18.439	18.816	0.012



Cable 24	Compresor de Bodega	0.0256	0.135	0.676	0.698	0.314
Cable 25	Bomba de Bodega	0.0488	1.014	5.071	5.184	0.042
Cable 26	Bomba Timón	0.1068	0.7400	3.6900	3.7909	0.058
Cable 27	Trituradoras de pescado	0.1336	3.688	18.439	18.838	0.012
Cable 28	Cintas transportadoras	0.1336	3.688	18.439	18.838	0.012
Cable 29	Torno	0.0854	3.688	18.439	18.826	0.012
Cable 30	Agujereadora de Banco	0.0854	3.688	18.439	18.826	0.012
Cable 31	Generador de agua dulce	0.1397	0.541	2.704	2.796	0.078
Cable 32	Ventilador de CS Y Timonera	0.1710	1.844	9.220	9.445	0.023
Cable 33	Extractor de CS Y Timonera	0.1710	3.688	18.439	18.846	0.012
Cable 60	Bomba Condensado Bodega	0.04878	1.01416	5.0708	5.1842	0.042
Cable 66	Ventilación SM	0.0427	3.688	18.439	18.816	0.012
Cable 67	Extractor SM	0.0427	3.688	18.439	18.816	0.012
<b>Total <math>I_k^{3F}</math> [kA]</b>						<b>0.7956</b>

### **CÁLCULO DE LA CORRIENTE EQUIVALENTE TÉRMICA $I_{kmF}$**

El valor de la corriente equivalente térmica para 10 [ms] es:

$$I_{km} = I_k^{3F} \times m + n$$

$$r / x = 0.475 \rightarrow (r/x)_{eq} = 0.546, \kappa = 1.25 \rightarrow m = 0.5$$

$I_k = \lambda \times I_n$  (corriente nominal del generador).

$$X_d = 150 \% = 1.5 p/u$$

$$I_k^{3F} / I_n = 4.38 [kA] / 417.81 [A] = 10.48$$

Para estos valores  $\lambda$  resulta  $\Rightarrow \lambda = 2.1$

$I_k = \lambda \times I_n = 2.1 \times 417.81 = 877.401 [A]$ , luego vamos a calcular el coeficiente n, que resulta:

$$n = 0.95 \Rightarrow I_{kmF} = 4.38 [kA] \times 0.5 + 0.95 = 5.27 [kA]$$

## **2.5 - CALCULO DE BARRAS PRINCIPALES**

### **Ordenanzas y Reglamentaciones**

Nos remitimos al Régimen Técnico del Buque de Prefectura Naval:

*Agregado N°1 a la ordenanza marítima N°1/981.*

*Normas Relativas a la fuente de energía eléctrica principal y al tablero eléctrico principal de los buques y artefactos navales. Punto 6.2. Barras Principales-*

*6.2.1. Barras principales. El tablero poseerá barras principales compuestas por planchuelas de cobre y dispuestas convenientemente (horizontal o verticalmente), y constituidas por una o mas planchuela en paralelo por fase o por polo. Las barras se unirán mecánicamente, incluso cuando la continuidad eléctrica este asegurada por soldaduras.*

*6.2.2. Las barras, sus piezas de unión y sus soportes se estudiaran de tal manera que puedan resistir sin deformaciones anormales los esfuerzos electrodinámicos que puedan resultar de los cortocircuitos.*

*6.2.3. Las barras principales y secundarias estarán dimensionadas de tal manera que la sobre elevación de la temperatura no sobrepase 45° C para un funcionamiento continuo con carga nominal.*

*6.2.4. La sección transversal de la barra del neutro de un sistema trifásico de cuatro conductores y de la barra de equilibrio de un sistema de corriente continua será como mínimo del 50 % de la sección de las barras de fase o polo respectivamente.*

*6.2.5. La distancia en el aire, considera superficies planas sin aristas será:*

- *Entre piezas bajo tensión: 19 mm.*
- *Entre piezas bajo tensión y masa: 16 mm.*

*6.2.6. Las barras principales se pintaran de acuerdo a las siguientes prescripciones:*

- *Corriente continua, Positivo: rojo.*  
*Negativo: azul.*  
*Barra de Equilibrio: blanco.*
- *Corriente trifásica, Fase R: amarillo.*  
*Fase S: verde.*  
*Fase T: lila.*  
*Neutro : azul claro.*

## **DIMENSIONADO POR CORRIENTE NOMINAL**





Dada la disposición que adoptan las barras en la alimentación de cargas, se determina que:  $I_{nom \text{ barras}} = (I_{nom \text{ generador}}/2)$  y además  $I_s \text{ barras} = I_s \text{ generador}$ .

Sabemos que la  $I_{nom}$  de cada generador es de 417.81 [A]. La distribución será de una pletina de Cu por fase pintadas ya que no tenemos una gran corriente que justifique usar dos pletinas por fase.

Se analizarán los esfuerzos en dos disposiciones:

A) Posición 1

B) Posición 2



La corriente admisible corregida será el producto de la corriente admisible de la barra multiplicado por los cinco factores de corrección.

$$I_{adm \text{ corregida}} = I_{adm} * k1 * k2 * k3 * k4 * k5.$$

- **k1**: factor de corrección para variaciones de carga en relación con la conductividad.
- **k2**: factor de corrección para otras temperaturas del aire y /o del embarrado.
- **k3**: factor de corrección para variaciones de carga térmica debido a diferencias de la disposición del embarrado.
- **k4**: factor de corrección de carga eléctrica (en c.a) debido a diferente disposición del embarrado.
- **k5**: factor de corrección debido al emplazamiento geográfico.

Los factores utilizados a continuación fueron extraídos del Manual de las Instalaciones de Distribución Eléctricas Brown Boveri. Capítulo 5.4.2, Embarrados para Instalaciones Eléctricas.

- Para este caso, la conductividad del cobre adoptada es de  $56 \text{ m}/\Omega\text{mm}^2$ , por lo tanto  $k1$  será igual a 1.

- La temperatura del embarrado es de 70°C y la ambiente 40°C, por lo tanto  $k_2 = 0.95$ .
- $K_3$  toma en cuenta la reducción de la carga térmica por disposición horizontal del ancho de la barra o por tendido vertical de barras de más de dos metros de longitud. Para la **posición 1** el factor  $k_3$  es 0,85, y para la **disposición 2** este factor es uno ya que no lo afecta en esa posición.
- El factor  $K_4$  no afecta la capacidad de carga nominal de las barras ya que tengo una pletina por fase y además no tenemos un tramo de barras de 2 mts. sin derivación.
- El factor  $k_5$  en nuestro caso es 1, debido a que nos encontramos a nivel del mar.

### Posición 1

Para la posición 1 se adoptaron barras de 20x10 mm, cuya corriente admisible es 497 [A] y corregida es:

$$I_{\text{adm corregida}} = I_{\text{adm}} * k_1 * k_2 * k_3 * k_4 * k_5 = 497 * 1 * 0.95 * 0.85 * 1 * 1 = 401.32[\text{A}].$$

En este caso  $I_{\text{adm corregida}} < I_{\text{nominal}}$  del generador por lo tanto **no verifica**. Podríamos pasar a una barra de **40 x 10 mm**, donde la corriente nominal es de 850 [A] para que la elección sea correcta debemos corregir su corriente nominal con los factores conocidos, es decir tenemos que analizar como varía el factor  $k_3$  con la nueva sección,  $k_1, k_2, k_4$  y  $k_5$  no se modifican ya que no dependen de valores geométricos. Luego notamos según la tabla 5.23 de la página 193 del manual Brown Boveri que,  $k_3=0.85$ , es decir mantiene su valor para barras cuyo ancho se encuentran entre los 50 y 200 mm. Entonces:

$$I_{\text{adm corregida}} = I_{\text{adm}} * k_1 * k_2 * k_3 * k_4 * k_5 = 850 * 1 * 0.95 * 0.85 * 0.625 * 1 = 428.98[\text{A}].$$

Por lo tanto la barra de **40x10mm verifica**.

### Posición 2



También para la posición 2 se adoptaron barras de 20x10mm, cuya corriente admisible es 497 [A] y corregida es:

$$I_{\text{adm corregida}} = I_{\text{adm}} * k_1 * k_2 * k_3 * k_4 * k_5 = 497 * 1 * 0.95 * 1 * 1 * 1 = 472.15 [\text{A}].$$

Tenemos que  $I_{\text{adm corregida}} > I_{\text{nominal}}$  del generador por lo tanto verifica.

En conclusión las barras podrían ser:

Disposición N°1, 40 x 10 mm,  $I_n = 850$  [A]  
 Disposición N°2, 20 x 10 mm,  $I_n = 497$  [A]

Para este proyecto por comodidad en el tendido y conexión de los distintos consumidores adoptamos barras de 20x10 mm en la posición 2 donde el ancho de las barras esta en posición vertical. Podemos observar como en la disposición N°1 tenemos que disminuye la capacidad de carga debido a la dificultad de disipación que tienen las barras.

### VERIFICACIÓN POR ESFUERZOS ELECTRODINAMICOS

Analizaremos los esfuerzos que se producen en ambas posiciones.



Como tenemos una barra por fase no se adoptarán separadores en el embarrado. Por lo tanto tomaremos las siguientes distancias:

- Distancia entre aisladores  $L = 600$  [mm].
- Para ambas disposiciones la distancia entre fases es de  $a = 50$  [mm].
- La corriente de impulso en la barra principal es  $I_s = 13.39$  KA.
- 0.93 es un factor que corresponde a un cortocircuito trifásico.

La Fuerza entre fases es:

$$F_H = 0,2 \times I_s^2 \times \frac{L}{a} \times 0,93 = 0,2 \times 13,39 kA^2 \times \frac{600 mm}{50 mm} \times 0,93 = 431,24 Nw.$$

Ahora pasamos a calcular las tensiones producidas por las fuerzas a la que está sometida. Así podremos ver si la barra admite dicha carga verificando de esta manera a los esfuerzos electrodinámicos.

#### **Posición 2**



La tensión  $\sigma_H$  en la fibra más alejada provocada por  $F_H$  será:

$$\sigma_H = v_o \times \beta \times \frac{F_H \times L}{8 \times W} = 0,73 \times \frac{431,24 \times 60 cm}{8 \times 0,566 cm^3} = 5714,37 \frac{Nw}{cm^2}$$

En este caso  $W = 0.566$  cm<sup>3</sup>, es el momento de resistencia de una barra cuyo ancho de la misma esta en sentido horizontal.

$v_{\sigma} = 1$  por tratarse de corriente alterna.

$\beta = 0,73$  (caso más desfavorable en los extremos de la barra)

La tensión resultante en la fibra mas comprometida será la suma algebraica de las tensiones  $\sigma_t$  y  $\sigma_H$ , pero como en nuestro caso no tenemos esfuerzos entre pletinas tenemos que:

$$\sigma_{res} = \sigma_H = 5714.37 \text{ Nw/cm}^2$$

Considerando que el  $\sigma_{0,2}$  (mínimo) es de 20000 Nw/cm<sup>2</sup> y que el  $\sigma'_{0,2}$  (máximo) es de 29000 Nw/cm<sup>2</sup>, notamos que cumple con la condición de que  $1,5 * \sigma_{0,2} \geq \sigma_{res}$ . **Por lo tanto la barra de 40 x 10 mm verifica** ampliamente debido a la robustez de la barra y a las bajas corrientes de corto.

El esfuerzo en los aisladores esta dado por:

$$F_S = v_F * \alpha * F_H = 4.05 * 1.1 * 431.24 \text{ Nw} = 1921.17 \text{ Nw}, \text{ donde:}$$

$$v_F = (0.8 * \sigma'_{0,2}) / \sigma_{res} = 4.05 \text{ dado que } \sigma_{res} \leq 0,8 * \sigma'_{0,2}$$

$\alpha = 1,1$  (peor condición en los aisladores intermedios)

La fuerza producida en el extremo del aislador será:

$$F'_S = F_S * \frac{(H + h)}{H} = 1921.17 \text{ Nw} * 1.142 = 2195.62 \text{ Nw}, \text{ donde:}$$

- H es la altura del aislador (3,5 cm).
- h es la mitad del ancho de la barra (0,5 cm).
- Fs no debe sobrepasar la carga de rotura mínima de los aisladores que es de 7000 Nw aproximadamente.

### **Posición 1**



La tensión  $\sigma_H$  en la fibra más alejada de la pletina provocada por  $F_H$  será:

$$\sigma_H = v_{\sigma} * \beta * \frac{F_H * L}{8 * W} = 0.73 * 431.24 \text{ Nw} * \frac{60 \text{ cm}}{8 * 0.104 \text{ cm}^3} = 22702.29 \frac{\text{Nw}}{\text{cm}^2}$$

En este caso  $W = 0.104 \text{ [cm}^3]$

$v_{\sigma} = 1$  por tratarse de c.a.

$\beta = 0,73$  (caso más desfavorable en los extremos de la barra).

$$\sigma_{res} = \sigma_H = 22702.29 \text{ Nw/cm}^2$$

Notamos que la barra elegida cumple con la condición  $1,5 * \sigma_{0,2} \geq \sigma_{res}$ . **Por lo tanto la barra 20 x 10 mm verifica.** El esfuerzo en los aisladores esta dado por:

$$F_S = \nu_F * \alpha * F_H = 3.74 * 1.1 * 431.24 = 1774.12 \text{ Nw}$$

Donde  $\nu_F = 1.021 = 0,8 * \sigma'_{0,2} / \sigma_{res}$

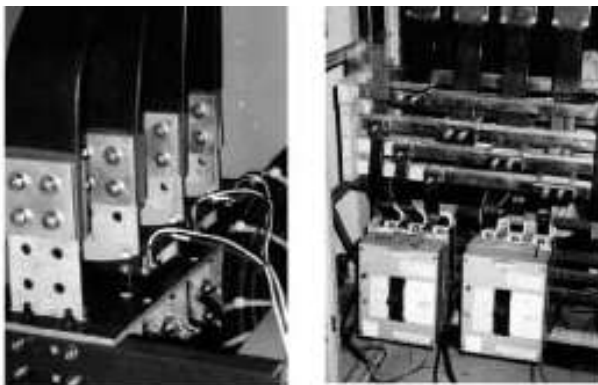
$\alpha = 1,1$  (peor condición en los aisladores intermedios)

La fuerza producida en el extremo del aislador será:

$$F'_S = F_S \times \frac{(H + h)}{H} = 1774.12 * 1.142 = 2027.56 \text{ Nw}, \text{ donde:}$$

- H es la altura del aislador (3,5 cm).
- h es la mitad del ancho de la barra (0,5 cm).
- Fs no debe sobrepasar la carga de rotura mínima de los aisladores que es de 7000 Nw aproximadamente.

Para este proyecto se adopta el sistema de barras de la posición N°2 por una cuestión de comodidad para el tendido de los consumidores y además porque en esta posición el embarrado no esta sometido a grandes esfuerzos.



## **2.6- VERIFICACIÓN DE CABLES**

Vamos a corregir la corriente admisible de los cables en función del ambiente de trabajo y verificar la sección de los cables primero a la caída de tensión y luego al cortocircuito. Tenemos en cuenta una temperatura del medio ambiente de 30°C, y una temperatura máxima admisible de los cables de 70°C. Cabe aclarar que a continuación se muestran las secciones finales luego de sucesivas iteraciones hasta que la sección nominal del conductor verifique a las tres condiciones exigidas.

## **FACTORES DE CORRECCION DE CAPACIDAD DE CARGA DE CONDUCTORES**

En una primera instancia la mínima sección de los conductores es elegida por catálogo, luego esta sección esta corregida por factores que contemplan los siguientes aspectos:

- **f1**, factor de temperatura de servicio, ya que la capacidad de carga nominal del conductor se ve modificada por temperaturas diferentes a los 30 °C.
- **f2**, factor de agrupamiento que determina como disminuye la capacidad de carga cuando están tendidos varios conductores unos junto a otros. Ese factor adopta un valor desde 0.84 a 0.73 según el número de líneas que salen del tablero principal a los distintos consumidores de la sala de máquinas y que se encuentran distribuidas a través de bandeja tipo rejilla en su gran mayoría.
- **f3**, Para algunos conductores se los distribuye a través de tubos metálicos. Este tipo de distribución no se corrige ya que son tramos muy cortos y la bibliografía consultada sugiere una corrección para tramos mayores a 6 mts. Albert Spitta, Capítulo 2.2, Cables de Energía para Tensiones de hasta 30 kv.

Cabe aclarar que en el cuadro el término de bandeja/p hace referencia a los cables distribuidos a través de bandejas sobre la 'pared' de las distintas cubiertas en donde se encuentran.

Línea	Iadm [A]	f1	f2	f3	IadmC [A]	Ireal[A]	Disposición	s[mm2]
Cable 49	42	1	0.73	1	30.66	3.3	bandeja	6
Cable 50	42	1	0.73	1	30.66	11.0	bandeja	6
Cable 51	60	1	0.73	1	43.8	14.4	bandeja	10
Cable 52	42	1	0.73	1	30.66	7.5	bandeja	6
Cable 53	42	1	0.73	1	30.66	3.2	bandeja	6
Cable 54	60	1	0.73	1	43.8	21.3	bandeja	10
Cable 55	42	1	0.73	1	30.66	1.9	bandeja	6
Cable 56	42	1	0.73	1	30.66	4.1	bandeja	6
Cable 57	42	1	0.73	1	30.66	18.2	bandeja	6
Cable 58	60	1	0.73	1	43.8	19.5	bandeja	10
Cable 59	42	1	0.73	1	30.66	18.2	bandeja	6
Cable 60	42	1	0.73	1	30.66	8.6	bandeja	6
Cable 61	60	1	0.73	1	43.8	5.0	bandeja	10
Cable 62	60	1	0.73	1	43.8	5.0	bandeja	10
Cable 63	60	1	0.73	1	43.8	8.6	bandeja	10
Cable 64	60	1	0.73	1	43.8	8.6	bandeja	10
Cable 65	42	1	0.73	1	30.66	2.7	bandeja	6
Cable 66	42	1	0.73	1	30.66	2.7	bandeja	6
Cable 67	42	1	0.73	1	30.66	2.7	bandeja	6
Cable 3 (TS)	106	1	0.84	1	89.04	47.91	bandeja	25
Cable 4 (TT)	106	1	0.84	1	89.04	14.32	bandeja	25
Cable 5 (TSP)	106	1	0.84	1	89.04	29.03	bandeja	25
Cable 6 (TCS)	106	1	0.84	1	89.04	32.1	bandeja	25
Línea	Iadm [A]	f1	f2	f3	IadmC [A]	Ireal[A]	Disposición	s[mm2]
Cable 1	680	1	0.84	1	571.2	417.8	bandeja/p	300



Cable 2	680	1	0.84	1	571.2	417.8	bandeja/p	300
Cable 7	245	1	0.73	1	178.85	142.3	bandeja/p	95
Cable 8	245	1	0.73	1	178.85	142.3	bandeja/p	95
Cable 9	60	1	0.73	1	43.8	8.6	bandeja/p	10
Cable 10	60	1	0.73	1	43.8	8.6	bandeja/p	10
Cable 11	60	1	0.73	1	43.8	9.9	bandeja/p	10
Cable 12	60	1	0.73	1	43.8	9.9	bandeja/p	10
Cable 13	42	1	0.73	1	30.66	8.6	bandeja/p	6
Cable 14	42	1	0.73	1	30.66	12.0	bandeja/p	6
Cable 15	42	1	0.73	1	30.66	22.5	bandeja/p	6
Cable 16	42	1	0.73	1	30.66	2.0	bandeja/p	6
Cable 17	42	1	0.73	1	30.66	2.0	bandeja/p	6
Cable 18	42	1	0.73	1	30.66	2.0	bandeja/p	6
Cable 19	42	1	0.73	1	30.66	12.0	bandeja/p	6
Cable 20	42	1	0.73	1	30.66	19.0	bandeja/p	6
Cable 21	42	1	0.73	1	30.66	19.0	bandeja/p	6
Cable 22	42	1	0.73	1	30.66	2.7	bandeja/p	6
Cable 23	42	1	0.73	1	30.66	2.7	bandeja/p	6
Cable 24	105	1	0.73	1	76.65	58.5	bandeja/p	25
Cable 25	42	1	0.73	1	30.66	8.6	bandeja/p	6
Cable 26	42	1	0.73	1	30.66	12.0	bandeja	6
Cable 27	42	1	0.73	1	30.66	2.7	bandeja	6
Cable 28	42	1	0.73	1	30.66	2.7	bandeja	6
Cable 29	42	1	0.73	1	30.66	2.7	bandeja	6
Cable 30	42	1	0.73	1	30.66	2.7	bandeja	6
Cable 31	42	1	0.73	1	30.66	16.2	bandeja	6
Cable 32	42	1	0.73	1	30.66	5.0	bandeja	6
Cable 33	42	1	0.73	1	30.66	2.7	bandeja	6
Cable 34	60	1	0.73	1	43.8	10.0	bandeja	10
Cable 35	42	1	0.73	1	30.66	8.6	bandeja	6
Cable 36	60	1	0.73	1	43.8	2.7	bandeja	10
Cable 37	60	1	0.73	1	43.8	9.9	bandeja	10
Cable 38	42	1	0.73	1	30.66	22.1	bandeja	6
Cable 39	42	1	0.73	1	30.66	5.0	bandeja	6
Cable 40	42	1	0.73	1	30.66	2.7	bandeja	6
Cable 41	78	1	0.73	1	56.94	53.7	bandeja/p	16
Cable 42	42	1	0.73	1	30.66	5.0	bandeja	6
Cable 43	42	1	0.73	1	30.66	2.9	bandeja	6
Cable 44	42	1	0.73	1	30.66	2.9	bandeja	6
Cable 45	42	1	0.73	1	30.66	5.9	bandeja	6
Cable 46	42	1	0.73	1	30.66	5.9	bandeja	6
Cable 47	42	1	0.73	1	30.66	2.7	bandeja/p	6
Cable 48	60	1	0.73	1	43.8	31.9	bandeja/p	10

## **VERIFICACION DE CAIDAS DE TENSION**

Como ya sabemos la caída de tensión entre el cuadro principal y la carga no debe superar el 5% para circuitos de fuerza motriz, dada las cortas distancias dentro

del buque esta condición es ampliamente cumplida por los cables. Los valores de caída de tensión porcentuales se calcularon de la siguiente manera:

$$\Delta U\% = \frac{3 \times I_n \times L \times (R \cdot \cos \varphi + X L \cdot \sin \varphi) \times 100}{380}, \text{ para cargas trifásicas.}$$

$$\Delta U\% = \frac{2 \times I_n \times L \times (R \cdot \cos \varphi + X L \cdot \sin \varphi) \times 100}{220}, \text{ para cargas monofásicas.}$$

Donde:

- $I_n$ , corriente nominal del conductor.
- $L$ , longitud del cable en Km.
- $R, X$  resistencia y reactancia del conductor en [ $\Omega / \text{Km}$ ].
- $\Delta U$ , caída de tensión en valores porcentuales.

Cable	R	X	L [ Km ]	FI°	Ireal[A]	DU%	DU% total
Cable 48	1.81	0.0975	0.01	3.08	31.9	0.2636	0.3846
Cable 49	3.05	0.103	0.03	1.93	3.3	0.2783	0.638
Cable 50	3.05	0.103	0.03	1.93	11.0	0.9132	1.2725
Cable 51	1.81	0.0975	0.015	3.08	14.4	0.3562	0.4772
Cable 52	3.05	0.103	0.02	1.93	7.5	0.4175	0.7322
Cable 53	3.05	0.103	0.02	1.93	3.2	0.1765	0.4913
Cable 54	1.81	0.0975	0.02	3.08	21.3	0.3515	0.6662
Cable 55	3.05	0.103	0.025	1.93	1.9	0.1348	0.5558
Cable 56	3.05	0.103	0.025	1.93	4.1	0.2837	0.7047
Cable 57	3.05	0.103	0.02	1.93	18.2	1.0088	1.6126
Cable 58	1.81	0.0975	0.02	3.08	19.5	0.6442	1.2480
Cable 59	3.05	0.103	0.02	1.93	18.2	0.5072	1.1110
Cable 60	3.05	0.103	0.01	1.93	8.6	0.1196	0.2406
Cable 61	1.81	0.0975	0.01	3.08	5.0	0.0413	0.1623
Cable 62	1.81	0.0975	0.01	3.08	5.0	0.0413	0.1623
Cable 63	1.81	0.0975	0.01	3.08	8.6	0.0711	0.1920
Cable 64	1.81	0.0975	0.01	3.08	8.6	0.0711	0.1920
Cable 65	3.05	0.103	0.01	1.93	2.7	0.0376	0.6414
Cable 66	3.050	0.103	0.008	1.93	2.7	0.0300	0.1510
Cable 67	3.050	0.103	0.008	1.93	2.7	0.0300	0.1510
Cable 3 (TS)	0.727	0.088	0.025	6.90	47.91	0.3998	.....
Cable 4 (TT)	0.727	0.088	0.025	6.90	14.32	0.2383	.....
Cable 5 (SP)	0.727	0.088	0.02	6.90	29.03	0.1938	.....
Cable 6 (CS)	0.727	0.088	0.028	6.90	32.1	0.3000	.....

Cable	R	X	L [Km]	FI°	Ireal[A]	DU%	DU% total
Cable 1	0.0601	0.068	0.007	48.53	417.8	0.1210	0.1210
Cable 2	0.0601	0.068	0.007	48.53	417.8	0.1210	0.1210
Cable 7	0.193	0.0738	0.01	20.93	142.3	0.1340	0.2550
Cable 8	0.193	0.0738	0.01	20.93	142.3	0.1340	0.2550
Cable 9	1.81	0.0975	0.01	3.08	8.6	0.0711	0.1921

Cable 10	1.81	0.0975	0.01	3.08	8.6	0.0711	0.1921
Cable 11	1.81	0.0975	0.01	3.08	9.9	0.0821	0.2031
Cable 12	1.81	0.0975	0.01	3.08	9.9	0.0821	0.2031
Cable 13	3.05	0.103	0.01	1.93	8.6	0.1198	0.2407
Cable 14	3.05	0.103	0.01	1.93	12.0	0.1669	0.2879
Cable 15	3.05	0.103	0.007	1.93	22.5	0.2189	0.3399
Cable 16	3.05	0.103	0.007	1.93	2.0	0.0190	0.1400
Cable 17	3.05	0.103	0.008	1.93	2.0	0.0217	0.1427
Cable 18	3.05	0.103	0.008	1.93	2.0	0.0217	0.1427
Cable 19	3.05	0.103	0.008	1.93	16.0	0.1777	0.2987
Cable 20	3.05	0.103	0.01	1.93	19.0	0.2644	0.3854
Cable 21	3.05	0.103	0.01	1.93	19.0	0.2644	0.3854
Cable 22	3.05	0.103	0.008	1.93	2.7	0.0298	0.1508
Cable 23	3.05	0.103	0.008	1.93	2.7	0.0298	0.1508
Cable 24	0.727	0.085	0.01	6.67	58.5	0.1953	0.3163
Cable 25	3.05	0.103	0.01	1.93	8.6	0.1198	0.2407
Cable 26	3.05	0.103	0.029	1.93	16.0	0.6442	0.7652
Cable 27	3.05	0.103	0.033	1.93	2.7	0.1230	0.4378
Cable 28	3.05	0.103	0.033	1.93	2.7	0.1230	0.4378
Cable 29	3.05	0.103	0.022	1.93	2.7	0.0820	0.3968
Cable 30	3.05	0.103	0.022	1.93	2.7	0.0820	0.3968
Cable 31	3.05	0.103	0.035	1.93	16.2	0.7863	1.1010
Cable 32	3.05	0.103	0.029	1.93	5.0	0.2005	0.6215
Cable 33	3.05	0.103	0.029	1.93	2.7	0.1081	0.5291
Cable 34	1.81	0.0975	0.029	3.08	10.0	0.4787	1.0825
Cable 35	3.05	0.103	0.034	1.93	8.6	0.4072	0.7220
Cable 36	1.81	0.0975	0.028	3.08	2.7	0.0620	0.6658
Cable 37	1.81	0.0975	0.029	3.08	9.9	0.2382	0.8420
Cable 38	3.05	0.103	0.02	1.93	22.1	0.6144	0.7353
Cable 39	3.05	0.103	0.034	1.93	5.0	0.2350	0.5498
Cable 40	3.05	0.103	0.034	1.93	2.7	0.1267	0.4415
Cable 41	1.15	0.0915	0.015	4.55	53.7	0.4238	0.5448
Cable 42	3.05	0.103	0.01	1.93	5.0	0.0698	0.1907
Cable 43	3.05	0.103	0.03	1.93	2.9	0.1225	0.2435
Cable 44	3.05	0.103	0.03	1.93	2.9	0.1225	0.2435
Cable 45	3.05	0.103	0.03	1.93	5.9	0.2451	0.3660
Cable 46	3.05	0.103	0.03	1.93	5.9	0.2451	0.3660
Cable 47	3.05	0.103	0.01	1.93	2.7	0.0379	0.1589
<b>Cargas Monofásicas</b>							

## **VERIFICACION POR CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO**

Las condiciones mas desfavorables de trabajo de un cable se presentan tanto desde el punto de vista mecánico como térmico en los casos de cortocircuitos. En los cables multipolares los esfuerzos dinámicos son absorbidos por el retorcido de los conductores, la envoltura y la eventual armadura.

El calentamiento del conductor en caso de cortocircuito se puede mantener dentro de los límites admisibles eligiendo la sección adecuada. Dicha sección

mínima se calcula a partir de la duración del cortocircuito o sea del tiempo de desconexión del dispositivo protector y de la intensidad de la corriente de cortocircuito. La intensidad de cortocircuito admisible considerando un calentamiento de 90°C sobre la del régimen en condiciones normales se puede determinar en forma aproximada mediante la siguiente fórmula, para cables de P.V.C:

$$I = \frac{S}{8.6 \times t}, \text{ donde:}$$

- S, sección del conductor en [mm<sup>2</sup>].
- I, valor eficaz de la corriente de cortocircuito en [kA].
- t, tiempo de desconexión en segundos.

### **Cálculo del Tiempo de Desconexión td**

Para obtener el tiempo de desconexión debemos calcular cual es el tiempo de actuación de los aparatos de protección. Estos tiempos son variables ya que dependen del valor de la corriente de cortocircuito. Para la verificación a la corriente de falla de la línea principal de 300 mm<sup>2</sup>, tomaremos el tiempo de actuación de respaldo, es decir el tiempo que tardaría en actuar el Interruptor Compacto de Potencia que protege al generador. Para los demás tomaremos el tiempo de actuación del aparato de protección propia de las restantes cargas. Antes de calcular los distintos tiempos de actuación describiremos el tipo de protección que requieren los generadores.

### **Protección de Generadores**

En cuanto a los elementos de protección y maniobra para los generadores vamos a citar las reglamentaciones que exige Prefectura Naval.

Agregado a la Ordenanza Marítima N° 14/974, Punto 6.4:

*- 6.4. Interruptores Principales:*

*6.4.1. Generalidades: son aquellos destinados a la maniobra de conexión y desconexión de los generadores principales. Estarán diseñados de manera tal que*

*la capacidad de conexión y de desconexión sea como mínimo igual a la corriente de cortocircuito máxima que pudiera producirse en ese punto de la red.*

*Cuando se utilicen interruptores que no posean la capacidad de corte necesaria según lo indicado anteriormente, se instalarán fusibles adecuados que cumplan con ese requisito. Sus características de funcionamiento serán elegidas de manera que ofrezcan una selectividad adecuada.*

*Los interruptores principales poseerán protección contra sobrecarga y contra cortocircuito, independientes o combinadas.*

*6.4.2. Protección contra sobrecarga: la protección contra sobrecarga podrá instalarse:*

*En las fases de los circuitos trifásicos.*

*En por lo menos dos fases de los circuitos trifásicos.*

*En los dos conductores exteriores de los circuitos trifilares de corriente continua.*

*En por lo menos un conductor de los circuitos bifilares de corriente continua y en los circuitos de corriente alterna monofásica.*

*6.4.4. En los casos de generadores y alternadores no previstos para funcionar en paralelo se aceptará la instalación de fusibles adecuados para protección contra sobrecarga y cortocircuito siempre que su calibre no sea superior a 250 Amperes.*

#### *6.5. Pretensiones mínimas de los generadores y alternadores principales:*

*6.5.1. En Generadores y Alternadores no previstos para funcionar en paralelo:  
Contra Sobrecarga.*

*Contra cortocircuito.*

*6.5.2. En Generadores y Alternadores previstos para funcionar en paralelo:*

*Contra Sobrecarga.*

*Contra cortocircuito.*

*Contra mínima tensión o cero tensión.*

*Contra corriente o potencia Inversa.*

### **Tiempos de Actuación en Función de los disparadores Electrónicos**

Elegimos para la protección del generador un Interruptor de Potencia Merlin Gerin NS630-N, su calibre es de 630 [A], y su

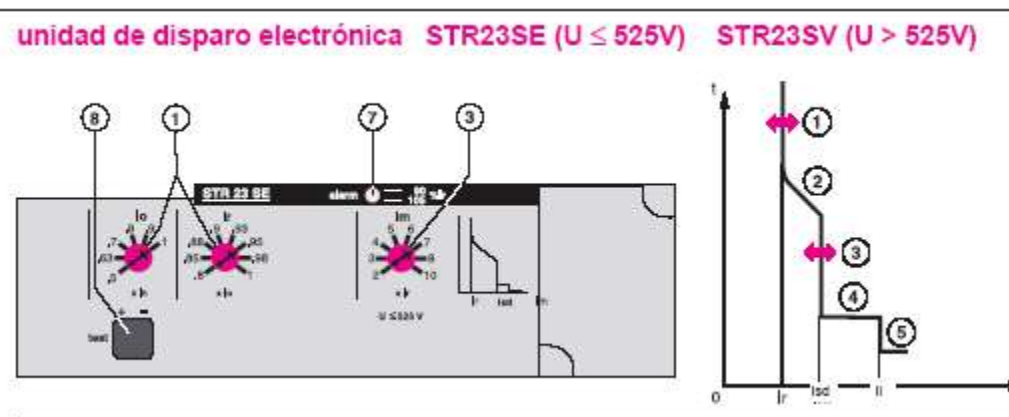


poder de Corte es de 40 [kA] además tiene la posibilidad de calibrar los umbrales de disparo térmico y magnético.

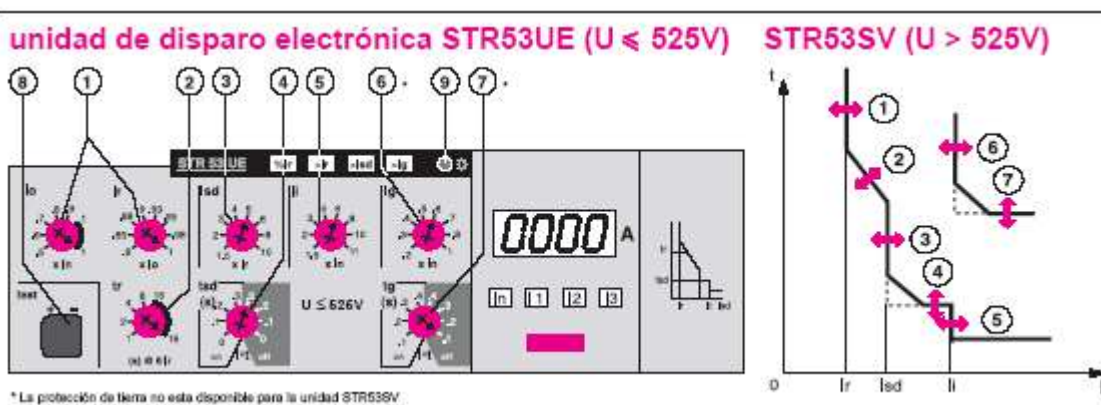
Los interruptores de potencia que protegerán a los generadores están equipados con unidades de disparo electrónico. Los disparadores a elegir en función de la tensión de generación pueden ser:

Para una tensión  $U < 525$  volts:

- STR23SE:



- STR53UE:



**Las funciones 6 y 7 son solo para el modelo STR53SV.**

Para este proyecto se adoptó el disparador STR53UE ya que es un accesorio con más flexibilidad al tener una mayor posibilidad de variaciones en su configuración. El seteo para el disparador STR53UE fue:

<b>Interruptor Compact NS 630 STR53UE</b>			
Veces la In :		1	
Io [A]=▶		630	
Veces la In :	1	Veces la Ir :	5
(1) Ir [A] =▶	630	(3) Isd [A] =▶	3150
(2) Tr [S] =	16	(4) Tsd [S] =	0.1
Estado de la Función I <sup>2</sup> t = on			
(5) Ii = 11 x In = 6930 [A].			

- Con éstas configuraciones tenemos que analizar el tiempo de actuación para una corriente de cortocircuito de aproximadamente 6 [kA], que es la corriente de falla en barras principales. El criterio para setear el aparato fue el de conseguir un tiempo de actuación mínima para que los cables estén exigidos térmicamente durante el menor tiempo posible, en caso de que se produzca la falla. Los resultados en base al gráfico de Corriente vs. Tiempo muestran que:
- el modelo STR53UE actúa en un tiempo de 50 ms para cualquiera de los dos posibles valores de corriente de cortocircuito. Ahora podemos calcular la corriente de cortocircuito admisible en la línea principal.

$$I_{Kadmissible} = \frac{S}{8.6 \times t} = \frac{300 \text{ mm}^2}{8.6 \times 0.05} = 156 \text{ [kA]}.$$

- En cuanto a las distintos tipos de actuación para la mayoría de las cargas estos varían desde los 10 hasta los 4 milisegundos y teniendo tiempos aún mucho menores para cargas protegidas con fusibles y relevos térmicos. Adoptando un criterio conservador el tiempo de actuación que utilizaremos es el mayor tiempo de desconexión de los aparatos de protección de las cargas, es decir 10 ms. Ahora si, podemos calcular la sección mínima de las líneas que se desprenden de barras principales de los generadores G1 y G2.

### **Generador G1**

La corriente equivalente térmica máxima que se desarrolla en éste generador es de  $I_{kmA} = 8.74 \text{ [A]}$ .

$$I_{Kadmissible} = \frac{S}{8.6 \times t} \Rightarrow S_{\text{mín.}} = I_{k3''} \text{ mA} \times 8.6 \times t$$

$$S_{\text{mínima}} = 8.74 \text{ [kA]} \times 8.6 \times \sqrt{0.01 \text{ s}} = \mathbf{7.51 \text{ mm}^2}.$$

Se adopta como sección mínima para el generador G1  $10 \text{ mm}^2$ .

### **Generador G2**

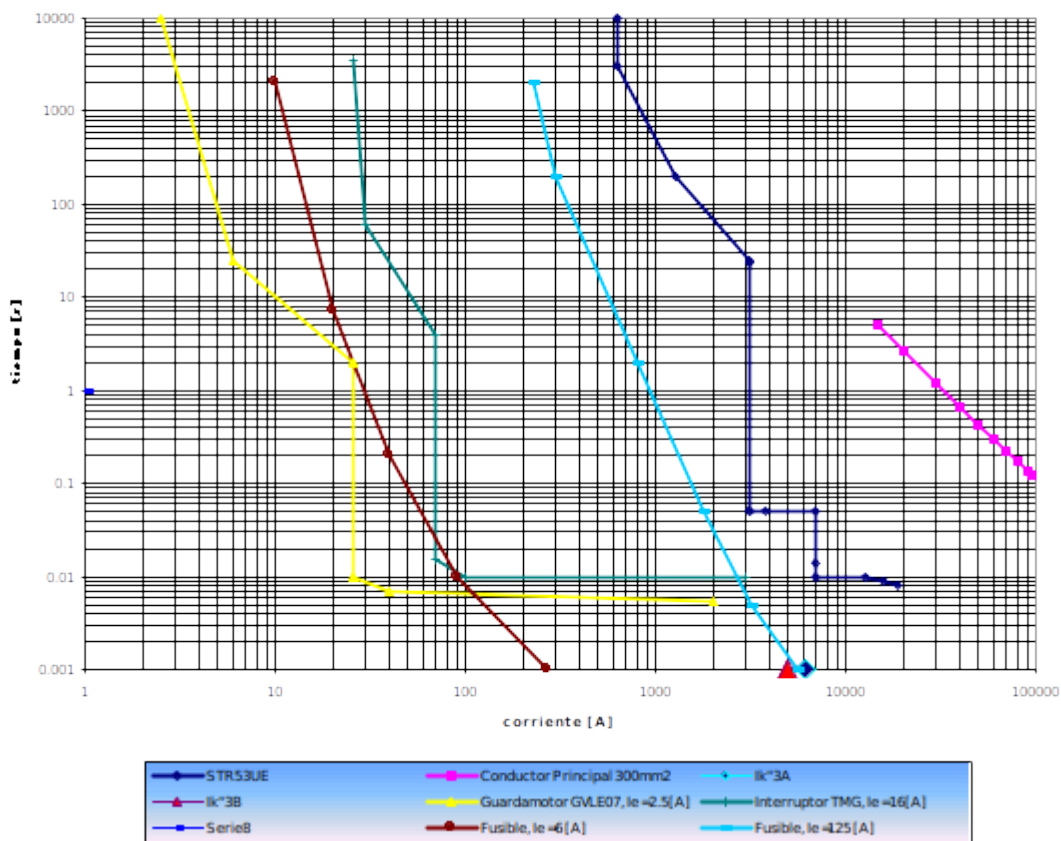
La corriente equivalente térmica máxima que se desarrolla en éste generador es de  $I_{kmA} = 7.07 \text{ [A]}$ .

$$I_{Kadmissible} = \frac{S}{8.6 \times t} \Rightarrow S_{\text{mín.}} = I_{k3''} \text{ mA} \times 8.6 \times t$$

$$S_{\text{mínima}} = 7.07 \text{ [kA]} \times 8.6 \times \sqrt{0.01\text{s}} = 6.08 \text{ mm}^2.$$

Se adopta como sección mínima para el generador G2 6 mm<sup>2</sup>.

Energía Especifica para distintos Dispositivos de Disparo



- Aclaramos que en los cuadros siguientes se muestran las secciones de los cables necesarias para que estos puedan soportar el efecto de la corriente equivalente térmica de la barra de la cual se alimenta el consumidor (I<sub>km</sub>A), también se indica la corriente equivalente térmica admisible (I<sub>km adm</sub> Tablero Principal).

Tablero de Sollado			
Línea	s[mm <sup>2</sup> ]	I <sub>kmC</sub> [kA]	I <sub>km.adm</sub> [kA]
Cable 57	6	6.92	6.98
Cable 36	6	6.92	6.98
Cable 37	6	6.92	6.98
Cable 59	6	6.92	6.98



<b>Tablero de Cubierta Superior</b>			
<b>Línea</b>	<b>s[mm2]</b>	<b>lkmD [kA]</b>	<b>lkm.adm [kA]</b>
Cable 55	6	5.5	6.98
Cable 32	6	5.5	6.98
Cable 33	6	5.5	6.98
Cable 38	6	5.5	6.98

<b>Tablero de Sala de Procesado</b>			
<b>Línea</b>	<b>s[mm2]</b>	<b>lkmE [kA]</b>	<b>lkm.adm [kA]</b>
Cable 27	6	5.93	6.98
Cable 28	6	5.93	6.98
Cable 29	6	5.93	6.98
Cable 35	6	5.93	6.98
Cable 51	6	5.93	6.98
Cable 52	6	5.93	6.98
Cable 53	6	5.93	6.98
Cable 54	6	5.93	6.98
Cable 30	6	5.93	6.98
Cable 31	6	5.93	6.98
Cable 39	6	5.93	6.98
Cable 40	6	5.93	6.98

<b>Tablero de Timonera</b>			
<b>Línea</b>	<b>s[mm2]</b>	<b>lkmF [kA]</b>	<b>lkm.adm [kA]</b>
Cable 49	6	5.27	6.98
Cable 50	6	5.27	6.98

Capítulo	DISTRIBUCIÓN ELECTRICA A BORDO
<b>3</b>	<b>Aparatos de Maniobra y Protección</b>

--



### **3.1-**

### **ELECCION DEL APARATAJE**

En la practica el diseño de las protecciones de una red no resulta tan complicado, especialmente en el tipo de redes del árbol donde las intensidades de los aparatos de protección y maniobra disminuyen aguas abajo. En líneas generales elegimos una protección cuya intensidad nominal sea igual o ligeramente superior a

la intensidad de corriente absorbida por el consumidor. Esta intensidad luego será modificada o no para que en la instalación haya un criterio de selectividad.

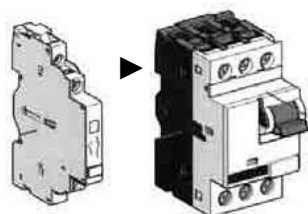
En general se uso para el sistema de protecciones de las cargas esenciales un guardamotor, con contactor y relevo Térmico. Para las no esenciales se dispone de fusibles, con contactor y relevo térmico. Para el resto de las cargas se utilizaron interruptores termomagnéticos.

Pasamos a nombrar, describir y justificar la elección de los siguientes equipos para todos los consumidores presentes en la nave.

### Guarda Motor Compacto Telemecanique GV2-LE\*\*



Este tipo de elemento solo posee protección magnética sobre el motor ya que la protección térmica esta cubierta por el relevo térmico que se incorpora en el contactor. Como vemos en el esquema unifilar el diseño de esta protección carece de un fusible aguas arriba del guardamotor. Este tipo de protección magnética ofrece mediante la conexión de un relé adicional, el disparo por mínima tensión.



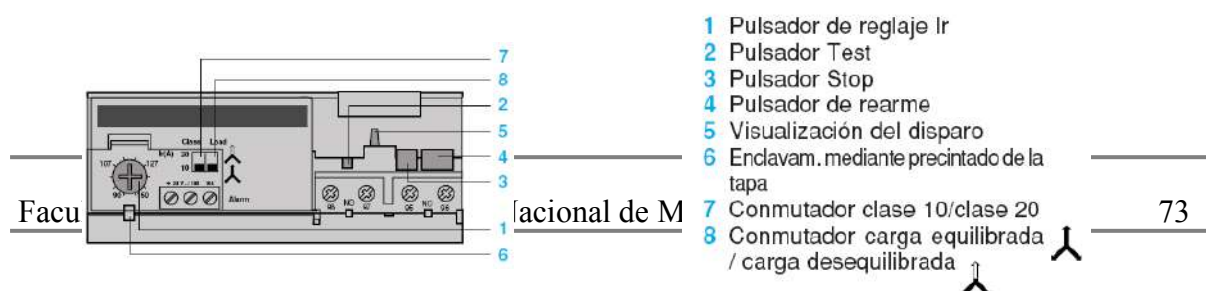
**Disparadores de mínima tensión que se acopla sobre el guardamotor sin ningún tipo de cableado.**

Las ventajas que poseen son:

- Facilidad en la reconexión en caso de falla.
- Mejor aprovechamiento de espacio debido a su reducido volumen.

Aclaremos que esto es posible ya que la corriente de cortocircuito es muy baja en barras principales ya que si esto no pasara la corriente de ruptura del guardamotor no sería la indicada para proteger la instalación y se tendría que conectar un fusible aguas arriba del mismo. El poder de corte de los guardamotors es superior a los 10 [kA], para todos los calibres.

En cuanto al relevo térmico este posee la característica especial de disparo por desequilibrio de fase (en su versión electrónica LR9), tiene también la posibilidad de trabajar con cargas equilibradas y desequilibradas.



**Relevo térmico con la capacidad de operar con cargas equilibradas o desequilibradas.**



**Relevo térmico con disparador electrónico por desequilibrio de fase incorporado.**

- Bomba Enfriadora de Agua del motor Principal, y Bomba para Mantenimiento de Bodega, Bomba de Túneles de Congelado,  $P_n = 4$  [kw],  $I_n = 8.61$  [A].

#### Guarda Motor Compacto Telemecanique GV2-LE14

- $I_e = 10$  [A],  $P_e = 4$  [kw], Peso = 0.33 kg.
- Se asocia con el relé térmico LRD-14.
- Corriente de disparo , 138 [A].

#### Contactador Telemecanique LC1-D09

- $I_e = 9$  [A],  $P_e = 4$  [kw], Peso = 0.33kg.
- Categoría de Empleo AC3.
- Contactos Auxiliares, 1'NC' y 'NA'.
- Relevo Térmico, LRD-14, regulación 7-10 [A], se configura en  $I_r = 9$  [A].



- Bomba de Lubricación del Motor Principal,  $P_n = 5.5$  [kw],  $I_n = 12$  [A].

#### Guarda Motor Compacto Telemecanique GV2-LE16

- $I_e = 14$  [A],  $P_e = 5.5$  [kw], Peso = 0.33 kg.
- Se asocia con el relé termico LRD-16.
- Corriente de Disparo, 170 [A].

#### Contactador Telemecanique LC1-D18

- $I_e = 18$  [A],  $P_e = 7.5$  [kw], Peso = 0.33kg.
- Categoría de Empleo AC3.
- Contactos Auxiliares, 1'NC' y 'NA'.

- Relevo Térmico, LRD-14, regulación 12-18 [A]. Se configura en 12 [A].

- Purificadora de Combustible, Separador de Sentina, Bomba de Achique de Lodos,  $P_n = 0.75$  [kw],  $I_n = 1.95$

Guarda Motor Compacto Telemecanique GV2-LE07

- $I_e = 2.5$  [A],  $P_e = 0.75$  [kw], Peso = 0.33 kg.
- Se asocia con el relé térmico LRD-07.
- Corriente de Disparo, 33.5 [A].

Contactor Telemecanique LC1-D09

- $I_e = 9$  [A],  $P_e = 4$  [kw], Peso = 0.33kg.
- Categoría de Empleo AC3.
- Contactos Auxiliares, 1'NC' y 'NA'.
- Relevo Térmico, LRD-07, regulación 1.6-2.5 [A]. Se configura en 2.5 [A].

- Equipo de Aire Acondicionado,  $P_n = 2$  [kw],  $I_n = 4.52$  [A].

Para este tipo de cargas que no están relacionadas a los servicios esenciales del buque y que además no necesiten elementos de maniobra llevarán interruptores termo magnéticos.

Interruptor Termomagnético Merlin Gerin

- $I_e = 6$  [A].
- Corriente de Ruptura = 10 [kA].
- Interruptor Tripolar.

- Calefacción Gral.  $P_n = 20$  [kw],  $I_n = 53.73$  [A].

INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO MERLIN GERIN

- $I_e = 63$  [A].
- Corriente de Ruptura = 10 [kA].
- Interruptor Tripolar.



- Bomba de Incendio y Bomba de Baldeo,  $P_n = 9.3$ [kw],  $I_n = 19.01$  [A]

Este tipo de consumidor llevará un arranque estrella triángulo, los motivos de la elección de este tipo de arranque para este y los siguientes están desarrollados en el capítulo 6, los equipos seleccionados son:

Guarda Motor Compacto Telemecanique GV2-LE22



- $I_e = 25$  [A],  $P_e = 9$  [kw], Peso = 0.33 kg.
- Se asocia con el relé térmico LRD-22.
- Corriente de Disparo, 327 [A].

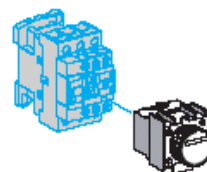
#### Contactor de Línea y Contactor de Triángulo Telemecanique LC1-D25

- $I_e = 25$  [A],  $P_e = 11$  [kw], Peso = 0.33kg.
- Categoría de Empleo AC3.
- Contactos Auxiliares, 1'NC' y 'NA'.
- Relevos Térmicos, LRD-22, regulación 16-24 [A]. Se configura en 19 [A].

Para la etapa de conexión en estrella se tiene en cuenta una corriente de Línea en estrella  $\sqrt{3}$  veces más chica que la corriente de Línea en Triángulo es decir ahora la corriente que define nuestra selección de aparataje es  $I_n = 10.96$  [A].

#### Contactor de Estrella Telemecanique LC1-D12

- $I_e = 12$  [A], Peso = 0.33 [kg].
- Categoría de Empleo AC3.
- Contactos Auxiliares, 1'NC' y 'NA'.



**Temporizador LAD-S2, regulación 1-90[s], peso 0.06[kg], estos contactos ▲ temporizados son especiales para configuraciones estrella-triángulo por su tiempo mínimo de apertura y cierre.**

- Bomba de Agua Dulce y Agua Salada, Extractor de Sala de Máquinas, Extractor de Cubierta Superior y Timonera, Extractor de Sollado,  $P_n = 1.1$  [kw],  $I_n = 2.68$  [A].

#### Guarda Motor Compacto Telemecanique GV2-LE08

- $I_e = 4$  [A],  $P_e = 1.1$  [kw], Peso = 0.33 kg.
- Se asocia con el relé térmico LRD-08.
- Corriente de Disparo, 33.5 [A].

#### Contactor Telemecanique LC1-D09

- $I_e = 9$  [A],  $P_e = 1.1$  [kw], Peso = 0.33kg.
- Categoría de Empleo AC3.
- Contactos Auxiliares, 1'NC' y 'NA'.
- Relevos Térmicos, LRD-08, regulación 2.5-4 [A]. Se configura en 3 [A].

- Alumbrado de Sala de Máquinas,  $P_n = 0.4$  [kw],  $I_n = 5.07$  [A]

#### Interruptor Seccionador Zoloda

- $I_e = 16$  [A].



- Interruptor Bipolar.

Fusibles Siemens NH

- $I_e = 6$  [A].
- Poder de Ruptura  $> 100$  [KA].

- Fuente 12 [V], Cargador de Baterías 12 [V],  $P_n = 0.5$  [kw],  $I_n = 2.94$  [A]

Interruptor Termomagnético Merlin Gerin

- $I_e = 4$  [A].
- Corriente de Ruptura = 10 [KA].
- Interruptor Bipolar.

- Fuente 24 [V], Cargador de Baterías 24 [V],  $P_n = 1$  [kw],  $I_n = 5.87$  [A]

Interruptor Termomagnético Merlin Gerin

- $I_e = 6$  [A].
- Corriente de Ruptura = 10 [KA].
- Interruptor Bipolar.

- Tomas monofásicos Sala de Máquinas,  $P_n = 0.6$  [kw],  $I_n = 2.73$  [A]

Interruptor Termomagnético Merlin Gerin

- $I_e = 3$  [A].
- Corriente de Ruptura = 10 [KA].
- Interruptor Bipolar.

- Tomas trifásicos Sala de Máquinas,  $P_n = 21$  [kw],  $I_n = 31.91$  [A]

Interruptor Termomagnético Merlin Gerin

- $I_e = 40$  [A].
- Corriente de Ruptura = 10 [KA].
- Interruptor Tripolar.

- Iluminación Timonera,  $P_n = 0.32$  [kw],  $I_n = 3.34$  [A]

Fusibles Siemens NH

- $I_e = 6$  [A].
- Poder de Ruptura  $> 100$  [kA].

Seccionador Interruptor Zoloda

- $I_e = 16$  [A].
- Interruptor Bipolar.

- Reflectores de Pesca,  $P_n = 1.05$  [kw],  $I_n = 10.97$  [A]

Fusibles Siemens NH

- $I_e = 16$  [A].
- Poder de Ruptura  $> 100$  [kA].

Seccionador Interruptor Zoloda

- $I_e = 16$  [A].
- Interruptor Bipolar.

- Bomba Timón Y Bomba de lubricación de Caja Reductora,  $P_n = 5.5$  [kw],  $I_n = 12$  [A].

Guarda Motor Compacto Telemecanique GV2-LE20

- $I_e = 18$  [A],  $P_e = 7.5$  [kw], Peso = 0.33 kg.
- Se asocia con el relé térmico LRD-21.
- Corriente de Disparo, 223 [A].

Contactador de Línea y contactador Triángulo Telemecanique LC1-D18

- $I_e = 18$  [A],  $P_e = 7.5$  [kw], Peso = 0.33kg.
- Categoría de Empleo AC3.
- Contactos Auxiliares, 1'NC' y 'NA'.
- Relevé Térmico, LRD-21, regulación 12-18 [A]. Se configura en 18 [A].

Contactador de Estrella Telemecanique LC1-D12

- $I_e = 12$  [A], Peso = 0.33 [kg].
- Categoría de Empleo AC3.
- Contactos Auxiliares, 1'NC' y 'NA'.
- Temporizador LAD-S2, regulación 1-90 [s], peso 0.06 [kg].

- Taller Naval (Torno , Agujereadora de Banco, Soldadora),  $P_n = 9.2$  [kw],  $I_n = 20.27$  [A].

Interruptor Termomagnético Merlin Gerin

- $I_e = 60$  [A].
- Corriente de Ruptura = 10 [kA].
- Interruptor Bipolar.



- Generador de Agua dulce,  $P_n = 7.5$  [kw],  $I_n = 16.15$  [A].

Como este tipo de consumidor no es del tipo esencial se eligen los siguientes elementos de maniobra y protección:

Fusible de Baja Tensión Siemens NH

- $I_e = 20$  [A].
- Poder de Ruptura,  $> 100$  [kA].

Contactor Telemecanique LC1-D18

- $I_e = 18$  [A],  $P_e = 1.1$  [kw], Peso = 0.33kg.
- Categoría de Empleo AC3.
- Contactos Auxiliares, 1'NC' y 'NA'.
- Relevé Térmico, LRD-08, regulación 12-18 [A]. Configuración en 18 [A].

- Cinta Transportadora y Trituradoras de pescado,  $P_n = 1.1$ [kw],  $I_n = 2.68$  [A].

Fusible de Baja Tensión Siemens NH

- $I_e = 6$  [A].
- Poder de Ruptura,  $>1000$  [kA].

Contactor Telemecanique LC1-D09

- $I_e = 9$  [A],  $P_e = 1.1$  [kw], Peso = 0.33kg.
- Categoría de Empleo AC3.
- Contactos Auxiliares, 1'NC' y 'NA'.
- Relevé Térmico, LRD-06, regulación 1-6 [A]. Se regula en 4 [A].

- Ventilador de Sala de Procesado, Forzadores de Túnel de Congelado,  $P_n = 2.2$  [kw],  $I_n = 4.97$  [A].

Guarda Motor Compacto Telemecanique GV2-LE10

- $I_e = 6.3$  [A],  $P_e = 2.2$  [kw], Peso = 0.33 kg.
- Se asocia con el relé térmico LRD-10.
- Corriente de Disparo, 78 [A].

Contactor Telemecanique LC1-D09

- $I_e = 9$  [A],  $P_e = 4$  [kw], Peso = 0.33kg.
- Categoría de Empleo AC3.

- Contactos Auxiliares, 1'NC' y 'NA'.
- Relevo Térmico, LRD-10, regulación 4-6 [A]. Se configura en 6 [A].

- Alumbrado de Sala de Procesado,  $P_n = 0.72$  [kw],  $I_n = 7.52$  [A]

Fusibles Siemens NH

- $I_e = 10$  [A].
- Poder de Ruptura  $> 100$  [kA].

Seccionador Interruptor Zoloda

- $I_e = 16$  [A].
- Interruptor Bipolar.

- Tomas monofásicos Sala de Procesado,  $P_n = 0.7$  [kw],  $I_n = 3.18$  [A]

Interruptor Termomagnético Merlin Gerin

- $I_e = 4$  [A].
- Corriente de Ruptura = 10 [kA].
- Interruptor Bipolar.

- Tomas trifásicos Sala de Procesado,  $P_n = 14$  [kw],  $I_n = 21.27$  [A].

Interruptor Termomagnético Merlin Gerin

- $I_e = 32$  [A].
- Corriente de Ruptura = 10 [kA].
- Interruptor Tripolar.

- Grúa Puente,  $P_n = 11$  [kw],  $I_n = 22.48$  [A].

Esta máquina necesita para funcionamiento un arranque y una parada suave para evitar sacudidas o movimientos bruscos en el transporte de cargas. Para eso utilizaremos un regulador de Tensión Progresivo ALTISTART de Telemecanique.

Arrancador Suave Ralentizador Telemecanique

- $P_e = 15$  [kw].
- $I_e = 32$  [A].
- Designación, ATS 01N222QN.
- Peso 0.560 [grs].

Fusibles Siemens NH



- $I_e = 6$  [A].
- Poder de Ruptura  $> 100$  [kA].

#### Contactor Telemecanique LC1-D25

- $I_e = 25$  [A],  $P_e = 11$  [kw], Peso = 0.33kg.
- Categoría de Empleo AC3.
- Contactos Auxiliares, 1'NC' y 'NA'.
- Relevo Térmico, LRD-25, regulación 17-25 [A]. Se configura en 23 [A].

- Iluminación Cubierta Superior,  $P_n = 0.186$  [kw],  $I_n = 1.97$  [A].

#### Fusibles Siemens NH

- $I_e = 3$  [A].
- Poder de Ruptura  $> 100$  [kA].

#### Seccionador Interruptor Zoloda

- $I_e = 16$  [A].
- Interruptor Bipolar.

- Tablero de Tomas Monofásicos Cubierta Superior,  $P_n = 0.9$  [kw],  $I_n = 4.09$  [A].

#### Interruptor Termomagnético Merlin Gerin

- $I_e = 6$  [A].
- Corriente de Ruptura = 10 [kA].
- Interruptor Bipolar.

- Compresores, Túneles de Congelado N°1 y N°2,  $P_n = 75$  [kw],  $I_n = 142.31$  [A].

En este caso utilizaremos un arranque inteligente de la línea Siemens Sikostart, para evitar un arranque brusco en el compresor del Túnel de Congelado. Este tipo de equipo no solo limita la corriente de arranque a un valor deseado sino que además se puede programar la forma y el valor de tensión que se le aplica al motor durante el arranque.

#### CONTACTOR TELEMECANIQUE LC1-D150

- $I_e = 150$  [A],  $P_e = 75$  [kw], Peso = 2.5 kg.
- Categoría de Empleo AC3.
- Contactos Auxiliares, 1'NC' y 'NA'.



**ARRANCADOR ELECTRONICO SIEMENS SIKOSTART**

- $I_e = 162$  [A],  $P_e = 90$  [kw], Peso = 15.9kg.
- Designación, 3RW34 58-0DC4.



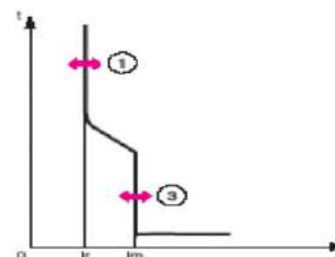
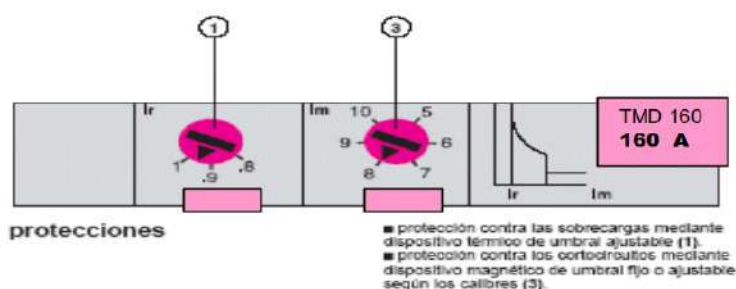
**INTERRUPTOR DE POTENCIA TELEMECANIQUE COMPACT NS 160**

- Calibre = 160 [A].
- Corriente de Ruptura, 25 [kA].
- Equipado con unidad de Disparo TM160D



La configuración del aparato de protección se realiza de la siguiente manera:

**Unidad de Disparo para Interruptores NS**  
unidades de disparo termomagnéticas TM



Interruptor Compact NS 160 TMD100			
Corriente nominal $I_n$ [A] = ▶			160
Veces la $I_n$ :	0.9	Veces la $I_r$ :	5
$I_r$ [A] = ▶	144	$I_m$ [A] = ▶	720

- Alumbrado de Sollado,  $P_n = 1.74$  [kw],  $I_n = 18.39$ [A].

**Fusibles Siemens NH**

- $I_e = 20$  [A].
- Poder de Ruptura > 100 [kA].

**Seccionador Interruptor Zoloda**

- $I_e = 16$  [A].
- Interruptor Bipolar.

- Tomas de Sollado monofásicos,  $P_n = 4.3$  [kw],  $I_n = 19.65$  [A].

Interruptor Termomagnético Merlin Gerin

- $I_e = 20$  [A].
- Corriente de Ruptura = 10 [kA].
- Interruptor Bipolar.

- Cocina Eléctrica,  $P_n = 12$  [kw],  $I_n = 18.23$  [A].

Fusibles Siemens NH

- $I_e = 20$  [A].
- Poder de Ruptura > 100 [kA].

Seccionador Interruptor Zoloda

- $I_e = 25$  [A].
- Interruptor Bipolar.

- Servicios de Lavandería,  $P_n = 1.5$  [kw],  $I_n = 10$  [A].

Interruptor Termomagnético Merlin Gerin

- $I_e = 20$  [A].
- Corriente de Ruptura = 10 [kA].
- Interruptor Bipolar.

- Heladera de Gambuza,  $P_n = 4$  [kw],  $I_n = 8.61$  [A].

Fusibles Siemens NH

- $I_e = 10$  [A].
- Poder de Ruptura > 100 [kA].

Contactora Telemecanique LC1-D09

- $I_e = 9$  [A],  $P_e = 4$  [kw], Peso = 0.33kg.
- Categoría de Empleo AC3.
- Contactos Auxiliares, '1'NC' y 'NA'.
- Relevo Térmico, LRD-09, regulación 7-10 [A]. Se configura en 9 [A].

- Compresor para Arranque del Motor principal,  $P_n = 11$  [kw],  $I_n = 22.48$  [A].

Guarda Motor Compacto Telemecanique GV2-LE22

- $I_e = 25$  [A],  $P_e = 11$  [kw], Peso = 0.33 kg.
- Se asocia con el relé térmico LRD-22.
- Corriente de Disparo, 327 [A].

Contactador de Línea y contactor Triángulo Telemecanique LC1-D25

- $I_e = 25$  [A],  $P_e = 11$  [kw], Peso = 0.33kg.
- Categoría de Empleo AC3.
- Contactos Auxiliares, 1'NC' y 'NA'.
- Relevé Térmico, LRD-22, regulación 16-24 [A]. Se setea en 20 [A].

Contactador de Estrella Telemecanique LC1-D12

- $I_e = 12$  [A], Peso = 0.33 [kg].
- Categoría de Empleo AC3.
- Contactos Auxiliares, 1'NC' y 'NA'.
- Temporizador LAD-S2, regulación 1-90 [s], peso 0.06 [kg].

- Compresor de Bodega,  $P_n = 30$  [kw],  $I_n = 58.54$  [A].

Interruptor de Potencia Telemecanique Compact NS

- Calibre TMD80 = 80 [A].
- Corriente de Ruptura, 25 [kA].
- Disparador electrónico TMD80.

Interruptor Compact NS80 TMD80			
<i>I<sub>n</sub> 80 [A]</i>			
Veces la <i>I<sub>n</sub></i> :	0.75	Veces la <i>I<sub>r</sub></i> :	2
<i>I<sub>r</sub></i> [A] = 0.75 x <i>I<sub>n</sub></i> ►	60	<i>I<sub>m</sub></i> [A] = 2 x <i>I<sub>r</sub></i> ►	120

Contactador de Línea y contactor Triángulo Telemecanique LC1-D65

- $I_e = 65$  [A],  $P_e = 30$  [kw], Peso = 1.4kg.
- Categoría de Empleo AC3.
- Contactos Auxiliares, 1'NC' y 'NA'.

Contactador de Estrella Telemecanique LC1-D40

- $I_e = 40$  [A], Peso = 1.4 [kg].
- Categoría de Empleo AC3.
- Contactos Auxiliares, 1'NC' y 'NA'.
- Temporizador LAD-S2, regulación 1-90 [s], peso 0.06 [kg].

### **Protección de Cables y Circuitos Eléctricos**

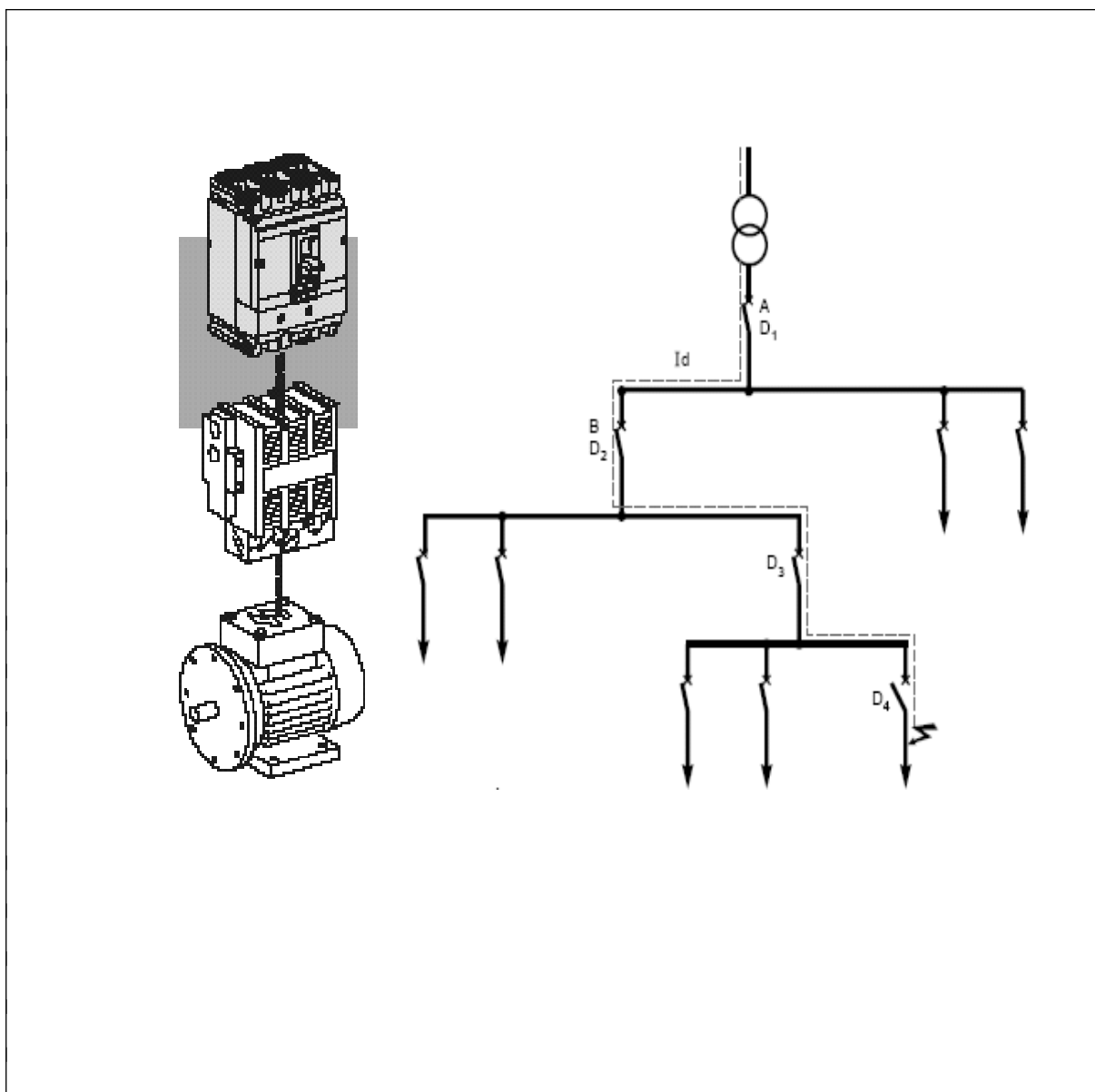
- Cable N°3, de Barras Principales a Tablero de Sollado,  $I_n = 47.92$  [A].
  - Fusibles Siemens NH.
  - $I_e = 160$  [A].
  - Poder de Ruptura,  $> 100$  [kA].
  - Seccionador Bajo Carga, Interpact INS60, MG.
  - $I_e = 60$  [A].
- Cable N°5, de Barras Principales a Tablero de Procesado,  $I_n = 29.03$  [A].
  - Fusibles Siemens NH.
  - $I_e = 125$  [A].
  - Poder de Ruptura,  $> 100$  [kA].
  - Seccionador Bajo Carga, Interpact INS40 – Merlin Gerin.
  - $I_e = 40$  [A].
- Cable N°6, de Barras Principales a Tablero de Cubierta Sup.,  $I_n = 32.1$  [A].
  - Fusibles Siemens Silized.
  - $I_e = 125$  [A].
  - Poder de Ruptura, 50 [kA].
  - Seccionador Bajo Carga, Interpact INS40 – Merlin Gerin.
  - $I_e = 40$  [A].
- Cable N°4, de Barras Principales a Tablero de Timonera,  $I_n = 14.32$  [A].
  - Fusibles Siemens NH.
  - $I_e = 125$  [A].
  - Seccionador Bajo Carga, Interpact INS40 – Merlin Gerin.
  - $I_e = 40$  [A].



Capítulo	DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA A BORDO
<b>4</b>	<b>Selectividad</b>

--





#### 4.1- SELECTIVIDAD EN UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

En una instalación eléctrica los receptores están unidos a los generadores a través de una sucesión de dispositivos de protección, seccionamiento y mando. El objetivo de la selectividad es desconectar de la red solo el receptor o derivación con defecto , para tener una continuidad máxima en el servicio . Si no se realiza un estudio de selectividad o éste está mal realizado, un defecto eléctrico puede producir

el disparo de varios dispositivos de protección. Es por ello que un único defecto puede provocar la falta de tensión en varias partes de la instalación. Esto implica una pérdida de disponibilidad de energía eléctrica en circuitos sanos, es decir sin defectos.

Para garantizar una continuidad máxima de servicio es necesario emplear dispositivos de protección coordinados entre sí. Logrando que el buque posea una instalación segura y flexible.

### **Gráficos de Selectividad**

Vamos a realizar los gráficos de selectividad para las líneas eléctricas de la instalación. Primero se identificará el sector que será analizado y luego se mostrarán las curvas Corriente vs. Tiempo. Recordamos que la corriente de falla es de 6.11 KA en el generador G1 y 4.94 [KA] en el generador G2, éstos son los valores máximos posibles en el momento del cortocircuito ya que habría un aporte simultáneo por todos los motores eléctricos del buque, en líneas generales podemos decir que los aparatos de protección cumplen con su función de protectora sobre los consumidores que se encuentran aguas abajo de los mismos.

Capítulo	ELECTROTECNIA APLICADA AL BUQUE
<b>5</b>	<b>Racionalización Eléctrica a Bordo</b>



## **5.1- CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA**

La corrección del factor de potencia en instalaciones navales trae ventajas similares a las que se producirían en instalaciones en tierra, excepto la de penalización por consumo de energía reactiva. Antes de citar los beneficios en la

compensación de energía reactiva tenemos que aclarar que no podemos lograr que se produzcan todas al mismo tiempo, algunas ventajas son:

- Reducción de las caídas de Tensión: Al disminuir la potencia reactiva transportada en las líneas también bajará la corriente y por lo tanto la caída de tensión en las líneas.
- Reducción de la sección de los conductores: Ídem al caso anterior, la conexión de condensadores disminuye la potencia reactiva, bajando el valor de la corriente y posibilitando así la reducción de sección en las líneas.
- Disminución de las pérdidas: Esto es porque disminuye las pérdidas por efecto joule ( $i^2 \times R$ ).
- Aumento de la potencia disponible en la Red: La conexión de capacitores permite aumentar la potencia útil en la red sin necesidad de aumentar la potencia que me entregarían los generadores. Esto es porque disminuye la corriente de la instalación al mejorar el factor de potencia.

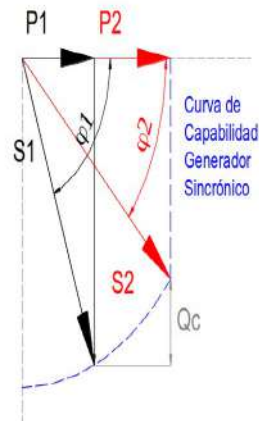
### Consideraciones sobre las ventajas mencionadas:

Tenemos que mencionar que en este tipo de instalaciones, donde tenemos un grupo generador accionado por un motor diesel, no es posible igualar la potencia activa nominal  $P_n$  con la potencia aparente nominal  $S_n$  [kva] de la máquina generatriz, es decir si nuestro buque cuenta con un generador de 275 [kva] mediante la instalación de condensadores a Bordo no podremos obtener del mismo 275 [kw]. Vamos a analizar el significado de la siguiente expresión para aclarar este concepto:

$Tg \phi = Q$  [Kva.] /  $P$  [Kw], fórmula clásica del factor de potencia, en este caso la potencia activa  $P$  está relacionada con la potencia mecánica útil que tenemos en el eje del motor a combustión interna que impulsa al alternador. Vamos a tener en cuenta el valor del factor de potencia del generador (FPg) para explicar lo siguiente:

- Cuando tenemos el factor de potencia de la instalación (**Fpi**) por debajo del factor de potencia del generador (**FPg**) es posible tener mas potencia útil disponible instalando una batería de capacitores que aporten una  $Q_c$  a la red.

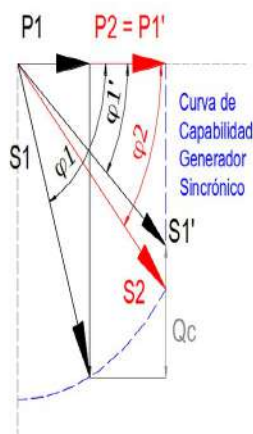
### **Diagrama Fasorial para cuando $F_{pi} < F_{pg}$**



- $\varphi_2$  = Factor de potencia nominal del Generador.
- $\varphi_1$  = Factor de potencia Inicial de la Instalación.

En este caso mediante la conexión de Capacitores que aporten a la red una potencia  $Q_c$  podemos aumentar la potencia útil disponible pasando de  $P_1$  a una  $P_2$  donde se cumple que  $P_2 > P_1$ . Pero esto no es así cuando corregimos por encima del factor de potencia nominal del generador ( $F_{Pg}$ ). Aún llevando el valor del  $F_{pi}$  a otro mayor ( $F_{pi} > F_{Pg}$ ), no lograríamos tener mayor potencia útil ya que el valor de los condensadores instalados no modificaría la potencia mecánica útil que puede desarrollar el motor de combustión interna. La única ventaja que obtendríamos es que la carga total consume menos corriente ya que el generador la vería como una carga puramente resistiva aliviando térmicamente al alternador. Si se deseara la potencia reactiva puede quedar totalmente compensada pero habría que analizar si esta acción genera dificultades económicas por la inversión a realizar y complicaciones en el tendido y armado de la instalación por el espacio y peso de los capacitores. Es muy importante no tener un exceso de energía reactiva capacitiva ya que implica un poder desmagnetizante sobre el campo magnético que sincroniza el rotor y el campo estático del generador.

### Diagrama Fasorial para cuando $F_{pi} > F_{Pg}$



- $\phi_1$  = Factor de potencia Inicial de la Instalación.
- $\phi_1'$  = Factor de potencia de la Instalación luego de la compensación.

## 5.2- FACTOR DE POTENCIA DE LA INSTALACIÓN

Primero vamos a calcular el factor de Potencia de cada generador y analizar si es conveniente la conexión de capacitores que corrijan el  $\cos \phi$  de la instalación.

### Cálculo de la Potencia Reactiva Simultánea para el Generador G1

Primero vamos a calcular el factor de Potencia de cada generador y analizar si es conveniente la conexión de capacitores que corrijan el  $\cos \phi$  de la instalación.

El gráfico muestra la variación de la potencia reactiva, vamos ahora a calcular el factor de potencia de la instalación para cada una de las SCE. En puerto la demanda de potencia es mínima ya que el sistema de Congelado solo se utiliza cuando el buque se encuentra pescando.

Los Estados de Carga presentan las siguientes características:

#### Pesca de día

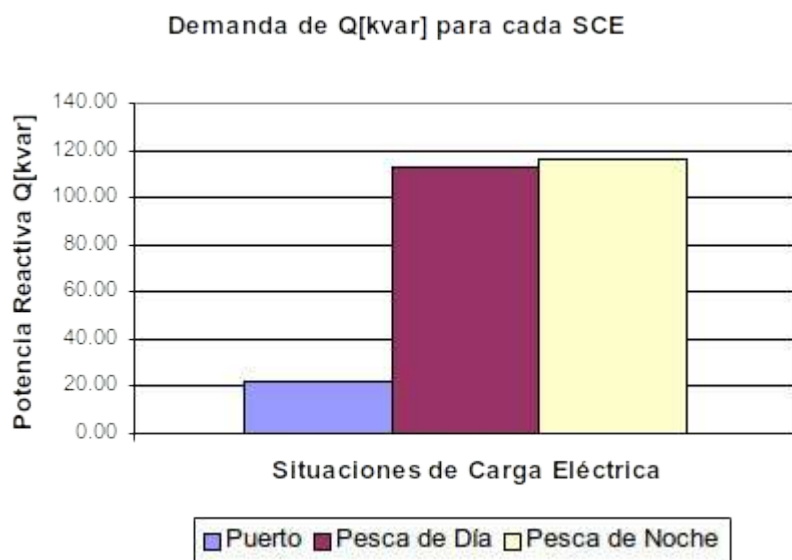
Para éste caso en la demanda de potencia reactiva predominan los sistemas de congelado y sus máquinas auxiliares.

#### Pesca de Noche

Igual que en el caso anterior pero ahora se agregan los pequeños consumos de iluminación.

Puerto

En este caso predominan los servicios de habitación y alumbrado.



Máquina alimentada desde G1	Pn [kw]	Qn [kvar]	Cos fi
Compresor de aire N°1	75	46.48	0.85
Compresor de aire N°2	75	46.48	0.85
Bomba de Refrigeración N°1	4	2.69	0.83
Bomba de Refrigeración N°2	4	2.69	0.83
Forzador N°1 (2)	4.4	3.07	0.82
Forzador N°2 (2)	4.4	3.07	0.82
Alumbrado de Sollado (CP)	1.74	3.01	0.5
Lavandería	3	2.09	0.82
Generador de agua dulce	4	2.69	0.83
Extractor de sollado	1.1	0.80	0.81
Ventilador de sollado	4.4	3.07	0.82
Bomba de Aceite CT N°1	2.2	1.54	0.82
Bomba de Aceite CT N°2	2.2	1.54	0.82
Bomba Condensado TC N°1	4	2.69	0.83
Bomba Condensado TC N°2	4	2.69	0.83
Gambuza	4	2.69	0.83
Forzador Gambuza	1.1	0.80	0.81
<b>Potencia Reactiva Total</b>		<b>128.08 Kvar</b>	
<b>Potencia Activa Total</b>		<b>198.54 Kw</b>	

SCE	Ps [kw]	Qs [kvar]	Cos φ
Puerto	19.34	15.15	0.7873

Pesca de día	179.20	112.93	0.8460
Pesca de noche	180.94	115.94	0.8420

- Qs, potencia reactiva simultánea.
- Ps, potencia activa simultánea.

Vemos que el factor de potencia es mínimo cuando la nave está en puerto, ésta situación es la mas comprometida de todas. Las acciones correctivas a realizar sería la de corregir el  $\cos \varphi$  de los tableros de iluminación para tener en la instalación un factor de potencia por encima del factor de potencia nominal del generador, aumentando así la potencia disponible.

$P_n = 1.74$  [kw], para llegar a un factor de potencia igual a uno, los capacitores a instalar son:

$$Q_c = q \times P_n = 0.75 \times 1.74 \text{ [kw]} = 1.3 \text{ [kvar]}$$

Donde q es,  $\text{tg } \varphi_{\text{inicial}} - \text{tg } \varphi_{\text{final}} = 0.75$

$$1.74 \text{ [kw]} = U \times I \times \cos \varphi = U \times I \text{ (por estar corregido)} \Rightarrow I_{\text{corregida}} = 7.9 \text{ [A]}.$$

$$Q_c = U \times I \times \text{Sen } \varphi = 220\text{v} \times I_c = 1.3 \text{ [kvar]} \Rightarrow I_c = 5.9 \text{ [A]}$$

Donde :

$I_c$ , corriente que absorbe el capacitor.

$Q_c$ , kva de los capacitores.

$$U_c = 220 \text{ [v]} = I_c \times X_c = 5,9 \text{ [A]} \cdot \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C} \Rightarrow C = 85,36 \text{ [\mu f]}$$

Luego de la compensación el factor de potencia en la instalación es:

SCE	Qs [kvar]	Cos $\varphi$
Puerto	13.41	0.8218
Pesca de día	111.19	0.8497
Pesca de noche	114.20	0.8457

### Cálculo de la Potencia Reactiva Simultánea en el Generador G2

Las SCE tenidas en cuenta son iguales a las que se analizaron en el generador G1, (Pesca de Día, Pesca de Noche y Puerto). A continuación mostraremos la demanda de potencia reactiva para los distintos estados de carga. A diferencia del caso anterior, en puerto la demanda de potencia es mayor, ya que de éste generador se desprenden consumidores relacionados a la iluminación del Buque, desagote de desperdicios, comunicación, etc.

Los Estados de Carga para el cual fue analizado son:

Pesca de día



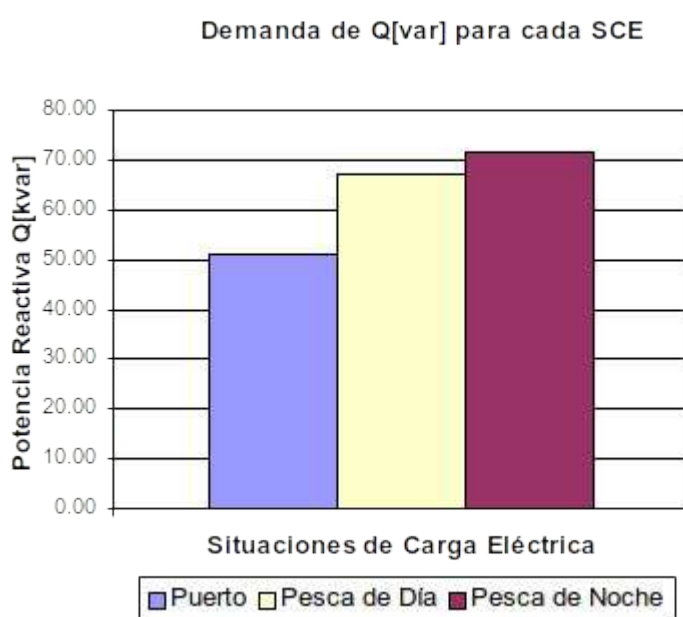
Se tuvieron en cuenta para éste cálculo la maquinaria auxiliar relacionada a la lubricación y refrigeración del motor principal, conservado del producto congelado y procesado de pescado.

Pesca de Noche

Igual que en el caso anterior pero ahora se agregan los reflectores de pesca y circuitos de Iluminación.

Puerto

En este caso se incluyeron maquinarias de mantenimiento para la nave y elementos de carga y descarga.



Máquina alimentada desde G2	Pn [kw]	Qn [kvar]	Cos φ
Soldadora	7	4.89	0.82
Bomba Condensado Bodega	4	2.69	0.83
Ventilador de SP	2.2	1.54	0.82
Extractor de SP	1.1	0.80	0.81
Alumbrado de Sala de Procesado	0.75	1.30	0.5
Cocina eléctrica	11	5.33	0.9
Ventilador de CS Y Timonera	2.2	1.54	0.82
Extractor de CS Y Timonera	1.1	0.80	0.81
Iluminación Cubierta Superior	0.186	0.32	0.5

Máquina alimentada desde G2	Pn [kw]	Qn [kvar]	Cos φ
-----------------------------	---------	-----------	-------

Bomba enfriadora de agua del MP	4	2.69	0.83
Bomba lubricación del MP	5.5	3.98	0.81
Compresor de Aire del MP	12	7.75	0.84
Purificadora de Combustible	0.75	0.54	0.81
Separador de Sentina	0.75	0.54	0.81
Bomba de Achique de Lodos	0.75	0.54	0.81
Bomba de lubricación de CR	5.5	3.84	0.82
Aire acondicionado	2	1.40	0.82
Calefacción gral.	20	9.69	0.9
Bomba de incendio	9.3	6.01	0.84
Bomba de baldeo	9.3	6.01	0.84
Bomba de agua dulce	1.1	0.80	0.81
Bomba de agua salada	1.1	0.80	0.81
Alumbrado Sala de Máquinas	0.4	0.69	0.5
Compresor de Bodega	30	18.59	0.85
Bomba de Bodega	4	2.69	0.83
Fuente de 12 v	0.5	0.30	0.86
Cargador de Baterías 12 v	0.5	0.30	0.86
Cargador de Baterías 24 v	1	0.59	0.86
Fuente de 24 v	1	0.59	0.86
Iluminación de Timonera	1.16	2.01	0.5
Reflectores de Pesca (15 x 70 w)	1.05	1.82	0.5
Bomba Timón	5	3.49	0.82
Trituradoras de pescado	1.1	0.91	0.77
Cintas transportadoras	1.1	0.91	0.77
Torno	1.1	0.91	0.77
Agujereadora de Banco	1.1	0.91	0.77
Soldadora	7	4.89	0.82
Grúa Puente	11	7.11	0.84
<b>Potencia Reactiva Total</b>		<b>98.48</b>	<b>Kvar</b>
<b>Potencia Activa Total</b>		<b>150.596</b>	<b>Kw</b>

SCE	Ps[kw]	Qs[kvar]	Cos $\varphi$
Puerto	67.00	46.34	0.8224
Pesca de día	107.65	67.32	0.8479
Pesca de noche	111.20	73.46	0.8344

En este caso sin compensar estamos por encima del factor de potencia del generador por lo que no sería necesario la corrección del  $\cos \varphi$ , de todas formas para mejorar un poco el factor de la instalación compensaremos los tableros de iluminación.

### Alumbrado de Sala de Máquinas

$P_n = 0.4$  [kw], para llegar a un factor de potencia igual a uno, los capacitores a instalar son:

$$Q_c = q \times P_n = 0.645 \times 0.4 \text{ [kw]} = 0.258 \text{ [kvar]}$$

$$0.4 \text{ [kw]} = U \times I \times \cos \varphi = U \times I \text{ (por estar corregido)} \blacktriangleright I_{\text{corregida}} = 1.81 \text{ [A]}.$$

$$Q_c = U \times I \times \text{Sen } \varphi = 220\text{v} \times I_c = 0.258 \text{ [kvar]} \blacktriangleright I_c = 1.17 \text{ [A]}$$

Donde :

$I_c$ , corriente que absorbe el capacitor.

$Q_c$ , kva de los capacitores.

$$U_c = 220 \text{ [v]} = I_c \cdot X_c = 1.17 \text{ [A]} \cdot \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot c} \Rightarrow C = 16.92 \text{ [\mu f]}$$

### Iluminación de Timonera

$P_n = 1.16$  [kw], para llegar a un factor de potencia igual a uno, los capacitores a instalar son:

$$Q_c = q \times P_n = 0.645 \times 1.16 \text{ [kw]} = 0.748 \text{ [kvar]}$$

$$1.16 \text{ [kw]} = U \times I \times \cos \varphi = U \times I \text{ (por estar corregido)} \blacktriangleright I_{\text{corregida}} = 5.27 \text{ [A]}.$$

$$Q_c = U \times I \times \text{Sen } \varphi = 220\text{v} \times I_c = 0.748 \text{ [kvar]} \blacktriangleright I_c = 3.4 \text{ [A]}.$$

$$U_c = 220 \text{ [v]} = I_c \cdot X_c = 3.4 \text{ [A]} \cdot \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot c} \Rightarrow C = 49.19 \text{ [\mu f]}$$

### Reflectores de Pesca

Los reflectores de pesca cuentan con Lámparas de Mercurio de Alta presión Osram HQL, éstas están provistas con un capacitor de 25 [μf] llevando el factor de potencia de la luminaria a un  $\cos \varphi = 0.93$ .

### Alumbrado de Sala de Procesado

$$Q_c = q \times P_n = 0.645 \times 0.75 \text{ [kw]} = 0.451 \text{ [kvar]}$$

$$0.75 \text{ [kw]} = U \times I \times \cos \varphi = U \times I \text{ (por estar corregido)} \blacktriangleright I_{\text{corregida}} = 3.4 \text{ [A]}.$$

$$Q_c = U \times I \times \text{Sen } \varphi = 220\text{v} \times I_c = 0.451 \text{ [kvar]} \blacktriangleright I_c = 2.05 \text{ [A]}.$$

$$U_c = 220 \text{ [v]} = I_c \cdot X_c = 2.05 \text{ [A]} \cdot \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot c} \Rightarrow C = 29.66 \text{ [\mu f]}$$

Iluminación de Cubierta Superior

$$Q_c = q \times P_n = 0.645 \times 0.186 \text{ [kw]} = 0.119 \text{ [kvar]}$$

$$0.186 \text{ [kw]} = U \times I \times \cos \varphi = U \times I \text{ (por estar corregido)} \blacktriangleright I_{\text{corregida}} = 0.845 \text{ [A]}.$$

$$Q_c = U \times I \times \text{Sen } \varphi = 220\text{v} \times I_c = 0.119 \text{ [kvar]} \blacktriangleright I_c = 0.54 \text{ [A]}.$$

$$U_c = 220 \text{ [v]} = I_c \cdot X_c = 0.54 \text{ [A]} \cdot \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C} \Rightarrow C = 7.81 \text{ [\mu f]}$$

Conectando estos capacitores el factor de potencia de la instalación queda:

SCE	Qs [kvar]	Cos φ
puerto	40.20	0.8575
pesca de día	61.17	0.8694
pesca de noche	67.32	0.8555

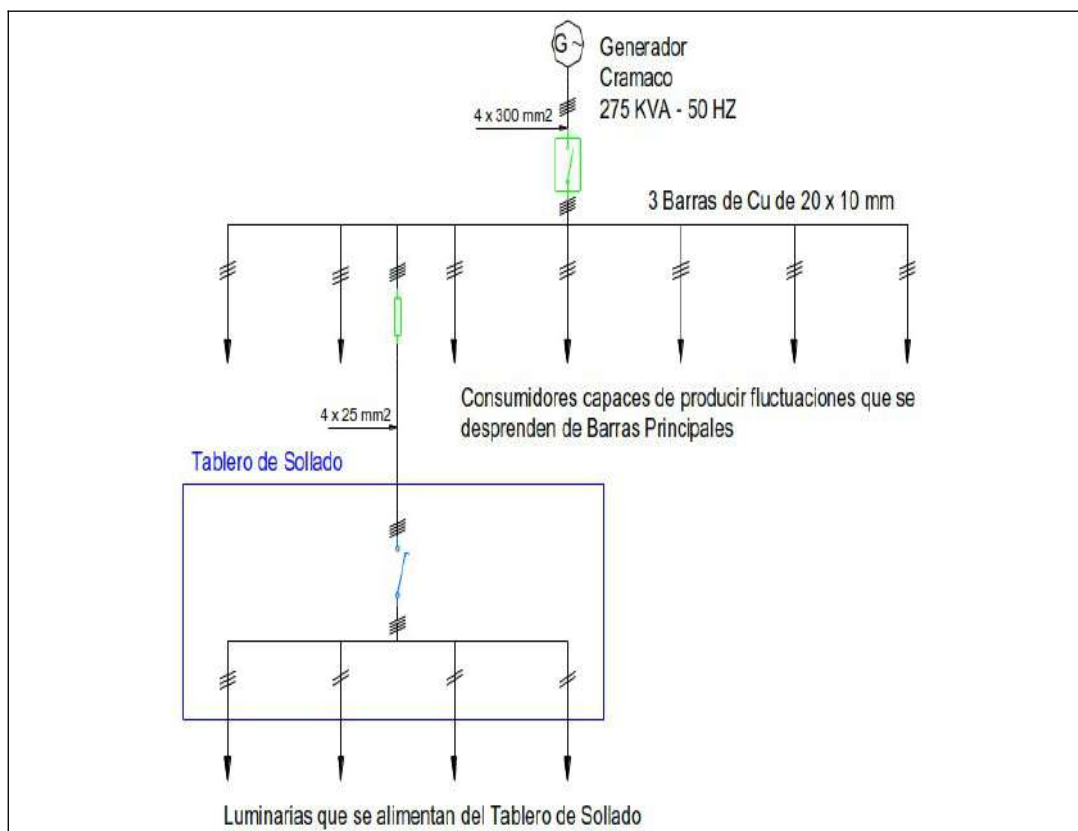
**5.2-**

**PREVENCIÓN DE FLICKER**

El flicker es la impresión de fluctuación en el brillo o color de la iluminación de una lámpara. El flicker cíclico es causado por cargas fluctuantes, tal como los hornos de arco eléctrico, los soldadores de arco, las bombas y compresores. El flicker no cíclico es causado por fluctuaciones de carga, como el que se produce en el arranque de los motores grandes. Algo muy importante al analizar el fenómeno de flicker es que este es un problema de percepción visual. Tenemos que evitar que se produzca para mejorar la calidad en el servicio de iluminación. Vamos a estudiar la posibilidad de que se produzca flicker, calculando las caídas de tensión desde la generación hasta el punto de acometida común (PAC). Solo tendremos en cuenta los equipos capaces de producir este tipo de perturbación, podemos citar a las bombas de levas y compresores alternativos (arranque del motor principal y compresor de mantenimiento de bodega). Diversas investigaciones se han desarrollado para explicar éste fenómeno; estudios de fluctuación de voltaje realizado en los años 30 por Duquesme Light Company, condujeron a la enumeración de fronteras de visibilidad y de irritación. Esta curva que se muestra en la figura 1, expresa variaciones de voltaje en porcentaje de los valores nominales y ha sido adoptada ampliamente por muchas empresas de distribución. En éste trabajo se adoptó la norma IRAM 2492, Parte III que contiene información un poco más actualizada. La figura 2 es la representación del Número de variaciones relativas de tensión máxima admisible en función del número de variaciones de voltaje por segundo.

### **Generador G1**

Se calcularán las caídas de tensión en las líneas de cada máquina desde los bornes del generador hasta llegar al PAC (punto de acometida común). Dada a su excelente regulación de tensión la impedancia de la máquina generatriz no se ha tenido en cuenta. El esquema unifilar del tendido eléctrico para el generador G1 es el siguiente:



Como muestra el esquema anterior en el tablero de sollado se encuentra la alimentación para las luminarias de dicho ambiente, sobre este tablero no se encuentran cargas capaces de producir el fenómeno de Flicker, ya que corresponden a los servicios de habitación.

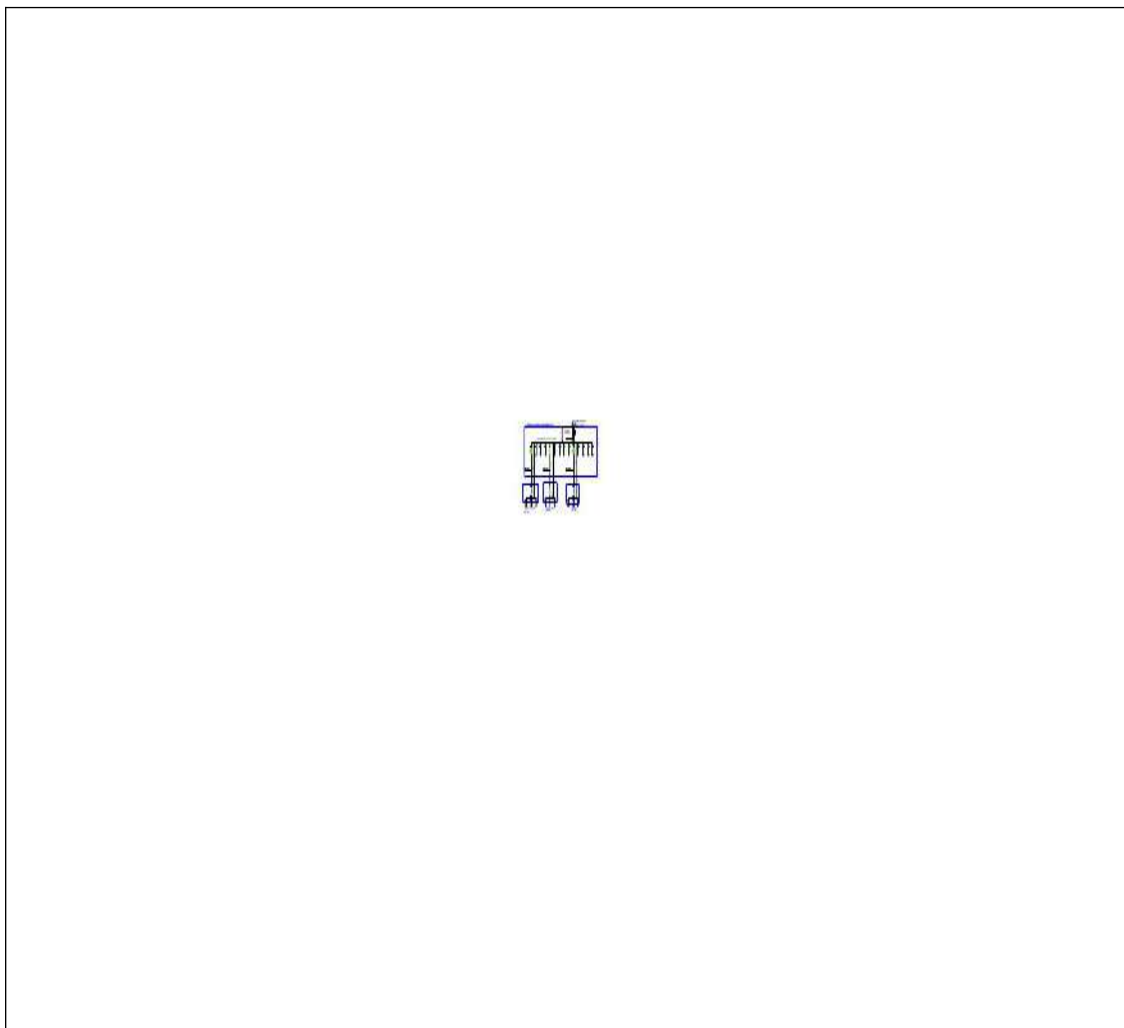
### **Generador G2**

Pasamos a ver el esquema unifilar aproximado de este generador. Calculemos la caída de Tensión que se produce en el PAC para determinar si se

produce Flicker para las luminarias que se alimentan del tablero Principal, Cubierta Superior, Sala de Procesado y Timonera.

### **Iluminación de Sala de Máquinas**

Conductor de 300 mm<sup>2</sup> (cable 1)



Sobre esta línea se desprende las luminarias de Sala de Máquinas y la alimentación de las siguientes cargas capaces de producir perturbaciones de voltaje:

- Bomba Lubricación Motor Principal, labs. = 12 [A].
- Compresor de Arranque Motor Principal, labs. = 22.48 [A].
- Bomba lubricación Caja Reductora, labs. = 12 [A].
- Compresor de Bodega, labs. = 58.54 [A].
- Bomba servomecanismo de Timón, labs. = 12 [A].

- Soldadora de Arco, labs. = 14.91 [A].

La caída de tensión sobre esta línea puede producir la variación de iluminación en las luminarias de Sala de Máquinas. Los resultados son:

Cable	R [ $\Omega$ /km]	X [ $\Omega$ /km]	L [ Km ]	$\varphi^\circ$	IF[A]	$\Delta U/U\%$	s[mm <sup>2</sup> ]
Cable 1	0.0601	0.068	0.007	48.53	131.93	0.0382	300

Como se verá, tanto para este caso como para los restantes, los cálculos verifican al valor de frecuencia de pulsación más desfavorable (peor de los casos), es por eso que no se utilizan las frecuencias de variación propias de cada equipo. Como muestra la figura 2 la iluminación de Sala de Máquinas no sufre ningún tipo de perturbación.

### Iluminación de Sala de Procesado

Conductor de 25 mm<sup>2</sup> (cable 5)

Sobre ésta línea tenemos consumidores relacionados al procesado de pescado incapaces de producir fluctuaciones de tensión que provoquen una variación en la intensidad de iluminación.

### Iluminación de Timonera y Cubierta Superior

Conductor de 6 mm<sup>2</sup> (cable 4 y 6)

No tenemos fuentes de perturbación en esta línea es por eso que en la iluminación de Timonera y Cubierta Superior no se produce ningún tipo de perturbación.

Capítulo	LUMINOTECNIA
<b>6</b>	<b>Iluminación Interior y Exterior</b>



## **6.1-**

## **ILUMINACIÓN INTERIOR**



Realizaremos el cálculo de la iluminación del buque, con las iluminancias mínimas que indica la norma DIN 5035. El método utilizado es el método del flujo Luminoso. Nos remitimos una vez más al Régimen Técnico del Buque de Prefectura Naval Argentina para citar las normas que regulan el tipo de luminaria a utilizar en este tipo de Instalaciones:

*Agregado N°1 a la ordenanza marítima n° 3-991, Normas de Seguridad para la construcción y equipamientos de Embarcaciones.*

*4.9 – Instalaciones Eléctricas:*

*4.9.5 – La instalación eléctrica estará constituida por elementos y conductores de uso naval. Se dispondrán de todos los elementos de maniobra y protección que correspondan. Adicionalmente se dispondrá de todo el instrumental necesario para la correcta verificación de la carga y descarga de las baterías así como la tensión de los mismos.*

### **Fórmulas y presentación del Método**

Para el cálculo del alumbrado interior se tuvo en cuenta el tipo de actividad a desarrollar las dimensiones y características físicas del local a iluminar. Conocidos estos datos se puede fijar la iluminancia media a obtener y las condiciones de calidad que debe cumplir el alumbrado de acuerdo a los factores que influyen en la visión, para determinar el tipo de luminaria más conveniente.

### **Flujo Luminoso, $\Phi$**

La fórmula del flujo luminoso es la siguiente:

$$\phi T = \frac{Em \cdot S}{\eta \cdot fc}$$

donde:

**Em:** iluminancia mínima de la industria, se determina de acuerdo a la actividad a desarrollar según tablas confeccionadas (DIN 5035).

**S:** superficie del local.

**$\eta$ :** rendimiento total donde  $\eta = \eta_r \times \eta_L$ ,  $\eta_r$  es el rendimiento del local obtenido por tabla, depende de las dimensiones del local y  $\eta_L$  es el rendimiento de la luminaria, dato del fabricante.

**fc:** factor de conservación, depende de la pérdida del flujo luminoso por el envejecimiento de la luminaria y del polvo que puede depositarse en ella. Para determinar el  $\eta_r$  es necesario calcular, el índice del local  $k$  y los factores de reflexión.

### Índice del Local, K

La influencia de las dimensiones del local en el rendimiento de la luminaria viene dado por un índice que las relaciona, y que se calcula así:

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

donde:

a y b son el largo y ancho del local.

h: la distancia entre la luminaria y el plano de trabajo.

### Factor de reflexión, $\rho$

Como estamos en presencia de ambientes pequeños no hay en éstos frisos o paredes de diversos colores, todos los recintos a considerar poseen una cierta uniformidad de colores.

## 6.2- DESARROLLO DEL CÁLCULO

*Para el cálculo se utilizarán tubos fluorescentes Osram T12 de 40 w y 20 w, cuyos flujos luminosos nominales son  $\Phi_n = 2950 \text{ lm}$  y  $\Phi_n = 1080 \text{ lm}$  respectivamente, además del Plafón estanco de Cuerpo de policarbonato autoextinguible V2 inyectado, con burlete de poliuretano y prensacable Estanco. Aplicaciones: áreas húmedas y polvorrientas, laboratorios, garages, túneles, uso industrial, etc.*



### Iluminación de Timonera

- Superficie del piso, Spiso = 19.2 m<sup>2</sup>.
    - $\rho_{\text{techo}} = 0.7$                       -  $\rho_{\text{piso}} = 0.2$                       -  $\rho_{\text{pared}} = 0.5$
- $$K = \frac{a \times b}{h \cdot (a + b)} = \frac{4 \times 4.8}{2.4 \times (4 + 4.8)} = 0.909$$

De la tabla 20-4 y con los datos anteriores resulta  $\eta r = 0.69$ .

$\eta L = 0.86$ , dato obtenido por el fabricante  $\rightarrow \eta = \eta r \cdot \eta L = 0.69 \times 0.86 = 0.593$ .

$F_c = 0.75$  (previendo una buena conservación).

$E_m = 500 \text{ lx}$ , (ambientes con proceso de datos con normal cometida visual).

$$\phi T = \frac{E_m \cdot S}{\eta \cdot f_c} = \frac{500 \text{ lx} \cdot 19.2 \text{ m}^2}{0.593 \cdot 0.75} = 25246.54 \text{ lm}$$

$$N = \frac{\phi T}{\phi_i} = \frac{25246.54 \text{ lm}}{2950 \text{ lm}} = 8.55$$

Se adoptan 8 tubos de 40 W.

### Cubierta Superior

#### Cuarto de Capitán

- Superficie del piso, Spiso = 6.08 m<sup>2</sup>.
    - $\rho_{\text{techo}} = 0.7$                       -  $\rho_{\text{piso}} = 0.2$                       -  $\rho_{\text{pared}} = 0.5$
- $$K = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)} = \frac{6.08 \text{ m}}{2.15 \text{ m} \cdot (3.2 + 1.9) \text{ m}} = 0.55$$

De la tabla 20-4 y con los datos anteriores resulta  $\eta r = 0.48$

$\eta L = 0.86$ , dato obtenido por el fabricante.  $\rightarrow \eta = \eta r \cdot \eta L = 0.48 \times 0.86 = 0.412$

$F_c = 0.75$  (previendo una buena conservación).

$E_m = 120 \text{ lx}$ , (ambientes de vivienda).

$$\phi T = \frac{E_m \cdot S}{\eta \cdot f_c} = \frac{120 \text{ lx} \cdot 6.08 \text{ m}^2}{0.412 \cdot 0.75} = 2356.58 \text{ lm}$$

$$N = \frac{\phi T}{\phi_i} = \frac{2356.58 \text{ lm}}{2950 \text{ lm}} = 0.798$$

Se adopta un tubo de 40 W.

### Pasillo a Proa

- Superficie del piso, Spiso = 4.84 m<sup>2</sup>.

$$\begin{array}{lll} - \rho_{\text{techo}} = 0.7 & - \rho_{\text{piso}} = 0.2 & - \rho_{\text{pared}} = 0.5 \end{array}$$

$$K = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)} = \frac{1,1.4,4 \text{ m}}{2,15 \text{ m} \cdot (5,5) \text{ m}} = 0,409$$

De la tabla 20-4 y con los datos anteriores resulta  $\eta_r = 0.48$

$$\eta_L = 0.86, \text{ dato obtenido por el fabricante} \rightarrow \eta = \eta_r \cdot \eta_L = 0.48 \times 0.86 = 0.412$$

Fc = 0.75 (previendo una buena conservación).

Em = 60 lx, (Zonas de circulación industrial).

$$\phi T = \frac{Em \cdot S}{\eta \cdot fc} = \frac{60 \text{ lx} \cdot 4,84 \text{ m}^2}{0,412 \cdot 0,75} = 939,8 \text{ lm}$$

$$N = \frac{\phi T}{\phi_i} = \frac{939,8 \text{ lm}}{1080 \text{ lm}} = 0,87$$

Se adopta un tubo Osram T12 de 20 W, y  $\Phi_i = 1080 \text{ lm}$ .

### Cubierta Principal

#### Cocina- Comedor

- Superficie del piso, Spiso = 26.1 m<sup>2</sup>.

$$\begin{array}{lll} - \rho_{\text{techo}} = 0.7 & - \rho_{\text{piso}} = 0.2 & - \rho_{\text{pared}} = 0.5 \end{array}$$

$$K = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)} = \frac{4,87.5,36 \text{ m}}{2,1 \text{ m} \cdot (4,87 + 5,36) \text{ m}} = 1,21$$

De la tabla 20-4 y con los datos anteriores resulta  $\eta_r = 0.78$

$$\eta_L = 0.86, \text{ dato obtenido por el fabricante.} \rightarrow \eta = \eta_r \cdot \eta_L = 0.78 \times 0.86 = 0.67$$

Fc = 0.6

Em = 250 lx, (recintos de tipo vivienda).

$$\phi T = \frac{Em \cdot S}{\eta \cdot fc} = \frac{250 \text{ lx} \cdot 26,1 \text{ m}^2}{0,67 \cdot 0,6} = 16231,34 \text{ lm}$$

$$N = \frac{\phi T}{\phi_i} = \frac{16231,34 \text{ lm}}{2950 \text{ lm}} = 5,5$$

Se adoptan un 5 tubos de 40 W,  $\Phi_i = 2950 \text{ lm}$ .

### Pañol de Máquinas y Mantenimiento

- Superficie del piso, Spiso = 8,4 m<sup>2</sup>.

$$\text{- } \rho_{\text{techo}} = 0.7 \quad \text{- } \rho_{\text{piso}} = 0.2 \quad \text{- } \rho_p = 0.5$$

$$K = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)} = \frac{2,4 \cdot 3,5 \text{ m}^2}{2,1 \text{ m} \cdot (5,9) \text{ m}} = 0,677$$

De la tabla 20-4 y con los datos anteriores resulta  $\eta_r = 0.48$

$\eta_L = 0.86$ , dato obtenido por el fabricante.  $\rightarrow \eta = \eta_r \cdot \eta_L = 0.48 \times 0.86 = 0.4$

$F_c = 0.6$

$E_m = 250 \text{ lx}$ , (taller de actividad industrial).

$$\phi T = \frac{E_m \cdot S}{\eta \cdot f_c} = \frac{250 \text{ lx} \cdot 8,4 \text{ m}^2}{0,4 \cdot 0,6} = 8750 \text{ lm}$$

$$N = \frac{\phi T}{\phi_i} = \frac{8750 \text{ lm}}{2950 \text{ lm}} = 2,96$$

Se adoptan 3 tubos de 40 W,  $\Phi_i = 2950 \text{ lm}$ .

### Sala de Procesado, Sector A

- Superficie del piso, Spiso = 22.2 m<sup>2</sup>.

$$\text{- } \rho_{\text{techo}} = 0.7 \quad \text{- } \rho_{\text{piso}} = 0.2 \quad \text{- } \rho_p = 0.5$$

$$K = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)} = \frac{3,7 \cdot 6 \text{ m}^2}{2,1 \cdot (3,7 + 6) \text{ m}^2} = 1,08$$

De la tabla 20-4 y con los datos anteriores resulta  $\eta_r = 0.69$

$\eta_L = 0.86$ , dato obtenido por el fabricante.  $\rightarrow \eta = \eta_r \cdot \eta_L = 0.69 \times 0.86 = 0.593$

$F_c = 0.5$ , se considera una mala conservación.

$E_m = 250 \text{ lx}$ , (industria y manufactura con cometidos visuales medios).

$$\phi T = \frac{E_m \cdot S}{\eta \cdot f_c} = \frac{250 \text{ lx} \cdot 22,2 \text{ m}^2}{0,593 \cdot 0,67} = 13968,94 \text{ lm}$$

$$N = \frac{\phi T}{\phi_i} = \frac{13968,94 \text{ lm}}{2950 \text{ lm}} = 4,73$$

Se adoptan 5 tubos de 40 W,  $\Phi_i = 2950 \text{ lm}$ .

Sala de Procesado, Sector B

- Superficie del piso, Spiso =  $25.8 \text{ m}^2$ .

$$\rho_{\text{techo}} = 0.7 \quad - \quad \rho_{\text{piso}} = 0.2 \quad - \quad \rho_p = 0.5$$

$$K = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)} = \frac{4,3 \cdot 6 \text{ m}^2}{2,1 \cdot (4,3 + 6) \text{ m}^2} = 1,19$$

De la tabla 20-4 y con los datos anteriores resulta  $\eta_r = 0.78$

$\eta_L = 0.86$ , dato obtenido por el fabricante.  $\rightarrow \eta = \eta_r \cdot \eta_L = 0.78 \times 0.86 = 0.67$

$F_c = 0.5$

$E_m = 250 \text{ lx}$ .

$$\phi T = \frac{E_m \cdot S}{\eta \cdot f_c} = \frac{250 \text{ lx} \cdot 25,8 \text{ m}^2}{0,5 \cdot 0,67} = 19253,73 \text{ lm}$$

$$N = \frac{\phi T}{\phi_i} = \frac{19253,73 \text{ lm}}{2950 \text{ lm}} = 6,52$$

Se adoptan 6 tubos de 40 W,  $\Phi_i = 2950 \text{ lm}$ .

Sala de Procesado, Sector C

- Superficie del piso, Spiso =  $28.5 \text{ m}^2$ .

$$\rho_{\text{techo}} = 0.7 \quad - \quad \rho_{\text{piso}} = 0.2 \quad - \quad \rho_p = 0.5$$

$$K = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)} = \frac{7,5 \cdot 3,8 \text{ m}^2}{2,1 \cdot (7,5 + 3,8) \text{ m}^2} = 1,2$$

De la tabla 20-4 y con los datos anteriores resulta  $\eta_r = 0.78$

$\eta_L = 0.86$ , dato obtenido por el fabricante.  $\rightarrow \eta = \eta_r \cdot \eta_L = 0.78 \times 0.86 = 0.67$

$F_c = 0.5$

$E_m = 250 \text{ lx}$ .

$$\phi T = \frac{E_m \cdot S}{\eta \cdot f_c} = \frac{250 \text{ lx} \cdot 28,5 \text{ m}^2}{0,5 \cdot 0,67} = 21268,65 \text{ lm}$$

$$N = \frac{\phi T}{\phi_i} = \frac{21268,65 \text{ lm}}{2950 \text{ lm}} = 7,2$$

Se adoptan 7 tubos de 40 W,  $\Phi_i = 2950 \text{ lm}$ .

## Bajo Cubierta

### Sala de Máquinas

- Superficie del piso, Spiso = 56 m<sup>2</sup>.

$$- \rho_{\text{techo}} = 0.8 \quad - \rho_{\text{piso}} = 0.2 \quad - \rho_p = 0.5$$

$$K = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)} = \frac{8.7 \text{ m}^2}{2,1 \cdot (8 + 7) \text{ m}^2} = 1.77$$

De la tabla 20-4 y con los datos anteriores resulta  $\eta_r = 0.91$

$\eta_L = 0.86$ , dato obtenido por el fabricante.  $\rightarrow \eta = \eta_r \cdot \eta_L = 0.91 \times 0.86 = 0.782$

$F_c = 0.5$

$E_m = 250 \text{ lx}$ , (recintos industriales con cometidos visuales medios).

$$\phi_T = \frac{E_m \cdot S}{\eta \cdot f_c} = \frac{250 \text{ lx} \cdot 56 \text{ m}^2}{0,5 \cdot 0,782} = 35805,62 \text{ lm}$$

$$N = \frac{\phi_T}{\phi_i} = \frac{35805,62 \text{ lm}}{2950 \text{ lm}} = 12,13$$

Se adoptan 12 tubos de 40 W,  $\Phi_i = 2950 \text{ lm}$ .

## 6.3-

## ILUMINACIÓN EXTERIOR

### Fórmulas y presentación del Método

Para el prediseño del alumbrado exterior de nuestra nave vamos a utilizar el método de 'lúmenes del haz, éste cálculo es el más utilizado por su sencillez y rapidez. Éste método solo nos dará una aproximación de los puntos de luz necesarios para tener la iluminancia mínima establecida por norma. El inconveniente de este procedimiento es que no refleja la utilización del flujo luminoso de las luminarias ya que en el cálculo no está en función de la dirección o enfoque del reflector. Una vez realizado el cálculo se verificarán los resultados a través de un Software de Luminotecnia (Lumenlux 2005).

Se determina el número de proyectores necesarios mediante la fórmula:

$$N = \frac{E_m \cdot S}{\phi \cdot C_u \cdot F_c}$$

Donde:

- N = Número de proyectores necesarios.
- Em = Iluminancia media (lux).
- S = Superficie a iluminar (m<sup>2</sup>).
- Φ = Lúmenes del haz proyector.
- Cu = Coeficiente de utilización del haz.
- Fc = Factor de conservación de la instalación.

### **Iluminancia Media, Em**

Se fija para cada clase de alumbrado, de acuerdo a los valores recomendados por las normas citadas anteriormente.

### **Lúmenes del haz Proyector, Φ**

Corresponde al flujo luminoso útil, siendo igual al producto de los lúmenes de la lámpara por la eficacia o rendimiento del proyector. Éste es un dato facilitado por el fabricante.

### **Coeficiente de Utilización del haz, Cu**

Este coeficiente viene dado por la relación entre los lúmenes que inciden sobre la superficie a iluminar y los lúmenes del haz. Representa la utilización de los rayos luminosos que lanza un proyector desde un emplazamiento fijado y orientado en una determinada dirección, su valor varía con dichos emplazamientos y dirección, entre 0.6 y 0.9.

### **Factor de Conservación, Fc**

Los factores de conservación son de 0.65 para proyectores abiertos y de 0.75 para proyectores cerrados.

## **6.4- DESARROLLO DEL CÁLCULO**

Como expresamos anteriormente el número de luminarias a instalar viene dado por la ecuación:

$$N = \frac{Em \cdot S}{\phi \cdot Cu \cdot Fc}$$

- Em = para determinar el nivel de iluminancia media nos basamos en la Ley 19.587 de Higiene y Seguridad Capítulo XII ANEXO IV, que es más específica que la DIN 5035. La misma establece que:

Tareas intermitentes ordinarias y fáciles, con contrastes fuertes, requieren de una iluminancia media de 100 a 300 Lx. Dichas tareas pueden ser por ejemplo trabajos simples, intermitentes y mecánicos de inspección general, contado de partes de stock y colocación de maquinaria pesada. Adoptamos para este proyecto 200 lx.



- $\Phi = \Phi_n \times \eta =$  flujo luminoso nominal de la lámpara x rendimiento del proyector. Todos son datos del fabricante, el reflector y las lámparas a utilizar son:



Reflector Lumenac MAX 2 Simétrico, Cuerpo de aluminio inyectado en una sola pieza con aletas de enfriamiento, IP 65. Aplicaciones para grandes áreas industriales, perímetros, etc. Rendimiento del proyector  $\eta = 0.7$ .



Luminaria Osram POWERSTAR HQI T, son lámparas de Halogenuros Metálicos que se caracterizan por su alta Eficacia luminosa y excelente reproducción cromática.  $P_n = 70 \text{ W}$ ;  $\Phi_n = 5500 \text{ lm}$

- $\Phi = \Phi_n \times \eta = 5500 \text{ lm} \times 0.7 = 3850 \text{ lm}$ .
- $C_u =$  Debido a las bajas alturas de emplazamiento el reflector es concentrador, por lo tanto se toma 0,75.
- $F_c = 0.75$  reflectores cerrados.
- **Superficie de Proa,  $S_{pr} = 65.34 \text{ m}^2$** ,  $N = \frac{E_m \cdot S}{\phi \cdot C_u \cdot F_c} = \frac{200 \text{ lx} \cdot 65.34 \text{ m}^2}{3850 \text{ lm} \cdot 0.9 \cdot 0.75} = 5.02$

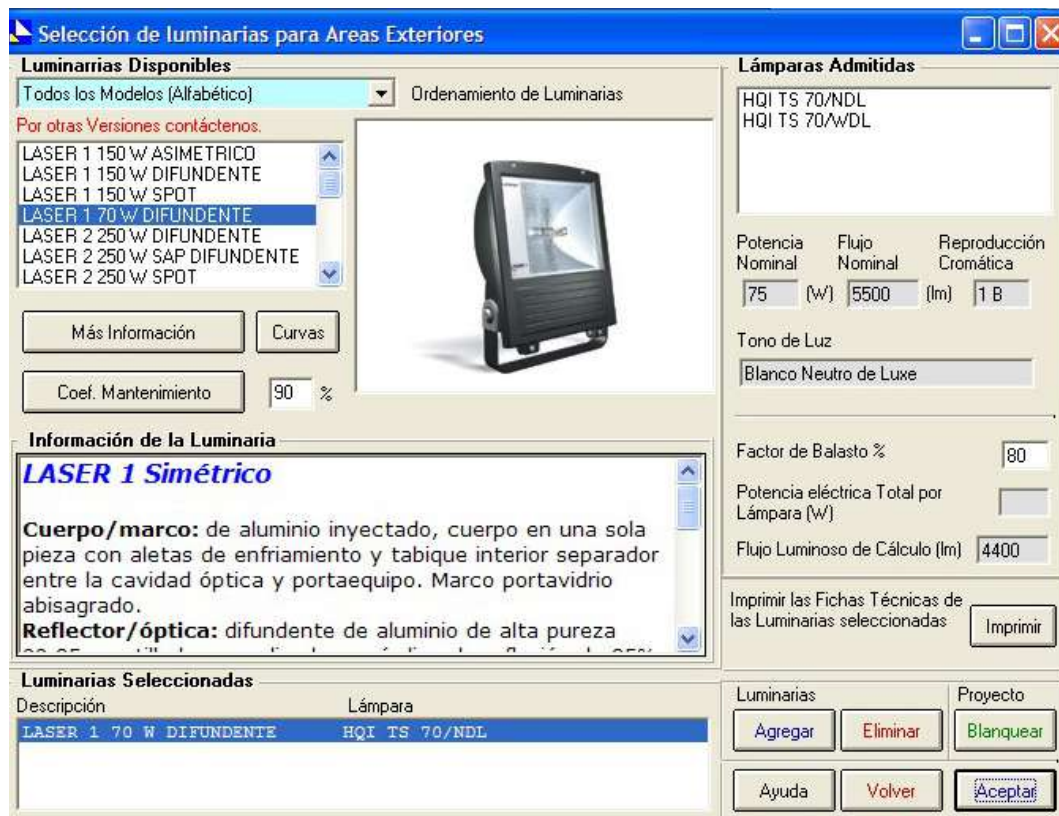
Se adoptarían en primera instancia 5 reflectores de 70 W, este valor será verificado posteriormente mediante el Software para Cálculos Luminotécnicos LUMENAC 2005.

### Lumenac 2005 para Alumbrado Exterior

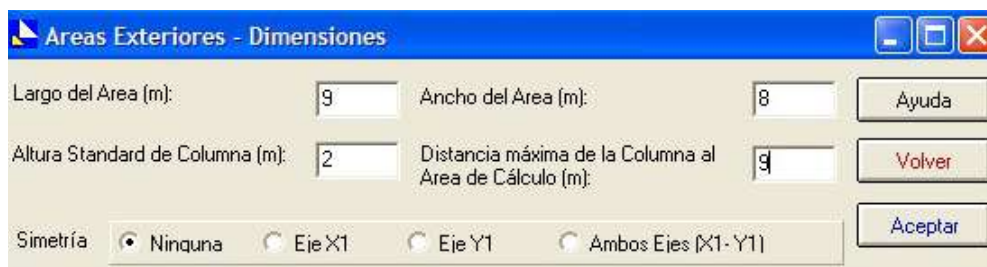
En primera instancia se eligieron las luminarias y proyectores para realizar el alumbrado de los distintos ambientes. Como se indica en la ventana se eligieron reflectores de poca potencia ya que no se podría lograr una iluminación simétrica concentrando todo el flujo luminoso en una sola luminaria sobre todo en una superficie tan poco simétrica como la cubierta de un barco pesquero.

El coeficiente de mantenimiento para reflectores cerrados es 0.9, el rendimiento del balasto está representado por el factor de balasto y es igual a 0.8

este valor implica que. La vida media de los balastos es de unos 10 años de funcionamiento continuo en condiciones normales de uso. Sin embargo, una elevación de temperatura del 10% sobre su temperatura nominal de funcionamiento, puede reducir su vida útil a la mitad. Ref: Doc. N° 82 de la C.E.I. "Ballast Pour Lampes Fluorescentes".



Luego se indican las medidas aproximadas de la zona a iluminar, la disposición de las luminarias será simétrica al eje X. La distancia máxima de la columna al área de cálculo es la distancia máxima desde el reflector hacia cualquier borde que forma el área a iluminar.



Luego se colocan las coordenadas de enfoque (posición del reflector) y la ubicación del reflector en la tabla que se muestra a continuación.

Zoom: 100 %

X (m)= 40.458  
Y (m)= -11.288

Largo: 9 m    Ancho: 8 m    Altura Inicial de Columna: 2 m    Distancia máxima al Borde: 10 m

Modelo de Luminaria:  A    B    C    D   Modelo: LASER 1 70 W DIFUNDEnte

Factor de Balasto Luminaria: A

80

Columnas    Enfoque

Modifica/Borra

Tabla

Ayuda

Volver

Aceptar

Orden	Coordenadas de la Columna			Coordenadas del Enfoque			Luminaria	Encendido
	Xc (m)	Yc (m)	Zc (m)	Xe (m)	Ye (m)	Ze (m)		
1	-0.5	1.5	2	6	6	0	A	S
2	-0.5	6.5	2	6	6	0	A	S
3	1.5	5	4	8.5	4.5	0	A	S
4	1.5	3	4	8.5	3.5	0	A	S

El siguiente paso consiste en diseñar la grilla de cálculo es decir dividir en partes la zona a iluminar, en dichas partes se calcularán los distintos valores de iluminancias que tenemos. La posición de las luminarias del centro del esquema irían ubicadas sobre la parte superior de la timonera es este el motivo de sus coordenadas en el eje Z. Las que están en los extremos se colocan en cubierta superior y su altura de iluminación es mucho menor. El objetivo y la razón del enfoque de todos los reflectores es lograr una iluminancia de 200 lx sobre el área de la maquinilla de arrastre del ancla para poder realizar tareas de mantenimiento o inspección sobre dicho perímetro. La posición de la misma es de 6 mts. sobre el eje X1 que indica el esquema.

**a) Grillas Predefinidas:**

Se describen las alternativas disponibles para definir la distribución de puntos de cálculo, sobre los cuales LumenLUX determinará los niveles de iluminación. Los valores calculados en cada punto, es la suma de aportes de todos los proyectores instalados.

**Descripción de las Grillas de Cálculo:**

**b) EH en un Plano:**

Se considera una grilla horizontal sobre el Área de Cálculo, elevada según la coordenada Z respecto al plano de referencia (piso). En cada punto de la grilla, se calcula la iluminancia horizontal.

**c) EV en un Plano:**

Se considera una grilla elevada según la coordenada Z respecto al plano de referencia (piso). En cada punto de la grilla, se calculan las iluminancias verticales orientadas en 4 direcciones ortogonales.

LumenLUX permite elegir una dirección de observación que actúa como dirección de referencia, a partir de la cual quedan definidas las otras direcciones en cuadratura.

**d) Puntos de Cálculo:**

Una vez elegida la grilla y tipo de cálculo, se define su posición con respecto al área de proyecto, mediante el sector de pantalla "Puntos de Cálculo".

En primer lugar se ingresan las coordenadas (Xo,Yo) correspondientes al vértice inicial de la grilla, y punto a partir del cual se establece la longitud en la dirección del eje X y en la dirección del eje Y.

Con todos los parámetros definidos se procede al cálculo de iluminancias verificando los valores preestablecidos y que fueron calculados en una primera aproximación por el método del flujo luminoso. Los resultados fueron:

**Areas Exteriores - Datos y Resultados del Proyecto**

**Datos del Proyecto**

Tipos de Luminarias 1      Coef. Mantenimiento 0.90

**Luminarias**

LASER 1.70 W DIFUNDEnte      Flujo Luminoso 4 klm  
 Factor de Balasto 80 %

**Resultados del Proyecto**

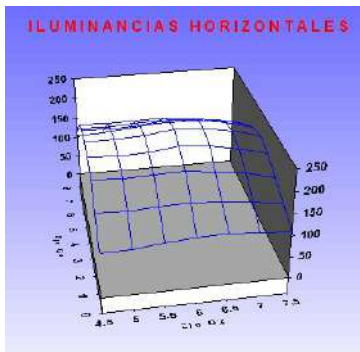
Illuminancia Media (E<sub>med</sub>): 169.3 lux  
 Illuminancia Mínima (E<sub>min</sub>): 104.0 lux  
 Illuminancia Máxima (E<sub>máx</sub>): 227.0 lux

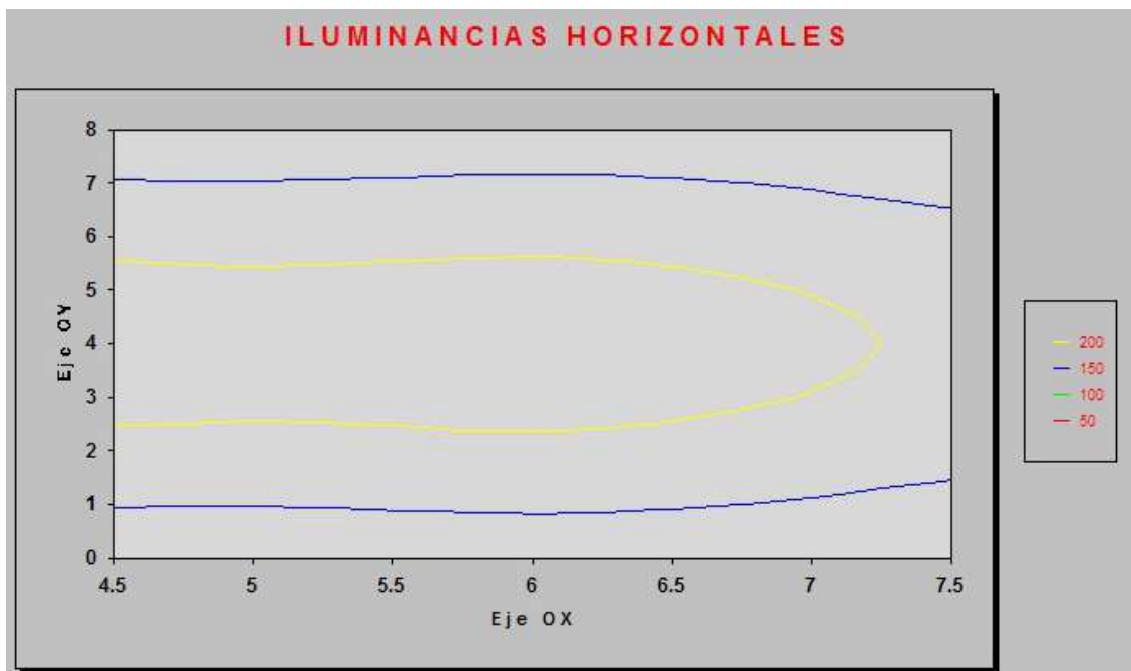
**G1 = E<sub>min</sub> / E<sub>med</sub> = 1 : 1.6**  
**G2 = E<sub>min</sub> / E<sub>máx</sub> = 1 : 2.1**

**LUMINANCIAS HORIZONTALES**

A / L	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5
8.0	104	105	112	119	119	116	1
7.0	155	152	156	158	154	147	1
6.0	193	190	192	194	187	178	1
5.0	211	208	210	218	213	202	1
4.0	213	213	216	227	223	212	1
3.0	211	208	210	218	213	202	1
2.0	193	190	192	194	187	178	1
1.0	155	152	156	158	154	147	1
.0	104	105	112	119	119	116	1

Impresión    Ayuda    Volver    Gráficos



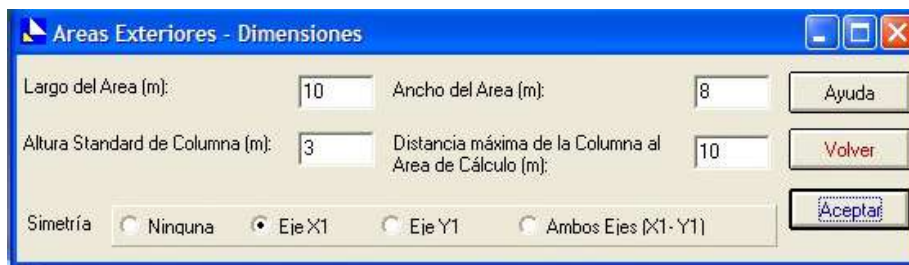


Vemos que se logró el objetivo planteado teniendo una iluminación de 200 lx en el perímetro próximo al mecanismo hidráulico de anclaje.

**Superficie de Popa, Sector A, SpA = 79.2m<sup>2</sup>**

$$N = \frac{Em.S}{\phi.Cu.Fc} = \frac{200\text{ lx} \cdot 79,2\text{ m}^2}{3850\text{ lm} \cdot 0,9 \cdot 0,75} = 6,09$$

Con esta aproximación recalculamos la iluminación exterior, primero definimos el área de trabajo:



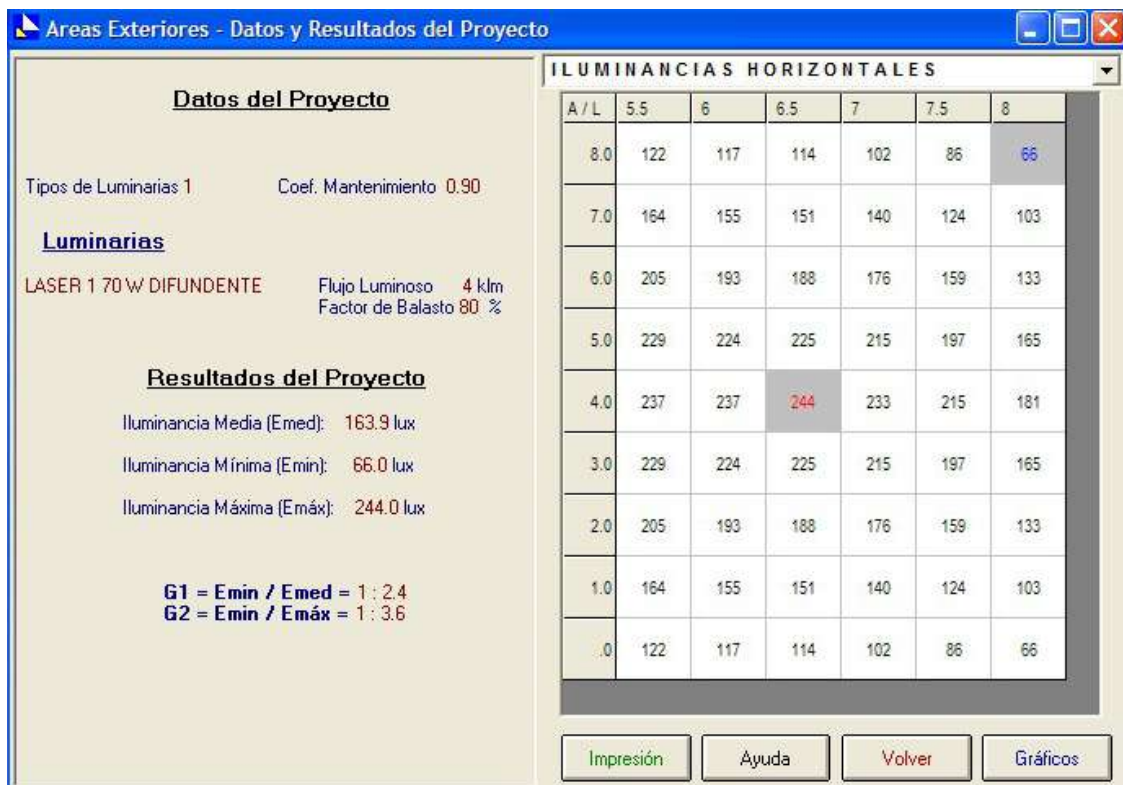
Zoom: 100 %  
 X (m)= 39.21  
 Y (m)= -4.417

Largo: 10 m    Ancho: 8 m    Altura Inicial de Columna: 3 m    Distancia máxima al Borde: 10 m

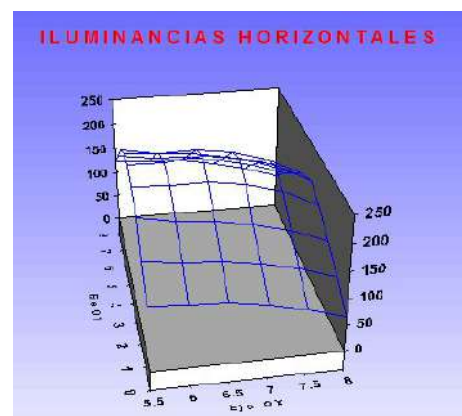
Modelo de Luminaria: **A**    Modelo: LASER 1 70 W DIFUNDENTE  
 Factor de Balasto Luminaria: A

Orden	Coordenadas de la Columna			Coordenadas del Enfoque			Luminaria	Encendido
	Xc (m)	Yc (m)	Zc (m)	Xe (m)	Ye (m)	Ze (m)		
1	11	4	3	6.5	4	0	A	S
2	0	6	3	6	5.5	0	A	S
3	0	2	3	6	2.5	0	A	S

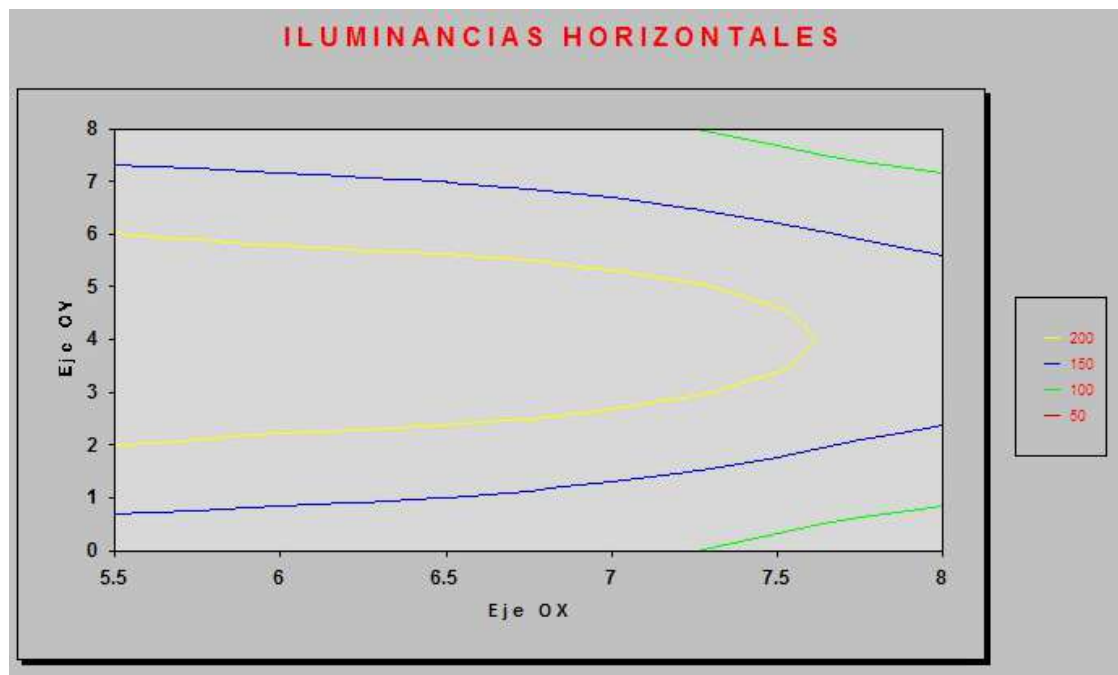
Las coordenadas de enfoque y posiciones de las luminarias son tales que permitan una iluminancia mínima de 200 lx sobre la maquinilla principal de la red de pesca, para posibles maniobras inspecciones o tareas de mantenimiento. Éste dispositivo se posiciona sobre los 6.5 mts. del eje X1.



Vemos que se logró con el objetivo de tener 200 lx de iluminancia en el área de redes principales. Pero con un número de luminarias diferentes al que obtuvimos por el método del flujo luminoso.







**Superficie de Popa, Sector B,  $SprB = 65.34m^2$**

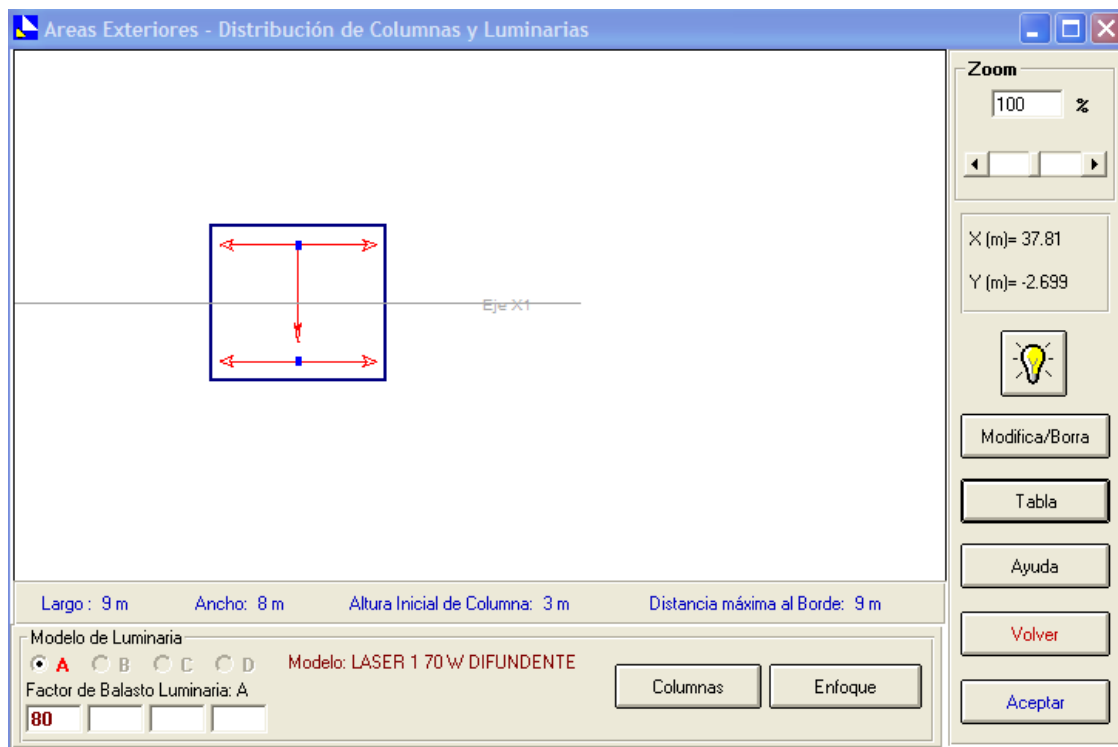
$$N = \frac{Em.S}{\phi.Cu.Fc} = \frac{200 \text{ lx} \cdot 65.34m^2}{3850 \text{ lm} \cdot 0,9 \cdot 0,75} = 5.02$$

Repetimos el procedimiento para este sector:

Interfaz de usuario para configurar dimensiones de áreas exteriores:

- Largo del Área (m): 9
- Ancho del Área (m): 8
- Altura Standard de Columna (m): 3
- Distancia máxima de la Columna al Área de Cálculo (m): 9
- Simetría:  Eje X1

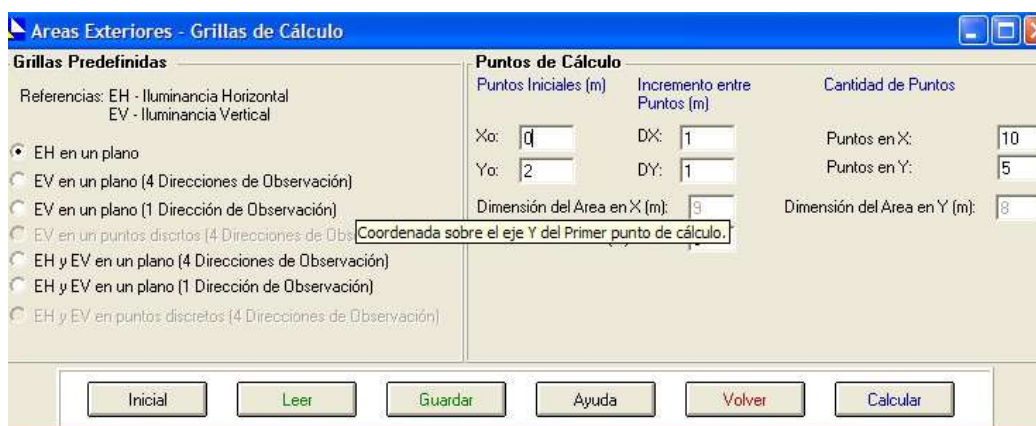
La posición de los reflectores es tal que ilumina el sector B de Popa es decir, la zona iluminada abarca el área de trabajo donde asciende la red de pesca sobre la popa del buque que adquiere una forma de rampa pronunciada al final de la cual se encuentra la maquinilla de arrastre de la red. Necesitamos en esta área una iluminancia de 200 lx como mínimo.



ILUMINACION TECNICA

Orden	Coordenadas de la Columna			Coordenadas del Enfoque			Luminaria	Encendido
	Xc (m)	Yc (m)	Zc (m)	Xe (m)	Ye (m)	Ze (m)		
1	4.511	6.991	3	4.471	2.006	0	A	S
2	4.511	1.009	3	.483	1.049	0	A	S
3	4.511	1.009	3	8.459	1.049	0	A	S
4	4.511	6.991	3	.483	7.031	0	A	S
5	4.511	6.991	3	8.459	7.031	0	A	S

Los resultados son :



**Areas Exteriores - Datos y Resultados del Proyecto**

**Datos del Proyecto**

Tipos de Luminarias 1      Coef. Mantenimiento 0.90

**Luminarias**

LASER 1.70 W DIFUNDEnte      Flujo Luminoso 4 klm  
 Factor de Balasto 80 %

**Resultados del Proyecto**

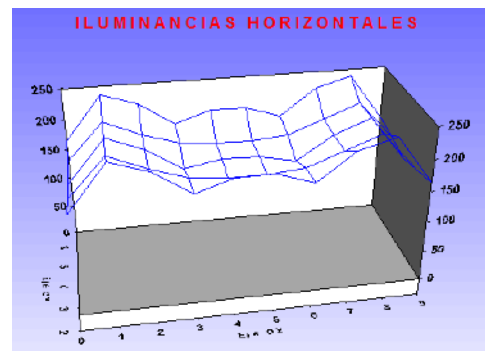
Illuminancia Media (Emed): 187.8 lux  
 Illuminancia Mínima (Emin): 147.0 lux  
 Illuminancia Máxima (Emáx): 239.0 lux

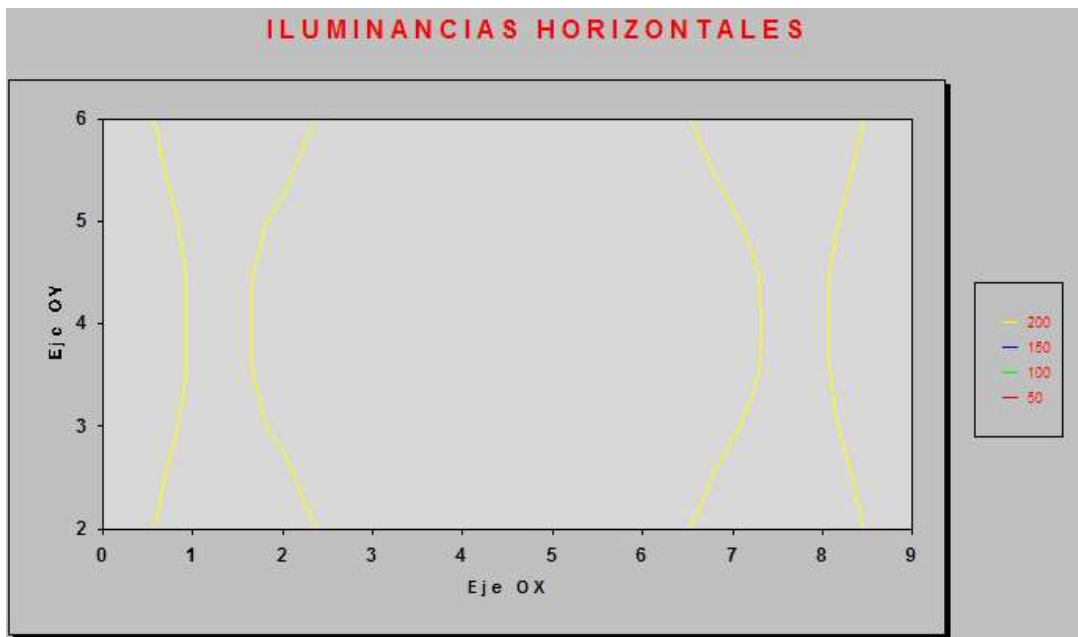
**G1 = Emin / Emed = 1 : 1.2**  
**G2 = Emin / Emáx = 1 : 1.6**

**LUMINANCIAS HORIZONTALES**

A / L	0	1	2	3	4	5	6
6.0	164	236	217	179	198	198	1
5.0	157	217	192	173	168	168	1
4.0	148	218	194	158	169	168	1
3.0	157	217	192	173	168	168	1
2.0	164	236	217	179	198	198	1

Impresión    Ayuda    Volver    Gráficos



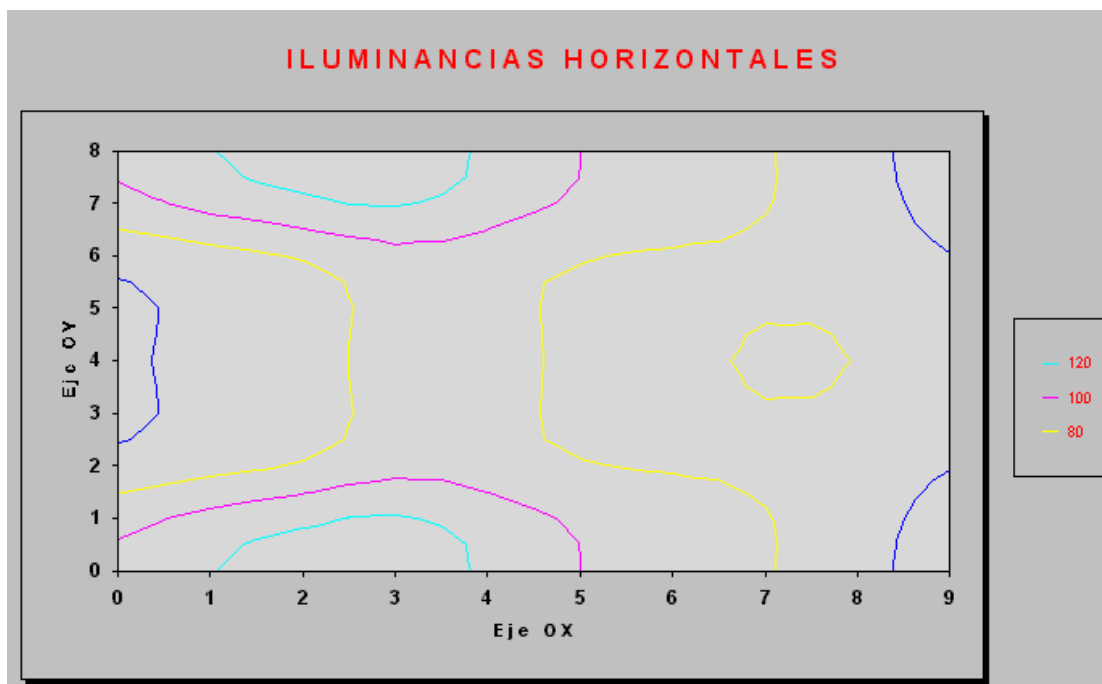
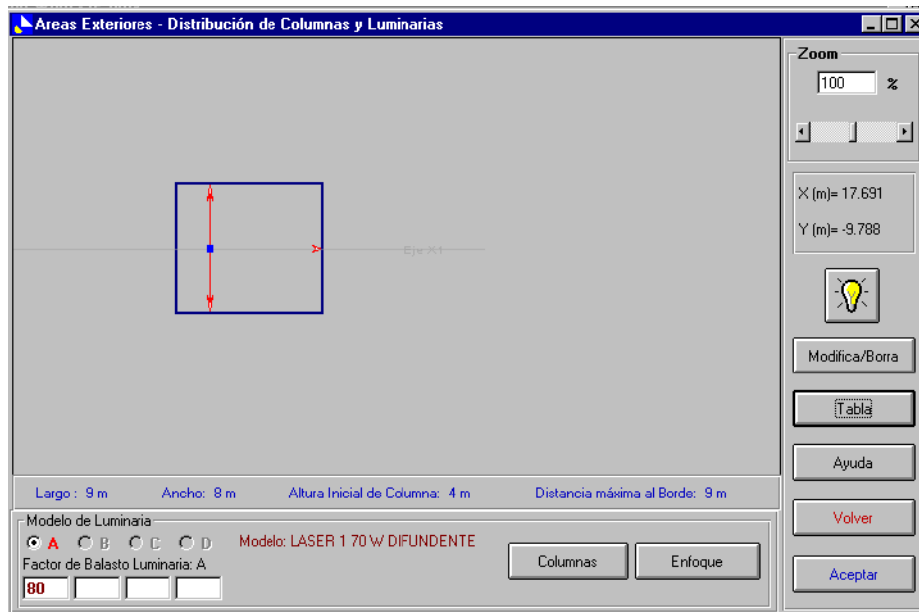


- **Superficie de Puesto de Navegación,  $SPn = 57m^2$ ,**

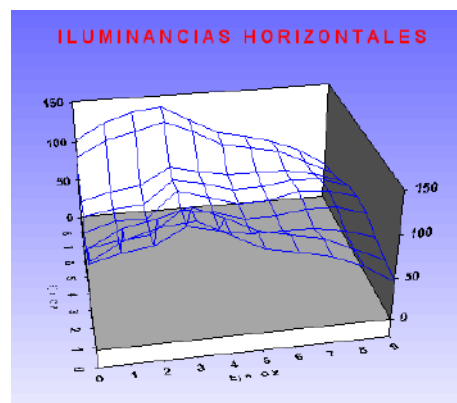
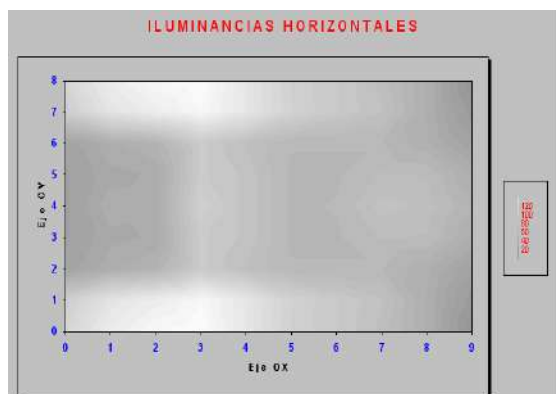
$$N = \frac{Em.S}{\phi.Cu.Fc} = \frac{200lx.57m^2}{3850lm.0,9.0,75} = 4.38$$

En el puente de navegación solo se realizan tareas de observación por lo que requerimos una iluminancia mínima de 100 lx. Esta parte tiene dos pasillos en sus extremos que derivan hacia el puente propiamente dicho, el enfoque de los reflectores será hacia esa zona.

Orden	Coordenadas de la Columna			Coordenadas del Enfoque			Luminaria	Encendido
	Xc (m)	Yc (m)	Zc (m)	Xe (m)	Ye (m)	Ze (m)		
1	2.01	4	6	2.01	.061	0	A	S
2	2.01	4	6	2.01	8.018	0	A	S
3	2.01	4	6	9.023	4	0	A	S



Como resultado de la dirección que tienen las luminarias las zonas mas iluminadas son las que comprometen mayor riesgo para la persona que circula sobre esta área, éstas son los pasillos de los extremos y el puente de navegación.





## 7.1-

## OBJETIVO GENERAL

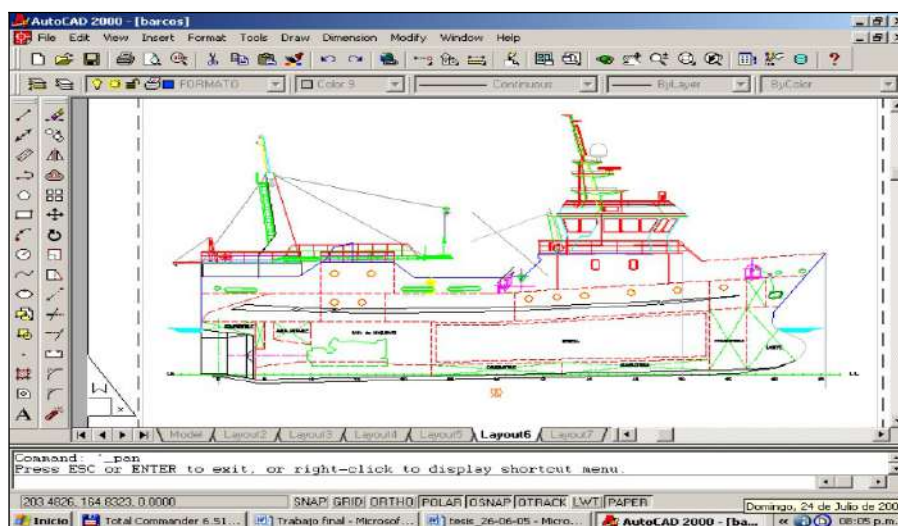
Conocer el funcionamiento y el estado en que se encuentran el conjunto de máquinas eléctricas del buque, e implementar un plan de mantenimiento preventivo para las mismas. El objetivo de este tipo de mantenimiento, es conseguir que todas las máquinas de la nave alcancen su máximo rendimiento obteniendo las máximas condiciones de operación evitando que los equipos salgan de funcionamiento por falla o rotura, provocando pérdidas de capital por detener la producción. Para cumplir con los objetivos se darán curso a las siguientes tareas:

- Evaluación de la integridad de las máquinas eléctricas del buque.
- Implementar un plan de Mantenimiento

En el siguiente trabajo desarrollaremos el programa de mantenimiento preventivo para un buque congelador. Tendremos en cuenta las condiciones de operación de todas las máquinas en funcionamiento, para eso el plan de mantenimiento será proyectado a cada una de las diferentes cubiertas con sus respectivas características. De esta forma el conjunto de inspecciones y trabajos será integral, abarcando a cada uno de los motores eléctricos que conforman el sistema.

### EL BUQUE

Como habíamos mencionado el plan de trabajo será aplicado a las diferentes plantas del buque, el mismo tiene las siguientes características:





<b>Características Principales</b>	
Eslora Total	37 m
Eslora entre pp	33 m
Manga	8.2 m
Puntal a Cta. superior	6.3 m
Puntal a Cta. Ppal	4.05 m
Calado	3.9 m
Potencia Propulsora	780 Kw
Volumen de Bodega	250 m

Vamos a describir un poco mas al ASTRA II agregando que este tipo de nave es el mas prolifero y como su nombre lo indica su procedimiento de pesca es mediante el arrastre de una gran red. Esta red es tirada por el o en pareja con otro arrastrero. Hay dos tipos los clásicos y los ramperos. En este caso el ASTRA II es un rampero en cuya popa se pronuncia una rampa, al final de la misma se encuentran la maquina principal de pesca que mueve la red.

A su vez los arrastreros se subdividen en tangoneros, congeladores, factorías y fresqueras, como ya habíamos dicho que en nuestro caso se trata de un congelador.

### **Datos del Área de Mantenimiento**

Retomando el objetivo principal del trabajo desarrollaremos el mantenimiento a los siguientes sectores:

- SALA DE MÁQUINAS.
- SALA DE PROCESADO.

### **SALA DE MÁQUINAS**

En este sector del buque se encuentra gran cantidad y variedad de maquinas. Nombraremos las mas importantes y desarrollaremos las actividades de mantenimiento que le corresponden. Cabe mencionar que la sala de máquinas se encuentra en la ultima cubierta (parte inferior de la nave). Este ambiente se caracteriza por su excesiva humedad y presencia de gases de combustión que se desprenden del motor principal, también es posible encontrar fugas de aceite del circuito de lubricación, o fugas de agua del circuito de refrigeración. Debido a esto, se produce una mezcla de líquidos y suciedad de distintas procedencias que luego

será bombeada hacia el exterior de la sala hasta el tanque de desperdicios mediante la bomba de sentina.

### **Bombas centrífugas marinas**

- La falta de espacio en la Sala de máquinas de un buque, lugar en el que ha de disponerse la mayor parte del conjunto de bombas del mismo, ha impuesto que por lo general las bombas centrífugas marinas sean de construcción vertical.

- La necesidad de poder llegar hasta el impulsor de cada bomba, para realizar el mantenimiento o reparar una avería, desmontando el mínimo número posible de elementos, y sobre todo sin tener que desmontar tuberías, ha aconsejado la construcción de bombas de cámara partida.

Otras bombas centrífugas para servicios a bordo.

### **Bombas de lastre**

Las bombas de lastre tienen por objeto:

- Aspirar del mar y descargar a cualquier número de tanques de lastre.
- Aspirar de uno o más tanques y descargar al mar.
- Trasegar de un tanque o grupo de tanques a otro tanque o grupo.

Para elegir las bombas de lastre más convenientes para un buque debe tenerse en cuenta que el deslastre del mismo ha de poder hacerse en un tiempo comprendido entre 5 y 10 horas, según el tipo de buque. Debe advertirse que esto condiciona, no solo la capacidad de las bombas, sino también la disposición de las mismas y el diámetro de las tuberías.

### **Bombas de sentina**

Tienen por objeto achicar tanto la cainera de máquinas como los espacios de carga situados por debajo de la cubierta de francobordo.



## VENTILADORES Y EXTRACTORES



La correcta ventilación y evacuación de los gases de combustión son vitales para la correcta refrigeración de todos los componentes de la sala de máquinas. Los ventiladores centrífugos son particularmente aptos para mover aire puro en el campo de las aplicaciones civiles e industriales. Cuentan con motores eléctricos asíncronos trifásicos standard con carcasa en fundición de hierro, son abiertos ya que el aire de ventilación penetra en los mismos.



## **COMPRESORES**

Es muy importante el correcto funcionamiento de los motores eléctricos de los compresores. En el buque se tienen que tener en cuenta los compresores de pistón utilizados para tareas de mantenimiento u otras actividades y los compresores a tornillo de los túneles de congelado.



## **GENERADOR**

Como ya mencionamos el buque posee un grupo principal diesel de generación con una potencia de 275 KW, 1500 rpm, este es un generador síncrono compacto de diseño modular. Vemos en las imágenes de abajo algunos ejemplos de generadores Cramaco de aplicaciones marinas.



---

## **SALA DE PROCESADO**

Este sector del buque se caracteriza por estar con bastante suciedad ya que es la parte donde se procesa el pescado y las actividades que se desarrollan (limpieza, fileteado) producen muchos desperdicios.



Ejemplo de las trituradoras de pescado que se encuentran en la sala de procesado.

### **Baterías**

Según la ordenanza 14/974 de prefectura, la fuente de energía eléctrica de emergencia del barco debe alimentar:

- Iluminación de los puestos de botes balsas para salvamento.
- Iluminación del puente de navegación.
- Iluminación sala de máquinas y luces de navegación.
- Instalación radiotelefónica reglamentaria.

Las mismas deben proveer energía a los equipos anteriores en forma consecutiva y simultánea durante un período de 6 horas.



### **7.3- DESARROLLO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO**

La ejecución de dicho plan esta en función del tiempo de operación del ASTRA II, este tiempo varia de los 40 o 50 días en el mar para regresar a puerto para seguir en puerto aguardando la próxima salida de pesca de la especie que corresponda a esa época.

#### **Mantenimiento de Bombas Centrífugas Accesorios Mecánicos**

##### Revisación diaria

- Vigilar para ver si hay irregularidades en el funcionamiento.
- Investigar inmediatamente los cambios de ruido de la bomba en el funcionamiento.
- Observar las temperaturas de los cojinetes y cajas prensa estopas.
- Verificar el manómetro e indicador de caudal.

##### Revisación en puerto

- Comprobar el libre movimiento de los casquillos de los prensa estopas.
- Limpiar y aceitar los tornillos y tuercas de las cajas y revisar la empaquetadura.
- Verificar la alineación de la bomba con su unidad de accionamiento.
- Vaciar y llenar con aceite nuevo los cojinetes lubricados con aceite.
- Revisar los cojinetes lubricados con grasa, verificar la consistencia y cantidad.

##### Revisación anual

- Sacar los cojinetes para limpiarlos.
- Verificar si presentan fallas.
- Sacar la empaquetadura y ver si los manguitos presentan desgastes.
- Desconectar el acoplamiento y controlar la alineación.

- Revisar y lavar la cañería de drenaje, cierre hidráulico y enfriamiento.
- Recalibrar instrumentos de control.

### **Mantenimiento de Bombas Centrifugas Área Eléctrica**

El mantenimiento que se aplicaran a este tipo de maquinas dependerá de la potencia de la bomba y de la importancia de la tarea que esta realizando. Para las bombas de grandes potencias e importancia funcional se realizarán tareas de mantenimiento y seguimiento mas profundas que para las bombas de pequeña potencia.

#### Pequeñas bombas

En este caso se encuentran las bombas de agua salada para saneamiento, las bombas de agua dulce para consumo y procesado, también se consideran las de achique. Dichas potencias varían entre un intervalo que va desde los 0.75 KW hasta los 4 KW.

#### Actividades e inspecciones:

# Se verificará la correcta lubricación de los rodamientos, esta tarea se puede realizar diariamente ya que se puede comprobar analizando el ruido que se produce cuando el motor este funcionando, ya sea mediante un estetoscopio o un destornillador.

# Limpieza de la bomba para que no exista el contacto de humedad, líquidos corrosivos y suciedad sobre los rodamientos y carcasa evitando el deterioro de los mismos a través de la corrosión, o evitando que partículas extrañas queden retenidas en la grasa del rozamiento. Tarea diaria.

# Verificar diariamente que el montaje del motor sea firme reduciendo al máximo las vibraciones.

# Medir y comprobar en forma diaria que las intensidades de tensión y de corriente sean las nominales indicadas por el fabricante.

#### Grandes Bombas

En este grupo tenemos las bombas de trasvase de combustible, bombas de lubricación, bombas purificadoras de gas-oil y las bombas de baldeo.

Las tareas de mantenimiento serán las siguientes:

# Se realiza en puerto una medición de la resistencia de aislamiento de los bobinados de los motores eléctricos de las bombas verificando el estado de aislamiento de los mismos. Esta tarea es muy importante ya las bombas trabajan en forma intermitente, este tipo de funcionamiento provoca grandes corrientes de arranque y aceleraciones que pueden recalentar al motor eléctrico.

# Verificar que el montaje del motor sea firme reduciendo al máximo las vibraciones. (Tarea diaria).

# Se mide y comprueba que las intensidades de tensión y de corriente sean las nominales indicadas por el fabricante, temperatura y número de vueltas de la máquina. Esta será una tarea diaria, los valores de la inspección se registran en la planilla que corresponda a la máquina.

# Verificar una correcta instalación y apriete en las conexiones y bulones de sujeción. (Tarea en puerto).

### **Mantenimiento de Ventiladores y Extractores Accesorios Mecánicos**

—

Los ventiladores y extractores no presentan grandes dificultades en cuanto a su mantenimiento, las siguientes tareas se realizan cuando la nave este en puerto, debido a la ausencia de grandes depósitos de suciedad o cuerpos extraños., se tiene que tener en cuenta las siguientes inspecciones e intervenciones:

# Prever acceso para el mantenimiento.

# Tener en cuenta el sentido, dirección y alcance del flujo de aire para lograr que todas las maquinas estén ventiladas y refrigeradas.

# Verificar el correcto sentido de giro de la turbina para no afectar el rendimiento del motor eléctrico. En los ventiladores a transmisión esta operación se realiza comprobando el correcto sentido de giro en la polea del motor. En los ventiladores directamente acoplados se abrirá la puerta de inspección y se verificará el giro indicado por el fabricante por una marca o señal de referencia.

# Debido al aire sucio y vapores grasos, se debe limpiar periódicamente la turbina para mantenerla libre de depósitos que afecten su balanceo y provoquen vibraciones.

### **Mantenimiento de Ventiladores y Extractores Área Eléctrica**



El mantenimiento que se realiza a los motores eléctricos de los ventiladores y extractores será similar a los motores eléctricos de las bombas cuyas potencias son iguales, las actividades e inspecciones se realizarán en puerto como las tareas relacionadas al área mecánica.

### **Mantenimiento de Compresores Área Mecánica**

# Dada la importancia de estos equipos y sobre todo para los compresores de tornillo analizaremos lo siguiente:

# Evitar mediante la limpieza diaria, la suciedad de la instalación resultante de la falta de cuidado de la sala de maquinas, o de cualquier otra operación realizada. Son principalmente de partículas de metal y óxidos de cobre y hierro provenientes de la instalación.

# Verificación del correcto alineación y balanceo entre el motor y el accionado, para evitar sobrecargas del motor. Tarea diaria.

# Se verifica el correcto tensado de la correa en los compresores a pistón. Tarea diaria.

# Creemos que la mejor forma de prevenir los problemas del compresor es llevar una planilla de mantenimiento, que incluya el registro diario de las condiciones de funcionamiento del sistema. El registro diario de las presiones de entrada y salida de aire y aceite lubricante, de las temperaturas del refrigerante y desplazamiento. Verificar supercalentamiento, superenfriamiento y cualquier característica que represente el estado de la máquina.

### **Mantenimiento de Compresores Área Mecánica**

#### Compresores a Pistón

Los motores eléctricos de los compresores a pistón son de pequeña potencia y su mantenimiento será muy parecido a los motores de los ventiladores y bombas de igual potencia. Además tendremos lo siguiente:

# Como los MAT de los compresores a pistón son cerrados y su única forma de refrigeración es mediante aletas, se realiza una inspección diaria sobre la carcasa para que la misma este en condiciones de evacuar el calor generado cuando este en funcionamiento.

#### Compresores a Tornillo

Estos equipos tienen una gran potencia y complejidad, se realizan las siguientes tareas e inspecciones:

# Inspección de la lubricación de los cojinetes, esta tarea se puede realizar diariamente.

# Se realiza en puerto una medición de la resistencia de aislamiento del motor eléctrico verificando el estado de aislamiento de los mismos.

# Medir y comprobar que las intensidades de tensión y de corriente sean las nominales indicadas por el fabricante, número de vueltas, y temperatura de la máquina. Esta será una tarea diaria, los valores obtenidos en la inspección son registrados en la planilla que corresponda a la máquina.

# Verificar una correcta instalación y apriete en las conexiones y bulones de sujeción. (Tarea en puerto).

## **GENERADOR**

El generador principal es la máquina eléctrica más importante del buque ya que esta provee de energía a los demás componentes de la nave. Ante la imposibilidad de trabajar sobre los generadores en funcionamiento, el mantenimiento de los mismos durante la navegación solo constará de una medición, seguimiento y registro diario, donde consideramos los siguientes aspectos:

### Actividades relacionadas al área Eléctrica:

# Monitorización de las fallas en los devanados estáticos y rotóricos, mediante un ensayo de impulsos y de baja tensión.

# Se medirán de las tensiones inducidas en el eje. Esta será una tarea diaria.

# Inspección diaria de posibles imperfecciones en el rotor y estator mediante termografía.

# Medición diaria de la tensión de excitación.

# Verificar diariamente las tensiones de generación, en todas sus fases.

# Verificar diariamente las corrientes estáticas, en todas sus fases.

# Medición de potencia activa.

# Medición de potencia reactiva.

# Control del número de vueltas de la máquina.

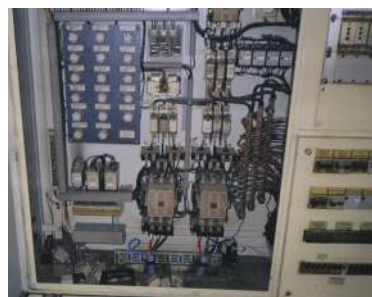
# Control diario de la temperatura del motor.

### Actividades relacionadas a las partes mecánicas:

- # Controlar diariamente la temperatura y lubricación de los cojinetes.
- # Controlar en forma diaria una correcta ventilación de la máquina.
- # Realizar en forma anual un análisis torsional y un análisis de vibración en las bancadas.
- # Controlar una correcta alineación entre el motor diesel y el generador.
- # Limpieza del medio circundante, para evitar contaminación del lubricante de los cojinetes.

## **TABLEROS**

Es necesario incluir en el plan de mantenimiento a las protecciones y elementos de maniobra de las máquinas eléctricas y mantener su estado. Los problemas en líneas generales que pueden aparecer están relacionados al desgaste de las partes móviles, inconvenientes en los sistemas de cierre y fallas en los circuitos de control. En nuestra ciudad estas tareas de mantenimiento la realizan establecimientos como GIORDANO, y PUNTO TÉCNICO. Los mismos realizan tareas de ensayo de todo el instrumental del barco en intervalos de 3 a 5 años.



## **INTERRUPTORES TERMOMAGNÉTICOS**

- Revisar partes metálicas flojas, faltantes, rotas o afectadas por la corrosión en el interruptor.
- Revisar si hay partes rotas o erosionadas en la cámara apaga chispas.
- Limpieza de las adherencias de oxido o material conductor de las caras de los contactos.
- Revisar las conexiones de la bobina extinguidora.
- Limpieza y ajuste bornes contactos y conectores del interruptor.
- Control si en el electroimán tiene las caras de los polos sucias o corroídas.
- Inspección de la bobina de operación para localizar eventuales averías.

- Accionar la armadura a mano para determinar obstáculos mecánicos en el movimiento.

En cuanto a la operación eléctrica de los mismos se deben realizar tareas anuales de ensayo que abarcaran las siguientes actividades:

- Operación eléctrica del interruptor sin carga para controlar reacciones del electroimán.
- En caso de ser bañado en aceite, ensayo del interruptor, verificando el llenado de aceite hasta su nivel correspondiente.
- Medición de resistencia de aislamiento entre las fases, fase y tierra y contra el circuito de control.
- Accionar el interruptor con carga y observar si se producen ruidos o arcos anormales en la conexión o desconexión.

### Contactores

En nuestro caso se complica la planificación del mantenimiento preventivo sobre los contactores, ya que la cantidad de maniobras por mes es muy variable debido a condiciones de servicio transitorias e informaciones de catalogo que no son reales.

Basándonos en lo anterior nuestro equipo realiza las siguientes tareas anuales:

- Control del estado del núcleo y de su correcto cierre.
- Inspección del estado de la bobina.
- Inspección y limpieza de los contactos principales, en caso de su desgaste, estos serán reemplazados.
- Control de los contactos auxiliares y de la cámara apaga chispas, la misma será cambiada cuando se cambian los contactos principales.
- Ajuste de contactos y conexiones.
- Verificación de las tensiones de trabajo de las bobinas.

### **BATERIAS**

Las siguientes tareas de mantenimiento se realizan en puerto:

- Verificar la densidad y nivel del electrolito en los acumuladores.
- Verificar estado de protección contra el ácido del electrolito.

- Verificar el estado del aislamiento antiácida de las barras.
- Revisar el estado de las placas de los acumuladores.
- Verificar el estado de los aisladores.
- Verificar el estado de limpieza del sector.

#### **7.4- INSTRUMENTAL NECESARIO PARA EL MANTENIMIENTO**

El instrumental necesario para realizar el mantenimiento es:

- ✓ Elementos necesarios para una limpieza adecuada.
- ✓ Manómetros y termostatos para medir la presión y temperatura de los distintos fluidos a tratar.
- ✓ Herramientas de uso general como llaves de boca, estriadas, combinadas, de fuerza y torquímetros.
- ✓ Voltímetros, amperímetros, y pinzas amperométricas para medir tensiones y corrientes de las máquinas y vigilar que estén por debajo de la nominal.
- ✓ Tacómetros para medir las vueltas de los motores.
- ✓ Vatímetros y Vármetros para registrar la potencia del generador.
- ✓ Megger para medir resistencias de aislamiento.
- ✓ Frecuencímetro.
- ✓ Equipos de termografía infrarroja para conocer el estado térmico de la máquina.

#### **ESTANDARES DE SEGURIDAD Y CALIDAD**

El modelo o referencia a seguir en cuanto a la calidad esta basado en el alto rendimiento que las máquinas eléctricas adquieren al aplicar este plan de mantenimiento, alcanzando así una óptima producción sin interrupciones ni pérdidas. Este trabajo sigue las pautas sugeridas por Manuales de Mantenimiento Preventivo, y ordenanzas de Prefectura Naval (Régimen Técnico del Buque).

## **EJECUCIÓN, CONTROL Y ANALISIS DE RESULTADOS**

En la ejecución del plan de mantenimiento, de sus acciones y tareas planificadas se obtienen los resultados y observaciones que son volcados en la planilla que corresponda. Luego se controlan estos resultados y se comparan con los estándares para analizar las causas de las desviaciones y establecer medidas correctivas en caso de ser necesario.

El control y comparación de los resultados se vuelcan en planillas quedando registrada la actividad de mantenimiento realizada y la persona que la ejecutó. A partir de estos documentos se analizarán los datos que representan el funcionamiento de cada una de las máquinas. Mostramos a continuación un ejemplo de esta documentación, el resto de las planillas se encuentran en el anexo de la página 169.

### **VENTILADORES Y EXTRACTORES**

<b>Empresa:</b>	<b>Frecuencia</b> En Puerto	<b>Máquina:</b> Componentes Varios	<b>Especialidad:</b> Mecánica
Departamento de Mantenimiento		<b>Pertenece a:</b> Ventiladores	<b>Fecha:</b> <b>Registro N°</b>
<b>Tarea</b>	<b>Técnico</b>	<b>Legajo</b>	<b>Observaciones</b>
Dejar lugar para el mantenimiento			
Verificar sentido de giro de ventiladores			
Inspección del sentido, dirección y alcance del flujo de aire			
Limpieza de las turbinas			

## **7.5-**

## **ESTUDIO DE MEJORAS**

En la realización de este trabajo se observó que los conceptos de mantenimiento sobre las máquinas y herramientas industriales no se aplica en gran medida. Es muy común que se espere la falla de la máquina para su reparación o reposición. Los posibles aspectos a mejorar son los siguientes:

- Concienciar al operario y dueño de la industria de las ventajas en la aplicación de un plan de mantenimiento.
- Lograr una mayor participación del ingeniero en la selección de la máquina eléctrica adecuada para su posterior compra. Para una correcta selección es muy importante conocer aspectos relacionados al motor que otra persona desconoce. Como por ejemplo tipo de servicio o materiales componentes de la carcasa del MAT.
- Poder convencer al personal y al dueño de la industria que el mantenimiento es una tarea diaria y de seguimiento y que el dinero para estas actividades es una inversión y no un gasto.

## **CONCLUSIÓN**

En la aplicación del plan de mantenimiento es muy importante el registro de todos los valores de las magnitudes que gobiernan la máquina.

Con estos datos se pueden detectar las tendencias que pueden desviar los valores hacia límites inaceptables de las condiciones de funcionamiento. El registro de los datos de desempeño del sistema no solo provee un medio para detectar problemas inminentes sino que además en caso de falla esas informaciones pueden ser usadas para reconstruir los sucesos que la ocasionaron. Cuando se examina un sistema defectuoso hay que conversar con el personal que opera el equipo y descubrir todo lo que se pueda sobre el tipo de ruido que la unidad presento inmediatamente antes de la falla. Si se sabe eso, se podrá determinar la causa del problema para impedir que vuelva a pasar.

## **ELEMENTOS DE RESPETO**

Se deben llevar a bordo, repuestos y herramientas tales que sea posible reestablecer el funcionamiento del motor y la capacidad de maniobra del buque en casos de averías en navegación de la maquinaria principal o de alguno de los auxiliares esenciales.

<b>Para cada motor de combustión interna (*)</b>		
Cojinetes de empuje integrados		
Válvulas	- De escape	1 juego
	- De admisión	1 juego
	- De arranque	1 juego
	- De sobrepresión	1 juego
	- De inyección de combustible (2 c/cilindro)	1 juego
Juntas y empaquetaduras	- De culata de cilindro o camisa, para un cilindro	1 juego

(\*) Solo en caso de reparación en puerto.

<b>Compresores de aire</b>		
Aros de pistón	- para cada cilindro	1 juego
Válvulas de aspiración y descarga	- Completas de cada tamaño	1 juego

<b>Bombas para servicios esenciales</b>	
Bombas centrifugas	Cojinetes de cada tipo y tamaño
verticales	Empaquetadura de rotor de cada tipo y tamaño

En el caso de los tableros, debe llevarse un juego completo de fusibles de cada calibre.

Capítulo	<b>Impacto Ambiental</b>
<b>8</b>	





---

**8.1-**

**PRESENTACIÓN**

---

## **Los Grupos de trabajo del Congreso Nacional del Medio Ambiente**

*'...Desde que en 1992 comenzara su accionar el Congreso Nacional del Medio Ambiente, unos 200 grupos de trabajo han tratado otros tantos temas de gran interés e importancia para nuestra sociedad. Las principales cuestiones medioambientales han sido abordadas por equipos de profesionales con el ánimo de realizar un diagnóstico de su situación, una crítica constructiva que permita buscar soluciones a los principales problemas, que sirva como apoyo para las personas que deben tomar decisiones al respecto, y que suponga, para aquellos que se acercan por primera vez a un tema, una panorámica general de la situación existente y de las líneas de evolución del mismo.*

*Los documentos fruto de la labor de los grupos de trabajo, constituyen una publicación de referencia en el ámbito medioambiental de nuestro país, y suponen un claro reflejo de los distintos planteamientos que normalmente existen acerca de cada problemática, y que permiten su evolución hacia una mayor calidad de nuestro entorno.*

*Los campos electromagnéticos son un tema de gran interés, no sólo para la comunidad científica o para la industria, sino también para el público en general, puesto que desde hace unos años se viene manteniendo un debate importante acerca de si el aumento progresivo y descontrolado de los niveles de radiaciones electromagnéticas en nuestro entorno supone o supondrá un riesgo para la salud humana...' \*\*\**

## **8.2- DESCRIPCIÓN FÍSICO-TÉCNICA Y GLOSARIO DE TÉRMINOS**

### **Electromagnetismo**

Parte de la física que unifica el estudio de los fenómenos eléctricos y magnéticos. Electricidad y magnetismo se consideraron hasta iniciado ya el siglo XIX como manifestaciones distintas de la naturaleza ligadas respectivamente a las cargas eléctricas y a los imanes. La historia inicial del electromagnetismo es, por tanto, la de estas disciplinas. El experimento de Oersted de 1819, las aportaciones de Ampère y el descubrimiento de la inducción por Faraday establecieron que el magnetismo no es sino una manifestación ligada a las corrientes eléctricas, es decir a las cargas en movimiento. Finalmente, hacia 1860 Maxwell propuso las ecuaciones que llevan su nombre y que constituyen la síntesis definitiva de las dos teorías en un único formulismo de gran fecundidad: de él se desprendía la existencia de las ondas electromagnéticas, producidas y detectadas por Hertz alrededor de 1890, e incluía a la óptica, ya que la luz es una onda de este tipo.

\*\*\* Resolución del Congreso Nacional del Medio Ambiente celebrado en el año 2000.

### **Radiación Electromagnética. Espectro Electromagnético**

La que consiste en la emisión y propagación de energía en forma de ondas, constituida por un campo eléctrico y otro magnético, compactos, perpendiculares entre sí y a la dirección de propagación. La luz, así como las ondas de radio, las radiaciones infrarroja y ultravioleta y los rayos X y gamma forman parte de la radiación electromagnética y se distinguen unos de otros por su respectiva longitud de onda. En general, las ondas electromagnéticas pueden clasificarse según tres variables; energía, frecuencia y longitud de onda. La energía es proporcional a la frecuencia.

### **Energía (Electrón - Voltio)**

La Unidad de energía (electrónvoltio), es igual a la energía cinética que adquiere un electrón al ser acelerado por una diferencia de potencial de 1 volt. Equivale a  $1,602 \times 10^{-19}$  joules. Se utiliza en física atómica y nuclear, y su símbolo es eV. Dicha energía, transformada en luz, es la que se denomina fotón, es decir; partícula elemental de masa nula y spin unidad que constituye el cuanto de luz y, más en general, de cualquier radiación electromagnética.

### **Frecuencia (Hertzio)**

Cuando una partícula cargada está bajo la influencia de un campo magnético B de tal modo que su velocidad inicial es perpendicular a B, recorre una órbita circular con una frecuencia característica (f) igual a :

$$f = q \cdot B / 2m$$

La unidad de frecuencia es el Hertzio (Hz), que equivale a una oscilación por segundo.

q, carga eléctrica de la partícula.

m, masa de la partícula.

B, inducción magnética ( $1 \text{ Vs/m}^2 = \text{Tesla} = \text{Voltio} \times \text{seg} / \text{m}^2$ ).

### **Longitud de onda electromagnética**

Se relaciona con la frecuencia y la velocidad por la expresión :

$$V = f \times \lambda$$

$\lambda$ , longitud de onda electromagnética, se expresa en metros.

V, en el espacio libre, la velocidad de una onda electromagnética es igual a la velocidad de la luz.

## **Tecnologías generadoras de campos electromagnéticos**

---

### Bajas frecuencias

#### Instalaciones eléctricas industriales

Dentro de las instalaciones de transporte y distribución de energía eléctrica que actúan en baja frecuencia (50 Hz.), los CEM (campos electromagnéticos) más significativos son los debidos a los tendidos de alta tensión y a las subestaciones eléctricas. En los tendidos eléctricos los CEM se caracterizan por el voltaje de la línea y por la disposición y configuración de los conductores. En las subestaciones eléctricas los CEM más intensos son generados por las líneas de entrada o de salida.

#### Aparatos domésticos

La inmensa mayoría de equipos que utilizamos, o de los que nos servimos, en el desarrollo de nuestras actividades diarias están activados por corriente eléctrica. Podemos decir que estamos todos, de forma permanente, expuestos a la acción de CEM. Relacionamos los siguientes equipos electrodomésticos, todos ellos generadores de CEM .

#### Electrodomésticos (línea blanca)

En la Unión Europea se está actualmente trabajando para elaborar una normativa específica que fijará, en los electrodomésticos, los niveles permitidos de emisión de CEM. A partir de esta normativa cada aparato electrodoméstico incluirá en su folleto de características las relativas a su nivel de emisión de CEM. Sin duda, este nuevo aspecto a considerar en la elección del aparato tendrá una gran repercusión económica.

## 8.3- CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS INDUSTRIALES

### Campos eléctricos y magnéticos de frecuencia industrial

Es indiscutible que la energía eléctrica ha contribuido notablemente al desarrollo y bienestar de la Humanidad, posiblemente más que ningún otro descubrimiento. Hoy en día la electricidad es imprescindible en todos los aspectos de nuestra vida, ya sea doméstica, profesional o en los ratos de ocio; no hay más que pensar en cómo se paraliza todo cuando falta la energía eléctrica. Sin embargo, al igual que cualquier otro elemento, también es cierto que su generación, distribución y uso plantea una serie de riesgos y perjuicios para el medio ambiente.

Un aspecto controvertido de la energía eléctrica es la generación de campos eléctricos y magnéticos y, más concretamente, la posibilidad de que estos campos afecten de forma negativa al medio ambiente y a la salud de las personas expuestas. En este capítulo se trata de hacer un resumen de lo que se sabe actualmente sobre este tema.

### Campos electromagnéticos

Se denomina 'campo' a la zona del espacio donde se manifiestan fuerzas. Por ejemplo, el campo gravitatorio es la zona donde se manifiestan fuerzas gravitatorias, que son las que hacen que tengamos un determinado peso; en ausencia de campo gravitatorio flotaríamos, como los astronautas en el espacio. La fuerza que ejerce un campo en las partículas que están en su interior se conoce como su 'intensidad'; siguiendo el ejemplo anterior, la Luna, al ser mucho más pequeña que la Tierra, genera un campo gravitatorio menos intenso, y por eso los astronautas pesan menos en la Luna. Al igual que la masa de las partículas genera un campo gravitatorio, las cargas eléctricas y su movimiento crean campos eléctricos y magnéticos, es decir, zonas donde se manifiestan fuerzas eléctricas y magnéticas. El campo eléctrico se mide en kilovoltios por metro (kV/m) y el campo magnético se suele medir en microteslas (mT), aunque en algunos países se utilizan otras unidades, como el Gauss (G).

Los campos electromagnéticos se dan de forma natural en nuestro entorno, y nuestro organismo está habituado a convivir con ellos a lo largo de nuestras vidas. Todos estos campos y radiaciones forman parte del 'espectro electromagnético', y tienen muchas características físicas comunes. La principal diferencia entre ellas es su frecuencia, que determina tanto la energía que transmiten como los efectos biológicos que pueden producir en los organismos.

La energía que transmite una onda electromagnética depende linealmente de su frecuencia. Si la frecuencia/energía es suficientemente elevada la onda puede afectar al material genético de las células, el ADN, produciendo mutaciones e iniciando un proceso cancerígeno. Éste es el caso de los rayos X o gamma, conocidos agentes cancerígenos, cuya frecuencia es superior a  $10^{16}$  Hz; a esta región del espectro electromagnético se le conoce como 'radiación ionizante'.

**Sin embargo, el sistema eléctrico funciona a una frecuencia extremadamente baja, a 50 Hz (ó 60 Hz en algunos países americanos), conocida como 'frecuencia industrial', perteneciente a la región de las 'radiaciones no ionizantes' del espectro. Por lo tanto, los campos de frecuencia industrial son muy poco energéticos e incapaces de afectar al material genético de las células.**

Además, a frecuencias tan bajas el campo eléctrico y magnético están desacoplados y no pueden viajar por el espacio (como lo hacen, por ejemplo, las ondas de radio), lo que implica que su intensidad disminuye muy rápidamente al alejarse de la fuente que los genera. Las líneas eléctricas generan un campo eléctrico cuando los cables conductores son sometidos a una determinada tensión, y un campo magnético cuando fluye por ellos una corriente eléctrica. Su intensidad depende de diversos factores, como la tensión, la intensidad de la corriente eléctrica, diseño del apoyo, número de conductores, altura de los cables al suelo, etc.

Una característica importante del campo eléctrico es que, al contrario que el campo magnético, es apantallado por muchos materiales comunes. En particular, las

paredes y techos de los edificios hacen que el nivel de campo eléctrico en el interior de un inmueble sea prácticamente nulo, aunque esté situado debajo de una línea eléctrica de alta tensión.

Todo aparato o equipo que funcione con energía eléctrica genera unos campos eléctricos y magnéticos de las mismas características, y a veces más intensos que los generados por las propias instalaciones de alta tensión, porque están mucho más cerca del usuario. A modo de ejemplo, una maquinilla de afeitarse o un secador de pelo puede inducir en la piel del usuario un campo magnético hasta diez veces más intenso que el generado por una línea eléctrica a 400 kV.

### 8.3- BIOEFECTOS DE RADIACIONES NO IONIZANTES

#### Bioefectos de radiaciones no ionizantes ambientales

La información que en la actualidad poseemos sobre los efectos biológicos de las exposiciones a radiaciones no ionizantes (RNI) es todavía limitada e incompleta. Teniendo en cuenta esta carencia y reconociendo que existe una necesidad de establecer unos criterios adecuados de seguridad ante exposiciones a RNI en ambientes ocupacionales y residenciales, las autoridades sanitarias nacionales e internacionales han optado por formar comités de expertos encargados de estudiar el problema. Así, la Organización Mundial de la Salud (OMS) encargó a la International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) la elaboración de un paquete de normas consensuadas para la protección de los ciudadanos ante RNI. Esta comisión publicó sus conclusiones en 1998. Un año después, el Consejo de la Unión Europea (CUE) hizo suyos los criterios y conclusiones de ICNIRP y redactó una Recomendación para la protección del público en general (no aplicable a trabajadores) ante eventuales efectos nocivos de la exposición a campos electromagnéticos no ionizantes (0 Hz – 300 GHz).

Se tuvieron en cuenta aquellos efectos que los citados expertos calificaron como “bien establecidos.” Concretamente, la potencial inducción de enfermedades (determinados tipos de cáncer, principalmente) por exposición crónica a CEM no fue considerada bien establecida y, por tanto, los límites ICNIRP están basados en efectos inmediatos sobre la salud. Dichos efectos comprenderían: la estimulación de nervios periféricos y músculos, shocks y quemaduras provocados por contactos con objetos conductores, e incrementos de temperatura de los tejidos causados por absorción de energía durante exposiciones a CEM.

#### Revisión de bioefectos relevantes para el establecimiento de límites para exposiciones a frecuencias 0 Hz – 100 kHz

Las bases de una supuesta relación entre leucemia y exposición a campos ELF son desconocidas, por lo que algunos investigadores especulan sobre la posibilidad de que otros factores, generalmente agentes polucionantes químicos potencialmente ligados a la presencia de las líneas, pudieran ser los verdaderos causantes de la asociación descrita entre cáncer y la exposición a CEM. Por tanto, y

a falta de un soporte experimental más firme, ICNIRP consideró en sus directrices que los datos epidemiológicos eran insuficientes para justificar la recomendación de niveles de seguridad más restrictivos.

Existen también datos sobre incrementos en el riesgo de ciertos tipos de cáncer, tales como leucemia, tumores del sistema nervioso y cáncer de mama entre trabajadores expuestos crónicamente a campos relativamente intensos. Asimismo, un grupo de estudios epidemiológicos recientes ha revelado una tendencia al incremento de riesgo de algunas enfermedades neurodegenerativas (Alzheimer y esclerosis múltiple, generalmente) en trabajadores de empresas e industrias relacionadas con la generación y distribución de energía eléctrica. La metodología empleada en muchos de estos estudios es objeto de crítica debido a una ausencia de dosimetría de campos para dichos trabajadores y a la existencia de posibles factores de confusión (presencia de tóxicos volátiles en el medio laboral, por ejemplo) que no fueron tenidos en cuenta en algunas investigaciones. **Dado que en otros estudios similares no se ha encontrado asociación entre cáncer y exposición ocupacional a campos ELF, ICNIRP y CUE entienden que la evidencia existente sobre incidencia de cáncer en trabajadores del sector eléctrico es limitada e insuficiente.**

#### Datos experimentales sobre efectos cancerígenos

Se han llevado a cabo numerosos estudios sobre diferentes sistemas biológicos con objeto de valorar experimentalmente la supuesta carcinogenicidad de las exposiciones a campos electromagnéticos de frecuencias bajas. En los siguientes puntos se resume la evidencia obtenida de los trabajos realizados sobre organismos completos.

a. Cáncer. No existe evidencia de que los campos de 50/60 Hz pueden provocar efectos cancerígenos a través de alteraciones en la estructura del ADN. Por tanto, es improbable que dichos campos actúen como iniciadores del proceso de transformación neoplásica. Si estos campos ELF resultasen ser cancerígenos, actuarían más bien como promotores, acelerando el crecimiento (o impidiendo la muerte) de células que hubieran sufrido daño genético anterior. Tales efectos podrían darse a través de alteraciones en las vías de señalización celular o en la expresión génica. Por ese motivo, se han realizado preferentemente estudios dirigidos a detectar posibles efectos de campos de 50/60 Hz en la evolución de tumores previamente iniciados en roedores mediante carcinógenos químicos o radiaciones ionizantes. En general, de entre estos estudios, aquellos que han detectado un efecto carcinógeno lo han hecho en tumores de piel o de mama y en animales expuestos a campos muy intensos (de hasta 2 mT).

b. Otras formas de cáncer. Una revisión general de los datos experimentales muestra que, con la excepción de los citados estudios sobre tumores mamarios, existe poca evidencia indicativa de que campos magnéticos ELF tengan un efecto cáncer-promotor. Sobre la base de su revisión de la literatura, ICNIRP concluye que no existe por el momento evidencia “convinciente” de efectos cancerígenos de la exposición a CEM ELF. Sin embargo la Comisión entiende que son necesarios estudios más completos sobre modelos animales para clarificar los posible efectos

de los campos ELF sobre las señales celulares y la regulación neuroendocrina, factores que pueden influir en el desarrollo de tumores a través de la promoción de la división en células previamente iniciadas.

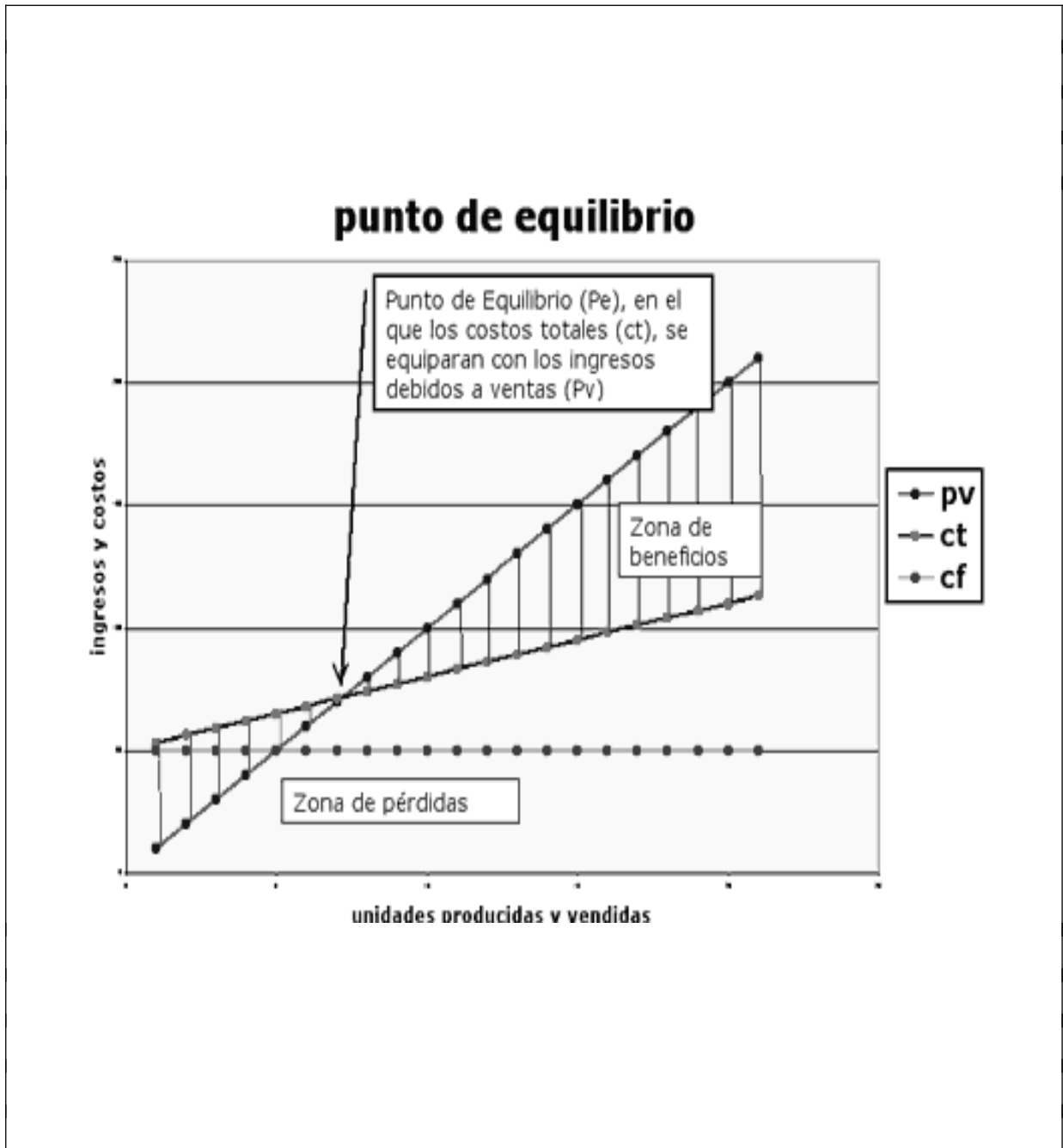
\*\*\* Fuente, [www.Ingenieriaambiental.com](http://www.Ingenieriaambiental.com)

### **8.3-**

### **CONCLUSIÓN**

En definitiva, dada la falta de pruebas más firmes sobre los supuestos efectos nocivos de los CEM ambientales de frecuencias bajas, sólo se ha admitido como probadas aquellas respuestas que pudieran deberse a la inducción de cargas y corrientes eléctricas capaces de afectar al funcionamiento de células y tejidos eléctricamente excitables, como las células del sistema nervioso. Y puesto que en los seres vivos existen de por sí corrientes eléctricas endógenas, provocadas por reacciones químicas normales, se ha propuesto que sólo aquellos CEM capaces de inducir corrientes significativamente más intensas que las fisiológicas podrían ser susceptibles de provocar efectos adversos inmediatos.





## 9.1- MATERIALES Y COSTOS DE PROYECTO

En este apartado describiremos los materiales a utilizar y su costo junto con el de mano de obra. Los datos aquí presentados son aproximados y fueron extraídos de catálogos de productos Siemens, catálogos de productos Eta-electro S.A (Distribuidora de productos eléctricos de General Electric, BAW y Eta-Electro) y Planilla de Honorarios del colegio de Ingenieros de la Provincia de Bs. As. (Ley 10416).

<i>Descripción</i>	<i>Precio \$</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Total \$</i>
Bandejas Portacables 300x50	48.6	60	2916
Bandejas Portacables 100x50	37.4	90	3366
Ménsulas	4.95	160	792
Caño P.V.C	0.75	90	67.5
Bocas	0.75	60	45
Lámparas HQI 70W ***	71.4	14	999.6
Tubos Fluorescentes 56 W ***	21.81	50	1090.5
Tubos Fluorescentes 20 W ***	8.16	10	81.6
Gabinetes (1200x600 mm) paneles, puertas, marcos y kit de acople.	804	6	4824
Gabinete principal (1910x900mm) paneles, puertas, marcos y kit de acople.	1659	2	3318
Conductor 3x4 mm2	1.17	50	58.5
Conductor 3x6 mm2	1.95	150	292.5
Conductor 3x25 mm2	3.41	60	204.6
Conductor 3x95 mm2	40.3	20	806
Conductor 3x300 mm2	110.82	20	2216.4
Guardamotor 2.5 [A]	109.53	5	547.65
Guardamotor 4 [A]	109.53	4	438.12
Guardamotor 6.3 [A]	109.53	8	876.24
Guardamotor 14 [A]	129.27	1	129.27
Guardamotor 10 [A]	129.27	5	646.35
Guardamotor 18 [A]	129.27	2	258.54
Guardamotor 25 [A]	135.3	3	405.9
Arranque Directo 1.1 kw	166.5	5	832.5
Arranque Directo 2.2 kw	166.5	6	999
Arranque Directo 4 kw	166.5	3	499.5
Estrella-Triángulo 7.5 kw	475.23	2	950.46
Estrella-Triángulo 11 kw	519	1	519
Estrella-Triángulo 30 kw	999.33	1	999.33
Contacto, RT y pulsadores 75 kw	810	2	1620
Interruptores de Potencia 630 [A]	2535	2	5070
Interruptores de Potencia 160 [A]	603	2	1206
Interruptores de potencia 80 [A]	482.4	1	482.4
Seccionadores Bajo Carga 80 [A]	255	2	510

<i>Descripción</i>	<i>Precio \$</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Total \$</i>
Interruptor Termomagnético 6 [A]	54	7	378
Interruptor Termomagnético 10 [A]	75	1	75

Interruptor Termomagnético 3 [A]	37	5	185
Interruptor Termomagnético 20 [A]	168	2	336
Interruptor Termomagnético 40 [A]	168	4	672
Interruptor Termomagnético 63 [A]	168	1	168
Interruptor Termomagnético 32 [A]	168	1	168
Interruptor Termomagnético 4 [A]	40.5	1	40.5
Generador Sincrónico 275 [KVA]	54000	2	108000
<b>Total \$</b>			<b>148090.96</b>

Luego estimamos el valor de la instalación en cuanto motores eléctricos y generadores. Esta estimación es para determinar el costo de proyección y dirección técnica.

<b>Valor en Juego (Motores y Grupo Eléctrogeno)</b>			
<b>Motores</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Total \$</b>
75 kw	2	3925	23550
30 kw	1	1454	4362
11 kw	2	648	3888
9.3 kw	2	485	2910
7.5 kw	3	400	3600
5.5 kw	1	342	1026
4 kw	4	250	3000
2.2 kw	7	173	3633
1.1 kw	6	130	2340
0.75 kw	3	100	900
275 kva	2	18000	108000
<b>Total \$</b>			<b>157209</b>

<b>Descripción</b>	<b>Precio \$</b>	<b>Total \$</b>
Bocas	70	4200
Instalación de Tableros	210	1680
Proyecto y Dirección Técnica	6.00%	9432.54
<b>Total \$</b>		<b>15312.54</b>

Por lo tanto el valor total para la realización de la instalación del buque es de aproximadamente **\$163403.5**

Capítulo	<b>Anexo e Información adicional</b>
<b>10</b>	

En esta última parte se encuentran los planos de la nave y planillas tipo para efectuar el plan de mantenimiento. La bibliografía que se utilizó en la realización de este trabajo fue:

- Apuntes de Cátedra de Instalaciones Eléctricas I y II.
- Instalaciones Eléctricas Industriales, *Albert Spitta*.
- Manual de las Instalaciones Eléctricas, *Brown Boverly*.
- Manual de Baja Tensión *Siemens*.
- Electrotecnia aplicada a Buques, Universidad Politécnica de Madrid.
- Distribución Eléctrica a Bordo, Universidad Politécnica de Madrid. *López-Piñeiro*.
- Catálogos e Informes Técnicos, *Schneider-Electric*.
- Estaciones Transformadoras y protecciones de Líneas, *CEAC Tomo I*.
- Cuerpo de Ordenanzas Prefectura Naval , Régimen Técnico de Buques. (Dto. De Inspecciones Técnicas, Jefe de Inspecciones Eléctricas Prefecto Fabbro, Subprefecto Rubén Darío Bellines).
- Informes Técnicos del Congreso Nacional del Medio Ambiente.
- Administración Moderna del Mantenimiento. *Lourival Augusto Tabares*.
- Máquinas Auxiliares. Universidad Politécnica de Madrid. *Ing. Jesús Pastrana*.
- [www.IngenieríaAmbiental.com](http://www.IngenieríaAmbiental.com)

## **BOMBAS**















Análisis torsional de la máquina.			
Análisis de vibración a las bancadas.			

<b>Empresa:</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Máquina:</b>	<b>Especialidad:</b>
Departamento de Mantenimiento	Diaria	Componentes Varios	Eléctrica
		<b>Pertenece a:</b> Generador Principal	<b>Fecha:</b> <b>Registro N°</b>
<b>Tarea</b>	<b>Técnico</b>	<b>Legajo</b>	<b>Observaciones</b>
Inspección termográfica de rotor y estator.			
Medición de las tensiones de generación.			
Medición de la tensión de excitación.			
Medición de las corrientes estatóricas.			
Medición de potencia activa.			
Medición de potencia reactiva.			
Control del numero de vueltas de la máquina.			
Control de la temperatura de la máquina.			
Medición de la frecuencia generada.			






## Conclusión

### Planta Eléctrica Naval y Electrotecnia aplicada a Buques

---

Por medio de herramientas de electrotecnia se desarrolló una instalación eléctrica naval que mejora el servicio y rendimiento del sistema eléctrico. Se partió con el cálculo de la potencia de los generadores sincrónicos de energía del buque, siguiendo con la selección de aparatos de maniobra y protección, diseño y cálculo del tendido eléctrico, estudio de flicker hasta llegar a la corrección del factor de potencia. Se elaboró un plan de mantenimiento preventivo para las máquinas presentes en la nave, implicando un mejor aprovechamiento de todos los recursos del buque elevando la calidad de la producción, disminuyendo el número de interrupciones del servicio de las máquinas y aumentando su vida útil. También se racionalizó la red para lograr un aumento en la potencia disponible de la instalación.

Además se analizó el capital necesario para llevar a cabo el proyecto teniendo de referencia precios actualizados de distribuidoras reconocidas, por último se verificó, mediante un estudio de impacto ambiental, que la radiación electromagnética en bajas frecuencias industriales no producen efectos nocivos sobre las personas.

