



**UNIVERSIDAD LAICA "ELOY ALFARO" DE MANABÍ**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**TESIS DE GRADO**  
Previa a la obtención del título de

**INGENIERO ELÉCTRICO**

**TEMA:**  
**"AUTOMATIZACIÓN CON AUTÓMATAS**  
**PROGRAMABLES DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE UN**  
**BUQUE ATUNERO, APLICADO AL SISTEMA DE**  
**CONTROL DE ALARMAS DEL B/A TUNA II"**

**AUTOR DE TESIS**

**Hector Leonardo Ortiz Chávez**

**Director de Tesis**  
**Ing. Raúl Villavicencio**

**2012**

**UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO” DE MANABÍ**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**TESIS DE GRADO**

Previa a la obtención del título de

**INGENIERO ELÉCTRICO**

**TEMA:**

**“AUTOMATIZACIÓN CON AUTÓMATAS  
PROGRAMABLES DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE UN  
BUQUE ATUNERO, APLICADO AL SISTEMA DE  
CONTROL DE ALARMAS DEL B/A TUNA II”**

**AUTOR:**

**Héctor Leonardo Ortiz Chávez**

**DIRECTOR DE TESIS:**

**Ing. Raúl Villavicencio**

---

**Manta - Manabí - Ecuador**

**2012 - 2013**

## **CERTIFICACIÓN.**

**Quien suscribe en calidad de Director de la Tesis: “AUTOMATIZACIÓN CON AUTÓMATAS PROGRAMABLES DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE UN BUQUE ATUNERO, APLICADO AL SISTEMA DE CONTROL DE ALARMAS DEL B/A TUNA II”, del estudiante de Ingeniería Eléctrica, señor:**

**Héctor Leonardo Ortiz Chávez**

**Certifico haber tutoriado el proyecto de investigación durante su desarrollo tanto teórico como práctico conforme a los lineamientos de la metodología de la investigación científica y de campo.**

**El proyecto realizado, los resultados y conclusiones son responsabilidad del autor.**

**Particular que comunico a Usted para los fines pertinentes.**

.....

**Ing. Raúl Villavicencio**

**Director de Tesis.**

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA**

La responsabilidad total sobre los hechos, ideas y conclusiones expuestos en la presente tesis, corresponden en forma exclusiva al autor, la propiedad intelectual de la tesis de grado corresponderá por derecho a la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Eléctrica.

**EL AUTOR.**

-----  
**Héctor Leonardo Ortiz Chávez**

**UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**Los miembros del tribunal examinador aprueban el informe y proyecto de la investigación sobre “AUTOMATIZACIÓN CON AUTÓMATAS PROGRAMABLES DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE UN BUQUE ATUNERO, APLICADO AL SISTEMA DE CONTROL DE ALARMAS DEL B/A TUNA II”, Al estudiante Sr. Héctor Ortiz Chávez, luego de haber sido analizado por los señores miembros del tribunal de la Facultad de Ingeniería Eléctrica, y en cumplimiento de lo que establece la ley, se da por aprobada.**

**Manta, octubre del 2012**

**Para constancia firman:**

.....  
**Miembro del tribunal**

.....  
**Miembro del tribunal**

.....  
**Director de tesis**

## DEDICATORIA

En primer lugar dedico este proyecto a Dios porque es el centro de mi vida, es él quien me ha cultivado en el ámbito profesional y como ser humano, a través de las múltiples vivencias que he tenido, en él radica mi fe, mi fortaleza, mi amor y mi paz, es el refugio y mi fuente inspiradora, para realizar labores en pro de mis semejantes y él es quien me da valor para afrontar cada reto diario, de cualquier magnitud que este sea, es quien me ha dado y me continua dando el impulso para seguir escalando cada uno de los peldaños tan lindos de la vida, encaminándome en este largo sendero con su luz y amor incondicional.

En segundo lugar, dedico este trabajo a mis Padres.

A mi Madre la Sra. Lcda. Gloria Chávez Robles, por su dedicación, esfuerzo, sacrificio y por tu entrega total e incondicional a tus hijos, con tu ejemplo me has enseñado cosas que no se las adquiere en las aulas de clases y que van adheridas siempre a cada ser humano, valores morales y éticos, pero sobre todo porque me has demostrado tu amor en cada uno de los actos que has hecho por mí y por el resto.

A mi Padre el Sr. Ing. Héctor Ortiz Moncayo, que aunque por cosas del destino no estuvimos siempre juntos, pero en su momento fuiste un aporte muy importante para mí y de lo cual estoy orgulloso, con tus sabios consejos me diste esa fortaleza que un hombre necesita para formarse como un profesional íntegro.

A mis Hermanos Fabricio y Gustavo por darme esa motivación en cada momento, juntos hemos compartido mucho en la vida, momentos de alegría y de tristeza, y es por eso que los llevo siempre conmigo ustedes saben que nuestro destino va más allá.

Dedico también esta tesis a aquellas persona que no están conmigo terrenalmente pero que los llevo siempre en mi corazón y se han convertido en unos ángeles en el cielo, me refiero a mis abuelos Octavio Chávez M. (Paisa) y Carmen Robles de Chávez, Alfonzo Ortiz del Mónaco, y a mi Tío Miguel Chávez, que con sus bendiciones iluminaron ese largo camino lleno de obstáculos que tuve que enfrentar y superar para cumplir esta meta.

**HECTOR LEONARDO ORTIZ CHAVEZ**

## DEDICATORIA ESPECIAL

A unas personas muy especiales e influyentes en mi vida y que son lo mejor que me ha pasado, me refiero a mi señora esposa Ginger Alarcón y mis hijos Nathaly, Leonardo y Nairobi.

A ti Querida esposa y compañera por ser tan especial, por estar conmigo en los momentos más difíciles, por ser un apoyo constante y por darme siempre esas palabras de aliento oportunas que me dieron fuerza cada vez que yo quería doblegar.

Me enseñaste que el mayor obstáculo que existe en la vida es uno mismo, y cuando hay constancia, sacrificio y ganas no existe barrera alguna que te impida llegar a una meta.

A mis hijos Nathaly, Leonardo y Nairobi, ustedes fueron mi inspiración, me motivaron a luchar cada día, el hecho de verlos crecer me motivó a seguir adelante en este camino duro y éste logro del cual son partícipes ustedes sirva para fortalecer nuestro lazo familiar y en el futuro sea un ejemplo a seguir para que luchen y nunca se detengan ante ningún obstáculo.

**HECTOR LEONARDO ORTIZ CHAVEZ**

**VIII**

## AGRADECIMIENTO

El autor del presente trabajo muestra a través de éstas líneas su agradecimiento más sincero a todas aquellas personas y empresas del ámbito marítimo, que con sus consejos y documentación han ayudado a que una idea que surgió hace unos años, a bordo de un buque, finalizara, felizmente en tierra.

Expreso el más sincero agradecimiento primero a Dios por iluminarme y permitirme tener éxito en mis estudios.

A mi Director de Tesis el Ing. Raúl Villavicencio por su apoyo y por su disposición de colaboración para culminar este trabajo.

A los señores catedráticos de la Escuela de Ingeniería Eléctrica que fueron pieza fundamental en mi formación como profesional.

A mis compañeros de estudio con los cuales compartimos momentos especiales.

A todas y cada una de las personas que de una y otra manera estuvieron siempre a mi lado como, mis Padres, Hermanos, Esposa e Hijos.

# **UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABI**

**Manta - Manabí – Ecuador**

**2012 – 2013**

**TEMA:**

**“AUTOMATIZACIÓN CON AUTÓMATAS PROGRAMABLES DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE UN BUQUE ATUNERO, APLICADO AL SISTEMA DE CONTROL DE ALARMAS DEL B/A TUNA II”**

## **Resumen:**

La utilización de los Sistemas de Alarmas en un Barco Atunero juegan un papel muy importante, debido a que estas son las que permiten prevenir y corregir a tiempo problemas técnicos que se presentan en determinados momentos en dicha embarcación, los mismos que dan paso a que se produzcan situaciones de riesgo que ponen en peligro al personal a bordo, equipos eléctricos y a la embarcación en sí.

Nuestra tesis se basa esencialmente en la construcción e instalación de un sistema de control de alarmas con autómatas programables aplicado al sistema eléctrico de un barco atunero, el mismo que facilitara al jefe de máquinas y a sus ayudantes tener un mejor control y supervisión del funcionamiento de los equipos eléctricos a bordo.

Como resultado permitiremos al alumno de nuestra escuela adquirir conocimientos importantes de cómo opera una embarcación tanto en puerto como navegando y conocer los procedimientos técnicos-operativos de las labores de mantenimiento y seguridad a bordo.

## INDICE DE CONTENIDOS

<b>A. PAGINAS PRELIMINARES</b>	<b>Pag.</b>
PORTADA	I
CERTIFICACION	III
DECLARACION DE AUTORIA	IV
APROBACION POR EL TRIBUNAL DE GRADO	V
DEDICATORIA	X
RESUMEN	XI
INDICE GENERAL DE CONTENIDOS	XVII
<b>B. TEXTO</b>	<b>Pag.</b>
TEMA	XVIII
OBJETIVOS GENERALES	XX
OBJETIVO ESPECÍFICOS	XXI
JUSTIFICACIÓN	XXII

## MARCO TEORICO

<b>CAPÍTULO I.</b>	
<b>ORIGEN DE LA PESCA DEL ATUN.</b>	<b>24</b>
1.1 Introducción.	25
1.2 Definición de buques de pesca.	26
1.3 Clasificación de buques de pesca.	26
1.4 Buque Atunero Cerquero.	27
1.5 Descripción y especificaciones generales del buque	37
1.6 Dimensiones principales.	37

<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DEL BUQUE.</b>	<b>38</b>
2.1 Elección de las características de la distribución eléctrica.	39
2.2 Elección de la tensión.	39
2.3 Generación de electricidad a bordo.	40
2.4 Diagrama Unifilar.	42
2.5 Transformadores.	43
2.6 Cuadros eléctricos.	43
2.7 Paneles del cuadro eléctrico.	44
2.7.1 Panel del generador auxiliar.	45
2.7.2 Panel del control de sincronismo.	45
2.7.3 Panel de alimentación eléctrica de costa.	46
2.7.4 Panel de servicios del buque.	46
2.8 Sistema de gobierno.	47
2.8.1 Descripción del sistema de gobierno.	48
2.8.2 Luces de Navegación.	48
2.8.3 Comunicación del sistema de gobierno con la unidad giroscópica.	52
2.9 Planta de emergencia.	56
2.10 Balance eléctrico.	57
2.11 Dimensionamiento de la planta eléctrica.	60
2.12 Metodología del cálculo de corrientes de cortocircuito.	61
2.13 Método de cálculo de la sección del embarrado.	66
2.14 Fijación del embarrado.	69
<b>CAPITULO III.</b>	
<b>CONDUCTORES.</b>	<b>71</b>
3.1 Definición.	73
3.2 Constitución y selección.	72
3.3 Aislamiento eléctrico.	73
3.4 Protección mecánica.	74
3.5 Cálculo de conductores.	75
3.6 Cálculo de selección según el calentamiento de los conductores.	77
3.7 Régimen de neutro.	80
3.7.1 Corrosión galvánica.	81
3.7.2 Protección Catódica por corriente inducida.	82
3.7.3 Protección catódica mediante ánodos de sacrificio.	83

3.7.4 Recomendaciones básicas para el correcto uso de los ánodos.	84
3.7.5 Conexión de puesta a tierra del sistema.	84
3.7.6 Conexión de puesta a tierra de equipos.	85
3.7.7 Electrodo de puesta a tierra.	86

## **CAPITULO IV.**

<b>SISTEMA DE SINCRONISMO.</b>	<b>88</b>
4.1 Sincronización de generadores.	89
4.1.1 Puesta a punto de generadores antes de trabajar en paralelo.	94
4.1.2 Ajuste de la frecuencia.	95
4.1.3 Ajuste de voltaje.	95
4.2 Sincronización.	96
4.2.1 Efecto de un error en la sincronización.	98
4.2.2 Efecto de un excesivo ángulo de fase.	98
4.2.3 Efecto de una excesiva frecuencia.	99
4.2.4 Efecto de un elevado voltaje del generador.	99
4.3 Guía de operación y mantenimiento de generadores.	100
4.3.1 Introducción	100
4.3.2 Designación	101
4.3.3 Localización del número de fallas de fabricación	101
4.3.4 Placa característica	102
4.4 Generadores auto excitados con regulación por unidad de control de voltaje (AVR)	103
4.4.1 Generadores excitados por imán permanente (PMG) controlados por AVR	104
4.4.2 Accesorios para AVR	105
4.4.3 Generadores controlados por transformadores	106
4.4.4 Aplicación del generador	107
4.5 Elevación (Instalación)	114
4.5.1 Montaje	116
4.5.2 Generadores sin apoyos	117
4.5.3 Generadores de dos cojinetes	117
4.5.4 Generadores de un solo cojinete	118
4.5.5 Puesta a tierra	119
4.6 Comprobaciones previas al funcionamiento	120
4.6.1 Comprobación de aislamiento	120

4.6.2 Sentido de rotación	120
4.6.3 Tensión y frecuencia	121
4.6.4 Ajuste de AVR	121
4.6.4.1 AVR – Tipo SX460	121
4.6.4.2 AVR – Tipo SX440	123
4.6.4.3 AVR – Tipo SX421	124
4.6.4.4 AVR – Tipo MX341	125
4.6.4.5 AVR – Tipo MX321	126
4.6.5 Sistema de excitación controlada por transformador	127
4.6.6 Pruebas del grupo electrógeno	127
4.6.6.1 Medidores y cableado de pruebas	127
4.6.6.2 Arranque inicial	127
4.6.6.3 Pruebas con carga	129
4.6.6.4 Generadores controladas por AVR – ajustes	129
4.6.6.4.1 UFRO (Atenuación progresiva de subfrecuencia)	129
4.6.6.5 Exc Trid (ajuste de excitación) AVR's Tipo MX341, MX321	131
4.6.6.6 Over/V (sobre voltaje) AVR's Tipo SX421 y MX 321	131
4.6.6.7 Ajustes de conexión de cargas transitorias	132
4.6.6.8 Rampa – AVR Tipo MX321	134
4.6.6.9 Generadores controlados por transformador	134
4.7 Servicio y mantenimiento	135
4.7.1 Estado de los devanados	136
4.7.2 Cojinetes	137
4.7.3 Filtros de Aire	138
4.7.3.1 Procedimiento de limpieza	139
4.7.4 Localización de averías	139
4.7.4.1 localización de averías AVR SX460	140
4.7.4.2 localización de averías AVR SX440	141
4.7.4.3 localización de averías AVR SX421	142
4.7.4.4 localización de averías control por transformador	143
4.7.4.5 localización de averías AVR MX341	144
4.7.4.6 localización de averías AVR MX321	145
4.7.5 Comprobación de voltaje residual	146
4.7.6 Prueba de excitación por fuente ajena	147
4.7.6.1 Devanados del generador, diodos giratorios e imán permanente ( PMG)	147

4.7.6.2 Voltaje equilibrado en bornes principales (cambio de diodos, supresor de cresta, devanados)	149
4.7.6.3 Voltaje desequilibrado en bornes principales	152
4.7.7 Prueba de control de excitación	153
4.7.7.1 Prueba de funcionamiento de la AVR	153
4.7.7.2 Control por transformador	155
4.7.7.3 Desmontaje e instalación de conjuntos de comprobantes	156
4.7.7.4 Desmontaje del imán permanente (PMG)	156
4.7.7.5 Desmontaje de cojinetes	157
4.7.7.6 Desmontaje del soporte/escudo final y estator final de Excitación	158
4.7.7.7 Desmontaje del conjunto rotor	159
4.7.8 Volver al estado de servicio	162

## **CAPITULO V.**

<b>SISTEMA DE REFRIGERACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO.</b>	<b>163</b>
5.1 Instalación frigorífica.	164
5.1.1 Congelación por inmersión.	164
5.1.2 Congelación por circulación de aire.	164
5.1.3 Congelación por contacto.	165
5.1.4 Fluido refrigerante secundario.	166
5.1.5 Fluido refrigerante primario.	167
5.2 Proceso de congelamiento del atún.	169
5.2.1 Calor por transmisión por superficie Q1.	170
5.2.2 Calor por enfriamiento del atún Q2.	171
5.2.3 Calor por enfriamiento de la salmuera Q3.	172
5.2.4 Calor necesario para la conservación Q4.	173
5.2.5 Calores varios.	173
5.3 Capacidad de compresores.	174
5.4 Capacidad de condensadores.	181
5.5 Bombas de agua salada de refrigeración de condensadores.	182
5.5.1 Bombas de amoniaco.	183
5.5.2 Válvula termostática y electroválvula.	183
5.5.3 Termómetros.	184
5.6 Equipo de gamuza frigorífica.	184
5.7 Aire acondicionado.	185

<b>CAPITULO VI.</b>	
<b>SISTEMA DE CONTROL DE ALARMAS.</b>	<b>188</b>
6.1 Importancia del sistema de alarmas.	189
6.2 Descripción general del sistema.	190
6.3 Actuación del equipo de alarma.	190
6.3.1 Distintos Tipos de Alarmas.	192
6.3.2 Agrupamientos a distancia.	193
6.3.3 Transferencia de responsabilidad de guardia.	195
6.3.4 Llamada al maquinista de guardia.	196
6.4 Clasificación de las señales de supervisión	196
6.4.1 Recursos.	197
6.4.2 Clases de alarmas.	197
6.5 Menú de aplicación.	198
6.6 Tratamiento de alarmas.	200
6.6.1 Campos de display de alarmas.	201
6.6.2 Tipos de Alarmas de display de alarmas.	201
6.6.2.1 Alarmas de parada.	201
6.6.2.2 Alarmas del equipamiento que no provocan parada.	202
6.6.2.3 Alarmas y avisos de mantenimiento.	202
6.7 Pantallas visualización pilotos alarmas.	202
6.7.1 Piloto señalización de alarma.	203
6.7.2 Piloto señalización estado.	204
6.8 Pantallas visualización señales analógicas.	206
6.8.1 Pantalla visualización temperatura de bancada.	208
6.9 Pantalla visualización histórico de alarmas.	210
6.9.1 Campos que contiene.	211
6.9.1.1 Alarmas de fallo de canal.	211
6.9.1.2 Alarmas de la instalación.	212
6.9.1.3 Alarmas de mantenimiento.	213
6.9.1.4 Alarma del sistema.	213
6.9.1.5 Operación runtime.	214
6.10 Configuración alarmas de mantenimiento.	215
<b>CAPITULO VII.</b>	
<b>INSTALACIÓN DE HARDWARE Y SOFTWARE.</b>	<b>217</b>
7.1 Parámetros de Funcionamiento.	218
7.2 Característica de las Pantallas.	218

7.2.1 Pantalla menú del terminal.	220
7.2.2 Pantalla lista de alarmas.	221
7.2.3 Pantalla histórico de alarmas.	222
7.3 Diagrama en bloque de la secuencia de funcionamiento de las pantallas.	223
7.4 Modo de operación.	224
7.4.1 Motor propulsor.	226
7.4.2 Motores auxiliares (motor aux 1).	227
7.4.2.1 Motor auxiliar 2.	229
7.4.2.2 Motor auxiliar hidráulico.	231
7.4.2.3 Alarmas generales.	232
7.5 Pantalla visualización de señales analógicas.	233
7.5.1 Pantalla "Parámetros de la maquina principal".	234
7.5.2 Pantalla "Temperatura de bancada".	236
7.5.3 Pantalla "Temperatura de cubas".	238
7.5.4 Pantalla "Gráfico de barras".	241
7.5.5 Configuración de tiempos.	242
7.5.6 Listado de alarmas del proyecto.	243
7.6 Selección de equipos.	246
7.6.1 Simatic S7-200.	246
7.6.2 Comunicación.	248
7.6.3 Partes internas y complementarias del equipo.	249
7.6.3.1 Equipos complementarios (fuente de alimentación).	250
7.6.3.2 Modulo de memoria.	251
7.6.3.3 Modulo de pila.	251
7.6.3.4 Reloj en tiempo real.	252
7.6.3.5 Potenciómetros analógicos.	252
7.7 Conexión eléctrica de los componentes.	253
7.8 Configuración del hardware.	255
7.9 Montaje y conexión física del sistema.	259

<b>CAPITULO VIII.</b>	
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.</b>	<b>270</b>
8.1 Conclusiones.	271
8.2 Recomendaciones.	273
<b>MANTERIAL DE REFERENCIA.</b>	<b>274</b>
Índice de figuras.	274
Índice de tablas.	277
Índice de pantallas.	279
Glosario.	280
Bibliografía.	283

## **TEMA**

**“AUTOMATIZACIÓN CON AUTÓMATAS PROGRAMABLES DEL  
SISTEMA ELÉCTRICO DE UN BUQUE ATUNERO, APLICADO  
AL SISTEMA DE CONTROL DE ALARMAS DEL B/P TUNA II”**

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL:**

Construir un sistema de alarmas que sea confiable, y que ayude al personal técnico a bordo a prevenir y corregir en el menor tiempo posible cualquier falla (o) que se produzca en la embarcación, y poder tomar a tiempo las medidas precautelarias del caso.

## **OBJETIVOS ESPECIFICOS:**

- 1.-Se pretende que el alumno adquiera una visión de conjunto de cómo es la instalación eléctrica naval típica de un buque atunero, así mismo tratar de que el alumno conozca las labores de mantenimiento y las prácticas de seguridad a observar en los sistemas eléctricos a bordo de una embarcación.
- 2.-Satisfacer la necesidad del sector pesquero regional permitiendo al profesional responsable de la embarcación verificar en qué condiciones están operando sus equipos.
- 3.-Establecer mediante un análisis técnico – operativo las partes del buque que tienen prioridad en ser monitoreadas.
- 4.-Estudio e Investigación de los equipos a ser utilizados en éste proyecto.
- 5.-Realizar la implementación de éste sistema de monitoreo en el B/P Tuna II.

## **JUSTIFICACION**

La Automatización de máquinas y procesos industriales sin lugar a dudas fue un paso muy importante en la ingeniería, facilitando al profesional eléctrico el control de diversos sistemas y procesos que se llevan a cabo gracias a la tecnología, los mismos que en la actualidad pueden ser monitoreados a distancia.

Este tema propone un sistema de “Automatización con autómatas programables del sistema eléctrico de un buque atunero, aplicado al monitoreo del sistema de control de alarmas del B/P Tuna II”, el mismo que permitirá al ingeniero tener un control desde puerto de diferentes partes eléctricas del buque, aunque éste se encuentre navegando; convirtiéndose en una aplicación importante en lo que respecta a controles automáticos aplicados en embarcaciones pesqueras, adaptable a embarcaciones de distintas características.

El monitoreo del sistema de control de alarmas permitirá que el Armador pesquero esté en contacto y tenga conocimiento en las condiciones en que está operando su embarcación, ayudando también al personal técnico a bordo a prevenir y corregir en el menor tiempo posible cualquier falla (o) que se produzca en la embarcación, y poder tomar las medidas precautelarias del caso.

Este tema de tesis nace de la necesidad de mejorar los sistemas eléctricos de las flotas pesqueras de nuestra región, siendo así un aporte de gran importancia ya que esta automatización se implementara como plan piloto en el B/P Tuna II.

Todas las instalaciones eléctricas que se realizan a bordo hoy en día se realizan en corriente alterna. La corriente alterna presenta multitud de ventajas frente a la continua, entre las que cabe destacar las siguientes:

- Mas amplio campo de niveles de tensión que se pueden utilizar.
- Facilidad para el uso de varias tensiones distintas.
- Menor coste, peso y empacho de los grupos generadores.
- Menor coste, peso y empacho de los motores eléctricos.
- Mayor robustez y más fácil mantenimiento de generadores y motores.
- Posibilidad de alimentar el buque con la red de puerto.

Por tanto, y salvo excepciones, la generación y distribución eléctrica a bordo se realizara mediante corriente alterna.

**CAPITULO I.**

**ORIGEN DE LA PESCA DEL ATUN**

## **1.1 Introducción.**

Antes de comenzar a desarrollar el sistema de alarmas del buque atunero del presente proyecto hemos de hablar un poco sobre el fundamento de todos estos tipos de buques.

La pesca es el medio de vida de una gran cantidad de personas y alimentos para una gran parte del mundo. Se define como la actividad humana consistente en la captura de peces, ballenas, focas, o cualquier otro ser viviente en el mar. Sus fines son muy diversos: alimentación, comercialización, deporte, etc.

Sus orígenes son muy antiguos, es difícil precisar desde cuando se viene practicando este arte, desde la prehistoria ya el hombre la utilizaba para su alimentación. Hoy en día es un aspecto muy importante en la vida social, política y económica de muchas personas y países.

El pescado de todos los tiempos es uno de los alimentos básicos en la vida de los seres humanos, su consumo es muy importante, aproximadamente un tercio del total de toda la carne animal que el hombre consume. Su riqueza nutritiva es muy alta, tanto en proteínas, vitaminas, lípidos, iones para el consumo humano, hidratos de carbono, etc.

De aquí que el hombre desde todos los tiempos y hoy en día, para practicar este arte y medio de vida haya ido desarrollando una gran cantidad de sistemas, utensilios, etc., de pesca, hasta el presente en que nos encontramos con una gran industria pesquera.

## **1.2 Definición de buques de pesca.**

Según los Reglamentos de aplicación a buques, los buques de pesca se definen como aquellos dedicados a la captura de peces, ballenas, focas, o cualquier ser viviente en el mar.

En las orientaciones técnicas de la FAO, se entiende por “buque pesquero”, cualquier embarcación que se utiliza o se pretende utilizar para la explotación comercial de recursos marinos vivos, incluyendo buques madre y cualquier otro tipo de barcos que participan directamente en dichas operaciones pesqueras.

Sus características más importantes, entre otras son:

- Son centros de producción, capturan recursos para su posterior comercialización.
- Son buques de transporte, llevando el producto desde su captura hasta el puerto u otro buque.
- Deben desarrollar sus operaciones en alta mar, con mala climatología y en situaciones de seguridad adversas.
- La propulsión del buque, la estiba de la mercancía, las condiciones de máxima carga, etc., han de ser estudiadas para diferentes formas de operaciones.

## **1.3. Clasificación de buques de pesca.**

Cuando se diseña un nuevo barco, todo su desarrollo se orienta a su funcionalidad, al tipo de carga a transportar, y en este apartado en concreto, que tipo de pesca quiere realizar.

Existen algunas clasificaciones básicas de los buques pesqueros, que a su vez, se subdividen en otras más detalladas desde el punto de vista de la funcionalidad.

Entre los tipos más importantes de buques que se dedican a la pesca podemos citar los siguientes:

- Atuneros.
- Arrastreros.
- Balleneros.
- Cañeros.
- **Atuneros Cerqueros.**
- Palangreros.
- Buques para la pesca con nasas.
- Buques para la pesca con redes de enmalle
- Volanderos.
- De bajura.

Para efecto de esta tesis nos referiremos a los Buques Atuneros Cerqueros

#### **1.4 Buques Atuneros Cerqueros.**

El buque Atunero Cerquero es un buque pesquero y como tal tiene unas características comunes a todos ellos, entre las que están el trabajar con frecuencia en condiciones de mala mar y en caladeros alejados, y unas

exigencias como son las de máxima seguridad para buque y tripulación, las de condiciones de trabajo apropiadas y las de economía.

Para conseguir la adecuada seguridad, el buque debe estar proyectado para soportar las sollicitaciones producidas por la mar y por la carga. Dado que los pesqueros trabajan frecuentemente en condiciones de mala mar (fuertes oleajes, golpes de mar, etc.), suelen tener escantillones elevados. Debe tener la suficiente estabilidad en todas las condiciones de carga, en particular la necesaria para poder seguir pescando en condiciones de mala mar y fuertes vientos. Hay que tener en cuenta que en general los pesqueros, y en particular los atuneros, llevan gran cantidad de tanques con la consiguiente disminución de estabilidad que puede haber. En pesqueros sobre todo de pequeño tamaño, hay que tener cuidado también con la estabilidad longitudinal para evitar con mares de popa el hundimiento por proa.

Para conseguir unas adecuadas condiciones de trabajo hay que tener en cuenta la disposición general y proyectarla de manera que facilite la vida de los tripulantes a bordo en los largos periodos de navegación y faena que los pesqueros realizan, en particular la situación de los camarotes y lugares de descanso lo más al centro y a popa posible para facilitar el descanso y el reposo de la tripulación tras los turnos de trabajo.

Además hay que evitar en todo lo posible las resonancias entre el buque y distintas fuerzas excitadoras (olas, motores, hélices, etc.) que afectan tanto a las condiciones de trabajo y a la comodidad como a la seguridad del buque.

El atunero congelador al cerco además de estas condiciones generales se caracteriza por:

- Ser un buque de dos cubiertas, principal y superior, que deja entre medias un entre puente de trabajo. La cubierta principal es además la cubierta francobordo.
- La superestructura de estos buques suelen ir a proa de la sección media para permitir tener en la popa espacio suficiente para ubicar todos los equipos de pesca y poder realizar toda la maniobra. Además a proa de la superestructura lleva una cubierta castillo donde se sitúan botes y maquinillas, la cual suelen ir protegida con altas amuradas por razones de seguridad.
- Actualmente suelen llevar la cámara de máquinas a popa, aunque tradicionalmente la han llevado a proa. Suele ser de gran tamaño y en ella destaca la planta frigorífica, de gran potencia y tamaño, por lo que suele disponerse en un compartimiento separado. Esto obliga también a una planta generadora de gran potencia.
- Es un buque congelador para lo cual emplea el método de congelación por inmersión en salmuera. Para ello lleva unas cubas de congelado y en la actualidad y dependiendo del tamaño, bodegas, situadas bajo la cubierta principal. El número de cubas y su tamaño es función de las capturas previstas en el día para evitar la formación de superficies libres. Dado que la operación de pesca puede sufrir irregularidades es importante adecuar el tamaño de los tanques a las capturas previstas y a la capacidad de congelación prevista o que se desee. Van dispuestos simétricamente respecto a crujía (espacio de popa a proa en medio de la cubierta) y en la zona opuesta a la cámara de máquinas (a proa si esta está en popa, y a popa si esta está en proa).

Todas las cubas van aisladas para mantener las bajas temperaturas y llevan serpentines frigoríficos por los que circula líquido refrigerante (amoníaco), lo cual obliga a un doble forro de las mismas con una doble finalidad, preservar el aislamiento y los serpentines de refrigeración del contacto con el agua y los atunes y la de proteger a los atunes del contacto con el aislamiento, serpentines y los refuerzos de los mamparos, lo cual deterioraría su carne. El empleo de salmuera como método de congelación obliga a embarcar y almacenar gran cantidad de sal.

- El procedimiento de inmersión en salmuera es empleado cuando las capturas son masivas y no han de ser procesadas, como en el caso del atún en el que hay copadas de 50 t o superiores. Además se emplea cuando las dimensiones del pescado son grandes, caso el atún, y cuando la pesca se realiza en aguas tropicales, como temperaturas del agua de 30 -30°C. en estos casos el procedimiento de inmersión en la salmuera es el más adecuado ya que la transferencia de calor es muy rápida, aunque la cantidad de congelación no sea muy buena. Además tiene las ventajas de que el espacio de congelación y almacenamiento es el mismo, la congelación rápida, tiene altos coeficientes de estiba (hasta 800 Kg/m<sup>3</sup>) y un menor consumo de energía. En cambio tiene el problema de la absorción de sal por parte del pescado y de que la temperatura dentro del pescado no puede descender por debajo de -16°C, ya que la temperatura más baja que puede conseguirse con este sistema es de -21.2°C (punto eutéctico de la mezcla agua-sal), de ahí que la calidad de congelación no sea buena. La salmuera a su vez se refrigera

en una planta convencional de refrigeración a través de los serpentines instalados en los tanques.

- Las cubas pueden ser empleadas también para el almacenamiento de combustible (gasoil) y de agua dulce. Esto se suele realizar en la salida del puerto y se va consumiendo en el viaje de ida al caladero. En el caso de que el tanque tenga combustible, antes de introducir el atún, hay que limpiar las cubas para que este no se contamine con el combustible.
- Entre las cubas y sobre el doble fondo, saliendo de la cámara de máquinas hay un túnel de tuberías por el que van las tuberías de refrigeración, de circulación de la salmuera, de combustible o agua dulce, según el tipo de barco, las bombas (una por cuba) y las válvulas, etc.
- Sobre las cubas va el parque de pesca, por el que se distribuye el atún a las cubas, mediante cintas transportadoras, desde la escotilla de popa. En el parque de pesca hay también chigres y aparejos en cada cuba, con los cuales se pueden sacar los atunes de las cubas para volver a situarlos sobre las cintas y de estas al exterior, mediante el empleo de grúas o plumas, a través de las escotillas de proa y popa. Si la descarga se hace en el mar se emplea la escotilla de popa y las plumas que se emplean para la maniobra de pesca. En esta zona se sitúan también pañoles y locales para distintas funciones, entre otras el almacenamiento de la sal para la salmuera.

- Dado que el sistema de pesca empleado es el de cerco, los atuneros deben poder realizar la maniobra de echar el cerco lo más rápidamente posible para lo cual deben poseer una gran maniobrabilidad y una alta velocidad (15 a 17 nudos). La alta velocidad permite además el llegar lo más rápidamente al caladero y la zona de pesca, con lo que se disminuye los días empleados en la ida y vuelta y se pueden disponer de más días para pescar, o al banco localizado en caso de competencia con otros buques dentro del caladero. De esta manera esloras grandes suelen perjudicar el radio evolutivo, con el consiguiente aumento de tiempo en la realización de la maniobra. Además lleva hélice transversal de proa y en la actualidad casi todos llevan también otra a popa, de manera que puedan compensar el empuje de los atunes en el cerco y virar el buque para mantener el cerco a sotavento, en el salabardeo, y separado de popa.
- Para poder realizar toda la maniobra del cerco, además de la red, que actualmente tiende a aumentar de tamaño, tanto en longitud como en profundidad, se emplean gran cantidad de maquinillas, de 15 a 20, las cuales van situadas, como antes se había comentado, en la parte de popa sobre la cubierta superior. Estas maquinillas se encargan tanto de cobrar los cabos, como la red y de mover las diferentes plumas empleadas, entre las que destacan la que posee el halador o especie de polea (macaco) a través de la cual se cobra la red y las de salabardeo y auxiliar. Estas plumas van dispuestas sobre un mastelero de gran tamaño (mástil), que les sirve de soporte y que además sirve para situar

los puestos de vigilancia y de auxilio del patrón de maniobra de pesca y en el que además se sitúan las distintas antenas y radares del buque.

- Llevan gran cantidad de inversión en equipos de detección entre los que destacan ecosondas, radares de navegación y de localización de pájaros, sonares omnidireccionales y de discriminación, equipos registradores de temperatura del agua, vía satélite, radio boyas, etc.
- La propulsión empleada siempre es mediante motor diesel, el cual puede ser reversible o no, llevando en este caso un reductor inversor. Es importante la rápida realización de la maniobra de inversión de marcha, de todo adelante a todo atrás, que hay que realizar en el momento de cerrar el cerco, para esto además se dispone de un freno que actúa sobre la línea de ejes o sobre el reductor (más frecuente). Las potencias empleadas en buques de tamaño medio (70 m) están entre 4000 y 5000 HP, lo que representa una elevada potencia instalada, con lo que es común el empleo de popas de bulbo para mejorar las condiciones de entrada del flujo y reducir las vibraciones. Lo normal es el empleo de una única línea de ejes con un único motor, aunque a veces se emplean dos motores engranados a un reductor de doble entrada, del cual se puede desengranar y engranarlo a bombas hidráulicas que accionen las maquinillas de pesca.
- Estos buques emplean embarcaciones auxiliares entre los que destacan la panga y los speed boats 6(botes rápidos). El primero va situado en

una rampa en la popa de barco, desde la cual se pone a flote para soportar uno de los extremos de la red durante el cerco. Es de unos 12-13 m de eslora según el tamaño del buque y lleva un gran motor propulsor (500-600 HP) con el cual se mantiene en su posición y evita así ser arrastrado por el atunero. Si el buque no lleva hélices de maniobra la panga es la encargada de separar el barco de la red y de compensar el empuje de los atunes en el cerco. Los speed boats son unos botes rápidos con los cuales se evita que el atún se disperse y se salga del cerco. Suelen ser de aluminio y llevan un motor fuera de borda o turbohélice para poder pasar por encima de las redes y corchos. Van situados sobre la cubierta de botes y se ponen a flote con grúas o plumas.

- En algunos casos estos buques llevan cubierta de helicópteros situada sobre el puente. En estos casos el buque debe estar construido para soportar este peso, tanto estructuralmente la cubierta, como por estabilidad al tratarse de un peso alto. Además hay que disponer de tanques para el almacenamiento del combustible (queroseno) y de piezas de repuesto para el helicóptero.
- También pueden tener tanques estabilizadores para disminuir el balance en condiciones de mal tiempo. Estos tanques suelen ir situados bajo la rampa sobre la que va la panga.
- Dados los largos periodos que debe pasar en la mar, es un buque en el que hay que tener en cuenta y cuidar el comportamiento en la mar y la

capacidad de este para navegar a una velocidad adecuada en cualquier clase de tiempo. Para ello suelen tener grandes arrufos a proa, francobordos adecuados, así como castillo, lo que favorece el comportamiento en la mar desde el punto de vista del embarque de agua.

- Deben tener una gran estabilidad transversal capaz de compensar el efecto escorante (inclinación del barco por efecto del viento) de la izada de la red, incluso con mal tiempo, así como las posibles pérdidas de estabilidad debidas a las superficies libres de tanques. Por esta razón suelen tener una manga algo mayor que la que correspondería a buques pesqueros de tonelaje similar y conduce a valores moderados de la relación eslora/manga (L/B) comprendidos entre 4 y 5.
- Emplean generalmente popas de espejo con lo que se contribuye a aumentar la zona disponible en cubierta para la maniobra de pesca, favoreciendo además la estabilidad. Además suelen llevar el codaste cerrado para proteger la red en las maniobras.
- El diseño de la popa en general y de la hélice en particular se hace con bastantes cuidados para minimizar los efectos de cavitación y los ruidos y vibraciones transmitidas por la hélice que pueden perjudicar la estructura, el confort y las capturas.
- Además suelen también utilizar proa de bulbo para disminuir la resistencia por formación de olas, importante al ir a velocidades

elevadas, y el movimiento de cabeceo del buque. La eficacia de este dependerá de la situación de carga, velocidad, etc. Los tipos más frecuentemente empleados son los de tipo “peonza” por disminuir los movimientos de cabezada.

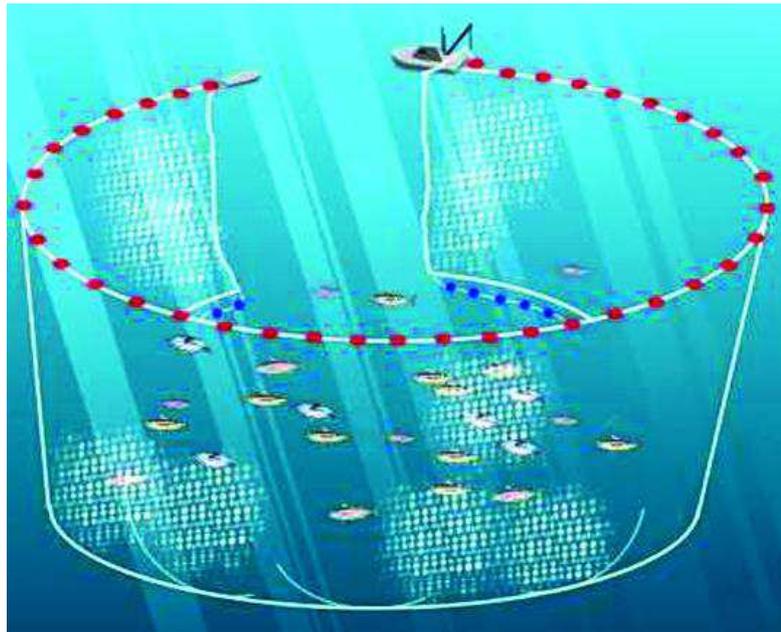


Fig. N° 1



Fig. N° 2 Buque Atunero en maniobra

### **1.5. Descripción y especificaciones generales del buque.**

- Tipo de buque: Buque pesquero atunero congelador al cerco.
- Clasificación, cotas y reglamento de aplicación: Bureau Veritas.
- Características de la carga: 300m<sup>3</sup> de capacidad de bodegas y entrepuente.
- Velocidad: 11 nudos en condiciones de servicio. 85% MCR+ 10% de margen de mar.
- Autonomía: 30 días.
- Sistemas y equipos de carga y descarga: Dos túneles de congelación de 8 toneladas cada uno.
- Propulsión: Motor diesel de cuatro tiempos acoplado a una hélice de paso controlable.
- Tripulación y pasaje: 15 personas en camarotes individuales/dobles.
- Otros equipos e instalaciones: Hélice de maniobra y los equipos habituales en este tipo de buque.

### **1.6. Dimensiones principales.**

- Eslora total: 38,6 m.
- Eslora entre perpendiculares: 32,5 m.
- Manga: 9,5 m.
- Calado de trazado: 3,9 m.
- Puntal a la cubierta principal: 4,4 m.
- Puntal a la cubierta superior: 6,6 m.
- Puntal a la cubierta puente: 9,2m.
- Clara de cuadernas: 0,5 m.

**CAPITULO 2**  
**DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO**  
**DEL BUQUE.**

## **2.1. Elección de las características de la distribución eléctrica.**

Todas las instalaciones eléctricas que se realizan a bordo hoy en día se realizan en corriente alterna. La corriente alterna presenta multitud de ventajas frente a la continua, entre las que cabe destacar las siguientes:

- Mas amplio campo de niveles de tensión que se pueden utilizar.
- Facilidad para el uso de varias tensiones distintas.
- Menor coste, peso y empacho de los grupos generadores.
- Menor coste, peso y empacho de los motores eléctricos.
- Mayor robustez y más fácil mantenimiento de generadores y motores.
- Posibilidad de alimentar el buque con la red de puerto.

Por tanto, y salvo excepciones, la generación y distribución eléctrica a bordo se realizará mediante corriente alterna.

## **2.2. Elección de la tensión.**

Dentro de la red de distribución a bordo se suelen considerar dos sub-redes. Por un lado la de fuerza, que se encarga de los consumidores de mayor potencia, como motores, etc.

Por otro lado la red de alumbrado, que alimenta tanto el alumbrado interior como exterior, así como pequeños consumidores de la zona de habitación y los sistemas electrónicos de navegación, control, etc.

Respecto a la red de fuerza, la tensión más utilizada es 440V-60 Hz., que es la más utilizada en América.

Para la red de alumbrado, el valor más usual es el de 220 V y 60 Hz. en trifásica.

Para obtenerla dispondremos de un transformador 440/220 V.

Para cubrir el servicio de los consumidores de 220V de cocina eléctrica, alumbrado exterior “reflectores, equipos electrónicos y bombas de aguas varias.

Se dispondrá una red de corriente continua de 24 VDC que alimentará las luces de navegación, los aparatos de navegación y comunicaciones, alarmas y el motor de arranque del generador de emergencia.

### **2.3. Generación de electricidad a bordo.**

La planta principal es la que se encarga de suministrar energía eléctrica al buque durante su operación normal. Para ello debe estar compuesta por dos o más generadores eléctricos. La potencia que deben suministrar dichos generadores debe ser suficiente para atender las situaciones de consumo con uno de los grupos fuera de servicio, ya sea por avería o mantenimiento.

El número de generadores es una variable en la que intervienen diversos factores como la flexibilidad de operación, el coste de la planta o el coste del mantenimiento. Para estimar los consumos que se van a realizar en cada condición se realiza el balance eléctrico, que será la herramienta básica para el dimensionamiento de la planta eléctrica.

Los generadores normalmente están constituidos por un motor Diesel directamente acoplado a un alternador, transformando la energía mecánica en energía eléctrica. El conjunto motor-alternador recibe el nombre de grupo electrógeno. Además de dichos grupos, es frecuente la instalación en buques de gran tamaños generadores de cola de tipo PTO (Power Take Off), que consiste en este caso en una toma de fuerza situada en el engranaje reductor, que transforma parte de la energía mecánica producida por el motor propulsor en energía eléctrica mediante el accionamiento de un alternador.

En este caso, el motor principal no se utiliza solamente para mover el mecanismo propulsor constituido por la hélice, sino que también mueve un alternador que genera electricidad.

## **2.4 Diagrama Unifilar.**

**Fig N° 3**

## **2.5. Transformadores.**

La transformación de 440V a 220 V VAC se realiza mediante transformadores trifásicos, al no disponer la instalación eléctrica de la fase neutra.

La transformación de 440V a 120 V VAC se realiza mediante transformadores trifásicos, al no disponer la instalación eléctrica de la fase neutra.

Respecto a la corriente continua de 24 VDC., para la alimentación de los consumidores mencionados anteriormente, se obtendrá a partir de baterías de acumuladores, que se cargarán desde la red de 220 V mediante un rectificador.

## **2.6. Cuadros Eléctricos.**

El buque contará con un cuadro principal que se situará en el entrepuente cerca de la bajada al cuarto de máquinas en proa; este cuadro será refrigerado.

Las funciones del cuadro principal serán:

- Ser el punto de conexión de los distintos generadores a la red, incorporando su aparatada de protección, medida y regulación
- Alojar los elementos del equipo de sincronización, reparto de cargas y protección general.
- El cuadro se divide en módulos (armarios o paneles) que se interconectan mediante las barras principales, que son perfiles rectangulares de cobre a las que se conectan los distintos generadores, consumidores, transformadores...

El cuadro de emergencia se situará en popa.

Otros cuadros situados a bordo son los de distribución, en función del número, potencia y situación de los consumidores a los que alimentan, y los terminales, que pertenecen al último nivel, donde van conectada una o más cargas.

Por último existe el cuadro de conexión a tierra, cuya misión es permitir la alimentación mediante la red terrestre a bordo, cuando el buque se encuentre en puerto, con los grupos parados.

### **2.7. Paneles del cuadro eléctrico.**

La estructura de los paneles es de acero laminado en frío con un espesor mínimo de 2 mm plegado y soldado eléctricamente, con un plegado especial en la parte frontal que impide la entrada de agua y suciedad, cuando la puerta se encuentra en posición abierta y además permite asegurar el grado de estanqueidad indicado en cada partida. La puerta es de acero laminado en frío con el espesor necesario que permite el alojamiento y manipulación de los diversos componentes montados en ella. Dispone de retenedor de puerta en posición abierta (90°). La puerta se puede bloquear en la posición abierta.

Dispone de bisagras en número suficiente para poder soportar sin deformaciones tanto el peso de la puerta como el de los componentes que en ella van montados, cuando esté en posición abierta y sufriendo las vibraciones y balances propios del buque.

**2.7.1 Panel del Generador Auxiliar:** Este panel está equipado como mínimo y con lo indicado según reglamento con los siguientes equipos:

- Interruptor automático 440V 60 Hz. 3F. In. 400 A • Alarma y disparo por alto y bajo voltaje.
- Alarma y disparo por alta y baja frecuencia.
- Alarma y disparo por potencia inversa.
- Control e indicación del interruptor automático principal (orden de conexión y desconexión, indicación de conectado y de desconectado).
- Vatímetro.
- Amperímetro.
- Voltímetro.
- Frecuencímetro.

**2.7.2 Panel de Control de Sincronismo:** Está equipado con dos módulos de sincronismo COMAP INTELICOMPAC MINT, y un medidor de parámetros múltiples que sirve para la medición de la barra principal

- Selector con llave, para el arranque automático en modo Auto.



**Fig N° 4 Modulo de sincronismo ComAp Intelicompact Mint**

**2.7.3 Panel de Alimentación Eléctrica de Costa:** Interruptor automático, 440V 60 Hz. In. 100A, indicado en esquema unifilar principal.

- Control e indicación del interruptor automático principal, indicación de conectado y de desconectado).Bloqueado eléctricamente con los interruptores automáticos de los generadores principal.

**2.7.4 Panel de Servicios del Buque:** Equipado con:

- Interruptor automático para maquina frigorífica n°1, 100HP 250A. (Q1).
- Interruptor automático para maquina frigorífica n°2, 75HP 160A. (Q2).
- Interruptor automático para maquina frigorífica n°3, 60HP 100A. (Q3).

- Interruptor automático para Panel de Proa, Servicios varios 100A. (Q4).
- Interruptor automático para bombas de condensa 1 y 2 60A. (Q5).
- Interruptor automático para Transformador nº1, 440V/220 . 25A. (Q6).
- Interruptor automático para Transformador nº2 440V/120. 25A. (Q7).
- Interruptor automático para Panel de Popa Servicios varios 100A. (Q8).
- Interruptor automático para máquina de soldar 60A (Q9).
- Interruptor automático libre 60A Q10).
- Interruptor automático para Central hidráulica, 100HP 100A. (Q11)
- Interruptor automático para toma exterior 440V 100A. (Q12).

## **2.8. Sistema de gobierno.**

El control de gobierno de un buque es una tarea básica en la navegación, necesaria para realizar todo tipo de maniobras como seguir una trayectoria planificada, realizar un cambio de rumbo, alcanzar un punto geográfico e incluso actuar ante un riesgo de colisión.

En un buque el servomotor de accionamiento del timón está formado por elementos (cilindro o motor) que convierten la potencia hidráulica en potencia mecánica de giro o traslación. En el caso de emplear cilindros hidráulicos se pueden utilizar dos con movimiento lineal de vaivén y controlados a contrafase mediante una electroválvula hidráulica.

Los vástagos de ambos cilindros accionan un yugo que convierte el movimiento rectilíneo en circular llevando así la pala del timón a una banda u otra al número de grados deseados.

El ángulo de posición de la pala puede ser medido con un sensor, el buque se dirigirá bien hacia estribor o bien hacia babor.

Se utilizan también para el control del sistema de gobierno una unidad giroscópica digital para la medida del rumbo y un GPS para conocer la posición del buque.

### **2.8.1 Descripción del sistema de gobierno**

Para el control de sistema de gobierno del buque se ha utilizado un control en cascada con un controlador de ángulo de timón de tipo Todo – Nada en lazo secundario y un controlador de rumbo de tipo PID en el lazo principal.

Se incluye un potenciómetro unido de forma solidaria al eje del timón. De este modo el giro del eje producirá una señal de tensión entre los bornes que será función del ángulo de giro. Un computador se utiliza para la comunicación entre el control y los demás elementos del sistema. La unidad giroscópica y el GPS envían los datos al computador a través de los puertos serie del computador y el potenciómetro a través de la tarjeta de adquisición de datos.

### **2.8.2 Luces de navegación.**

#### **Iluminación básica**

Para evitar colisiones, las embarcaciones montan luces de navegación que permiten a otros barcos determinar el tipo y el ángulo relativo de posición que tiene, y decidir si hay algún peligro de colisión.

En la navegación general se requiere que las embarcaciones lleven una luz

verde que brilla desde un punto muerto a dos puntos (22 ½°) desde popa hacia estribor, una luz roja desde un punto muerto hacia dos puntos en popa hacia la parte frontal y una luz blanca que brilla desde la popa a dos puntos hacia ambos lados. Los buques de alta potencia, además de estas luces, deben llevar una o dos (según la longitud) luces frontales blancas que brillan hacia dos puntos desde popa hacia ambos lados. Si se llevan dos luces frontales, una debe tener más alta intensidad que la otra. Algunos barcos que funcionan en áreas muy transitadas también pueden llevar una luz intermitente amarilla para la visibilidad añadida durante el día o la noche.

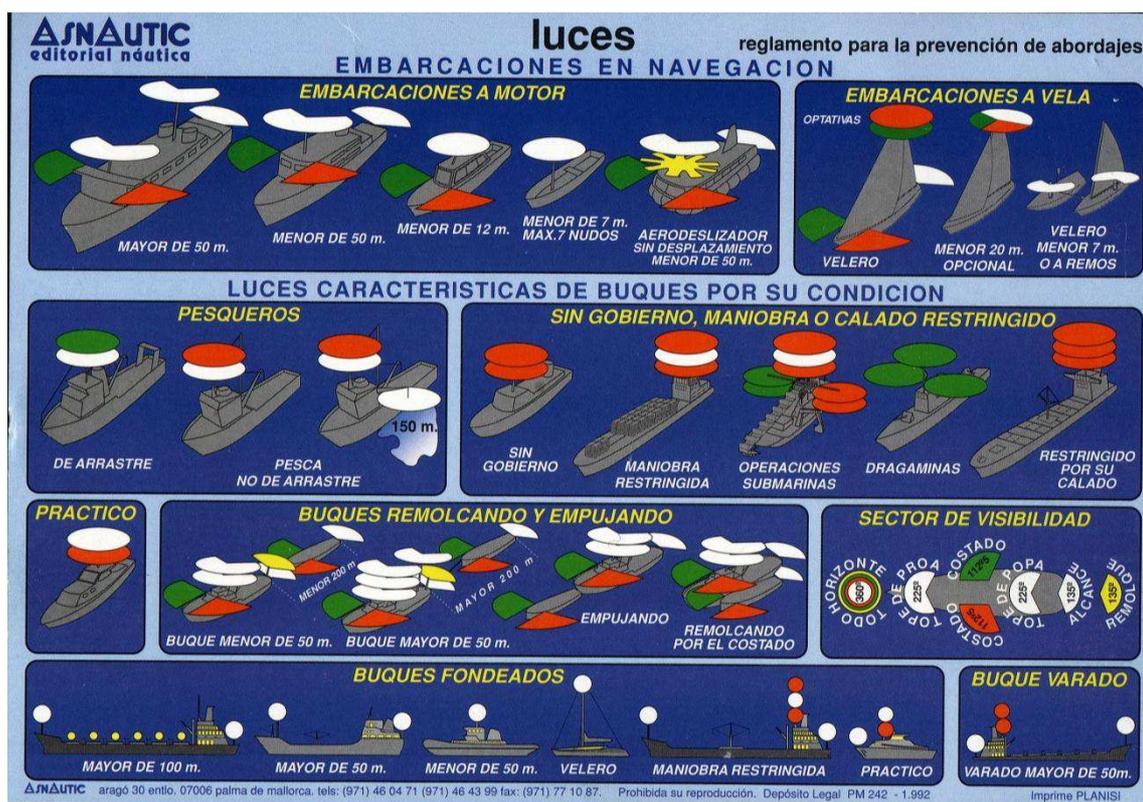
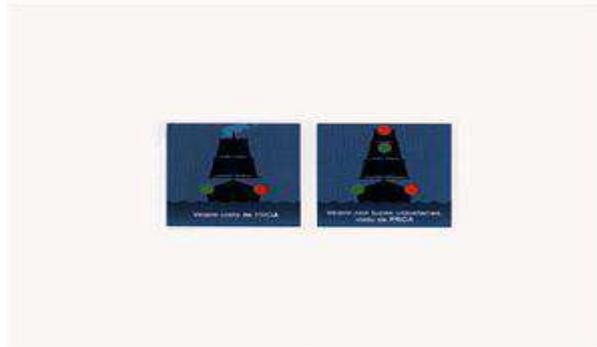
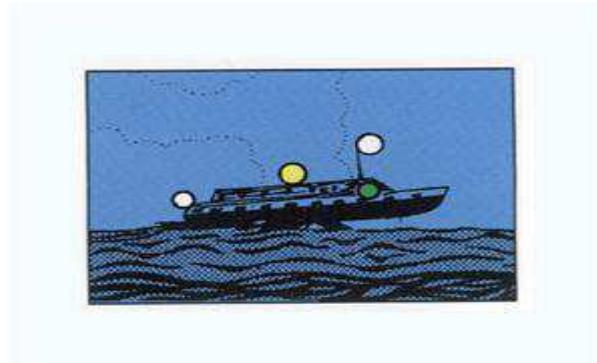


Fig Nº 5



**Fig N° 6**



**Fig N° 7**

### **La importancia de una buena iluminación**

Las luces de navegación:

En correcto funcionamiento las luces de navegación deben funcionar correctamente y tener los colores e intensidades requeridas por las reglamentaciones. De nada sirve llevar en un barco una luz donde el rojo (babor) y el verde (estribor) están desteñidos al punto de parecer blanco. Esto es un peligro para cualquiera y sobre todo para los tripulantes de la embarcación. Las disposiciones internacionales determinan específicamente la

intensidad de las lámparas para las luces de navegación. Y en los abordajes es recurrente la “*culpa concurrente*” entre las embarcaciones. Llevar las luces correctas disminuye las posibilidades de confusiones para las otras embarcaciones.



**Fig N° 8**

### **2.8.3 Comunicación del sistema de gobierno con la unidad giroscópica**

La interconexión de los diferentes instrumentos en un buque está condicionada principalmente por la distancia entre los equipos.

La transmisión de datos debe ser mediante señales digitales que sufren menores degradaciones con la distancia que las analógicas. Se pueden emplear para ello diferentes tipos de buses.

Para la transmisión de los datos proporcionados por la unidad giroscópica digital y el GPS al computador se emplean el protocolo de comunicaciones de la NMEA (National Marine Electronic Association), norma 0183. Este se basa en protocolos lentos del tipo RS – 232 utilizado por los puertos serie de un computador.

La NMEA normaliza el tipo de paquete de datos a transmitir y el contenido de los mismos mediante la configuración de sentencias cuyo formato depende del tipo de sentencia. Cada sentencia está formada por caracteres ASCII que empiezan por el carácter \$ seguido por dos caracteres que identifican el instrumento emisor y tres que definen el tipo de sentencia. Finalmente se reciben los datos de medida de gobierno del buque de los modos: Manual, Giro o GPS.

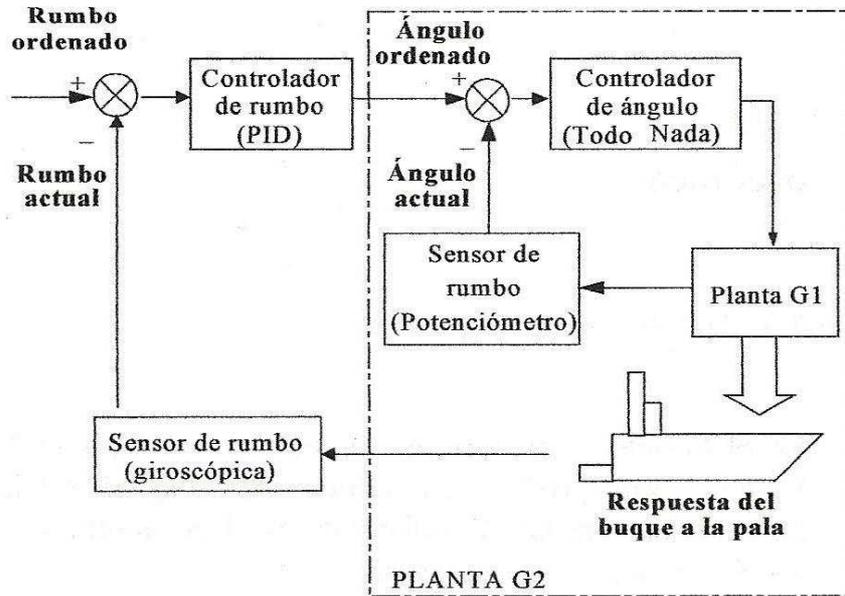


Fig.Nº 9 Lazo principal de control

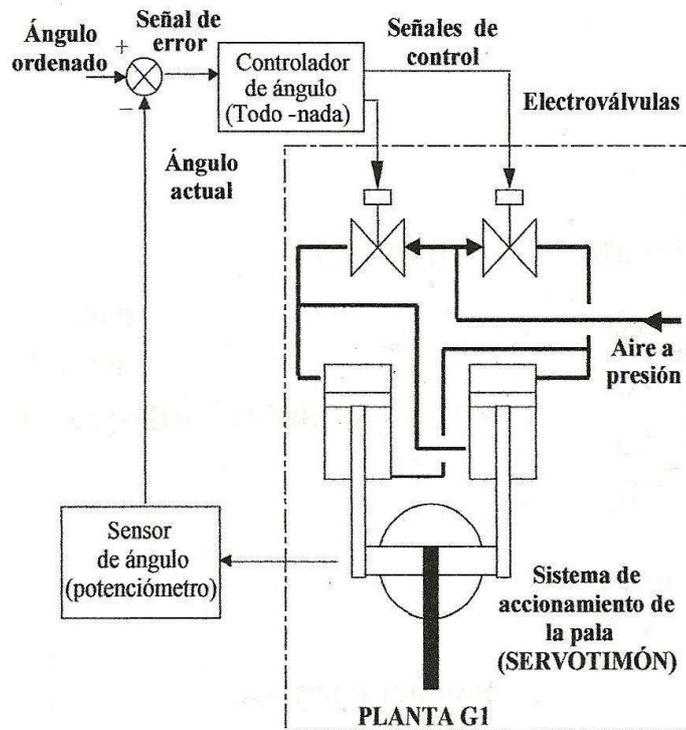


Fig.Nº 10 Lazo secundario de control

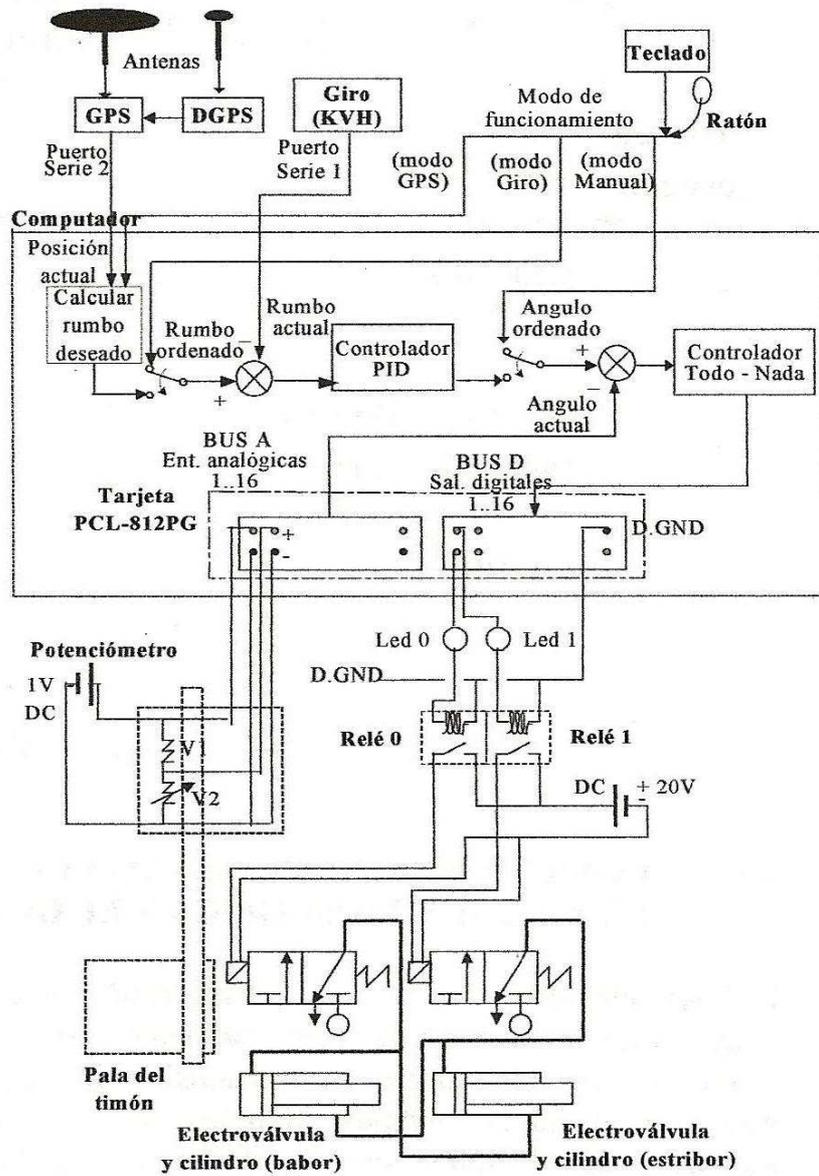
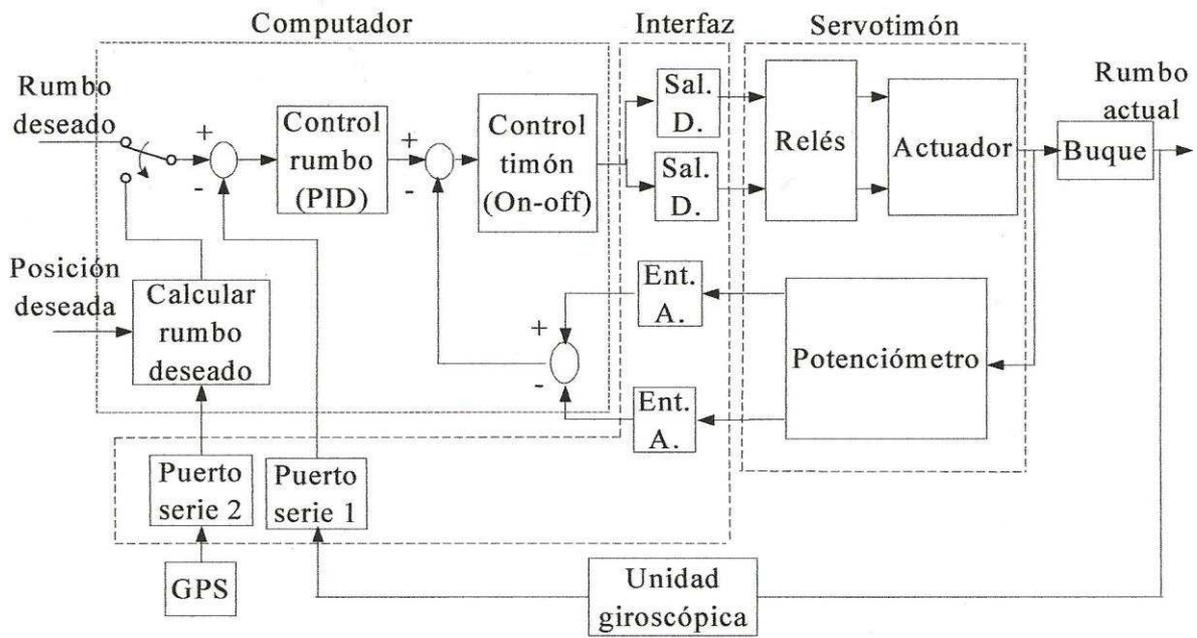


Fig. N° 11 Estructura general



**Fig.Nº 12 Diagrama en bloques**

## **2.9. Planta de emergencia.**

La planta de emergencia tiene la misión de suministrar la energía eléctrica para el salvamento del buque, o en caso extremo, durante su abandono. Está formada por un único grupo electrógeno autónomo, con sistema de arranque propio y tanques de combustible en el mismo local. Dicho local está situado en la popa del barco, sala de máquinas. El dimensionamiento del grupo de emergencia se realiza también mediante el balance eléctrico en la condición de emergencia. La demanda de energía para la situación de emergencia calculada en el balance eléctrico es de 45 kW. A esta potencia le aplicamos un margen del 20%, resultándonos una potencia necesaria de 54 kW. La potencia aparente será de 67,5 KVA.

Dispondremos un grupo electrógeno con un motor que proporcione esta potencia.

El generador de emergencia se dispondrá en un local habilitado para ello, que contará con ventilación natural. En este local se dispondrá además un tanque de combustible. Ha de tener capacidad suficiente para albergar el combustible consumido por el grupo de emergencia durante 3 horas de funcionamiento. El cuadro de distribución correspondiente al grupo de emergencia se colocará en este mismo local.

El buque dispondrá de baterías de acumuladores de 24 v. capaces de alimentar durante media hora los servicios de alumbrado, luces de navegación, aparatos de ayuda a la navegación que indican los reglamentos y serán capaces de alimentar el motor de arranque del generador de emergencia.

Estas baterías irán ubicadas en el local del generador de emergencia.

## **2.10. Balance Eléctrico.**

El consumo de energía eléctrica está muy relacionado con la situación de operación, por ello el dimensionamiento del sistema eléctrico requiere la realización de un balance eléctrico en el que se estima el consumo del buque en cada situación de operación.

En un primer punto se definen las diferentes situaciones de operación del buque, entre las cuales hay diferencias significativas de consumo eléctrico.

Las situaciones de consumo eléctrico son específicas y particulares para cada tipo de buque, en nuestro buque estudiaremos siete hipótesis de situaciones de consumo, que son las situaciones en la que intervienen los consumidores de mayor envergadura:

**Navegando a caladero:** Es la situación en la que el consumo de energía eléctrica en la mar es el necesario, para atender aquellos consumidores que afectan a servicios normales del buque, sin ser necesaria la alimentación de consumidores que se utilizan exclusivamente para las labores de la pesca.

**Máxima faenando:** Es la situación en la que el consumo de energía eléctrica en la mar es el necesario para atender todos los consumidores empleados en los servicios normales del buque, además de toda la maquinaria empleada para poder realizar con éxito las labores de captura, elaboración y conservación del pescado.

**Navegación con pesca:** Es la situación en la que el consumo de energía eléctrica en la mar es el necesario para atender aquellos consumidores que afectan a servicios normales del buque, sin ser necesaria la alimentación de consumidores que se utilizan exclusivamente para las labores de la pesca, a

excepción de los equipos de congelación, usados para mantener la pesca en un estado óptimo hasta la llegada a puerto

**Maniobra:** es la situación en la que el consumo de energía es el correspondiente a los consumidores que operan durante la navegación más los consumidores que solo operan durante las operaciones de salida y entrada del puerto.

**Puerto con pesca:** Es la situación en la que hay que tener en cuenta a los consumidores que funcionan normalmente en la condición de puerto más todos los consumidores de abordo que participan en el manejo y conservación de la pesca.

**Puerto sin pesca:** Es la situación en la que hay que tener en cuenta a los consumidores que funcionan normalmente en la condición de puerto sin contar con los consumidores de abordo que participan en el manejo y conservación de la pesca ya que esta no existe en dicha situación.

**Emergencia:** Situación en la que solo funcionarían ciertos consumidores como bombas contra incendio, luces de navegación, radio, etc.

La potencia a considerar, será aquella que corresponda a la situación analizada de mayor demanda, y esta será la potencia mínima a suministrar por la planta generadora.

Para la obtención de una potencia general en una determinada situación, primero se listan los diferentes consumidores eléctricos en una tabla, indicando el número de unidades instaladas y su potencia máxima.

A la hora de realizar el balance se ha de tener en cuenta que muchos de los consumidores corresponden a elementos de respeto, o quizás no funcionen todos los elementos simultáneamente o no consuman el total de su potencia nominal. Por lo tanto a la hora de realizar el balance eléctrico se ha de aplicar un coeficiente llamando “*factor de utilización*” (***Ku***), el cual depende a su vez del producto de dos factores:

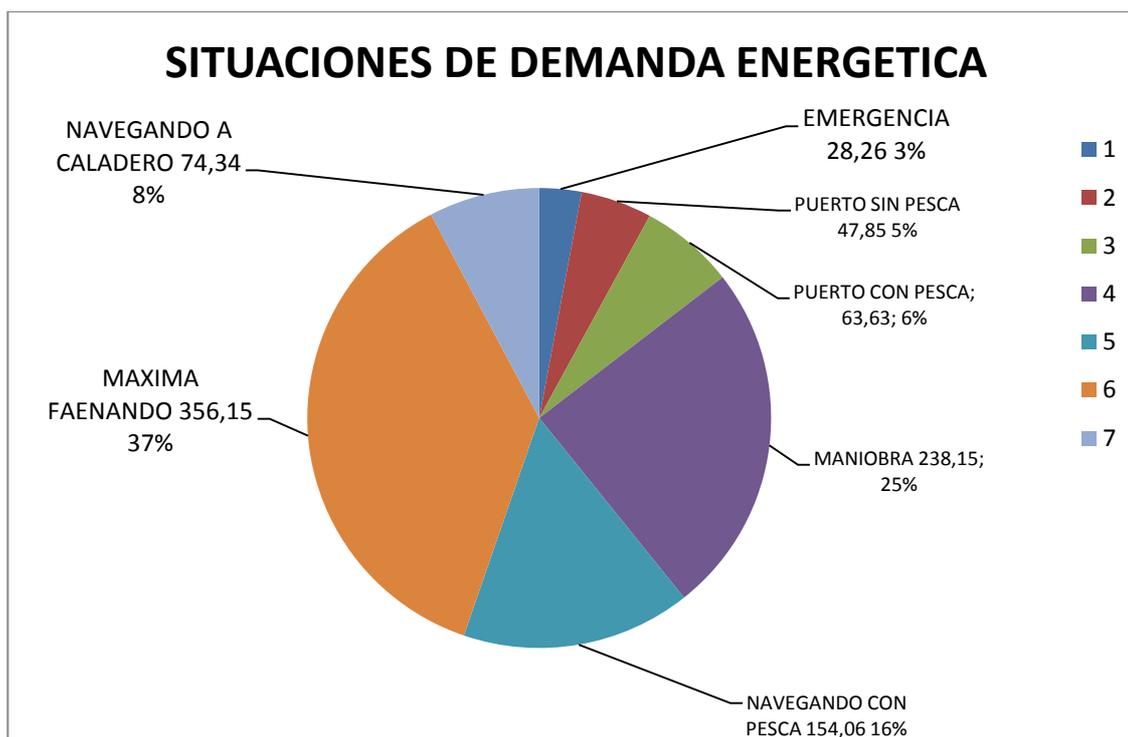
$$k_{\mu} = K_n \cdot K_{sr}$$

Dónde:

*Kn* → Factor de simultaneidad en marcha, que tiene en cuenta que no todos los consumidores idénticos tengan que estar activos, por tratarse de elementos de respeto. Por lo que representa la relación entre el número aparatos simultáneamente en servicio y el total de aparatos instalados a bordo.

*Ksr* → Factor de servicio y de régimen, que presenta el grado de probabilidad de que una máquina esté trabajando a su potencia máxima. Como su nombre indica, depende del servicio del aparato considerado, es decir, de la potencia (respecto a la nominal) previsible en funcionamiento normal.

A continuación se pueden observar el grafico con las distintas situaciones de consumo:



**Fig N° 13 Grafico demanda energética.**

### **2.11. Dimensionamiento de la planta eléctrica.**

Una vez realizado el balance eléctrico especificado en el apartado anterior, se elige el estado de carga del buque que requiera de mayor potencia, obteniendo la potencia de 365,15 kW en la situación de navegación Faenando.

Obtenemos así la potencia previsible que debe poder suministrar la planta eléctrica, a este valor de potencia se le puede incrementar entre un 4% y un 5%, en concepto de pérdidas de distribución o caídas de tensión como

consecuencia de la intensidad que circula por conductores de determinadas longitudes y secciones, aunque no siempre se traduce en un

aumento de la potencia necesaria. También se estima el factor de potencia medio de la instalación, para ello los fabricantes de motores suministran el valor del factor de potencia a plena carga, pero como estos no mantienen su régimen de plena carga permanentemente el factor de potencia en servicio disminuirá, aplicando un valor medio de 0,8.

Teniendo en cuenta todo lo anteriormente expuesto obtenemos un valor estimado de potencia necesaria de 451KW y aplicando el factor de potencia obtenemos una potencia aparente de 563,83.

Para cubrir esta demanda el Astillero proporciona un alternador de cola y un generador auxiliar. Cuyos datos eléctricos suministrados por el fabricante se expondrán más adelante para la realización de cálculos de corrientes de cortocircuito.

## **2.12. METODOLOGÍA DEL CÁLCULO DE CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO.**

Dada la importancia de este apartado se expone a continuación todo el procedimiento empleado en la obtención de las corrientes de cortocircuito a la que podrá estar sometido el embarrado así como todos los componentes del cuadro y el sistema de distribución eléctrico.

Para realizar el cálculo de las corrientes de cortocircuito en las barras del cuadro principal se deben conocer primeramente los datos de los generadores. Debido al peligro que pueden ocasionar estas corrientes resulta imprescindible conocer su valor a la hora de dimensionar todos los componentes del cuadro, ya que estos pueden verse sometidos a ellas.

Se explica a continuación la metodología para la determinación de los valores de corrientes de cortocircuito en el embarrado del cuadro principal en las dos situaciones a las que puede verse afectado: suministrando potencia eléctrica principal trabajando en paralelo y la de cada generador.

En este apartado se establece el cálculo que se realiza aplicando la norma IEC 61363-1 para instalaciones a bordo de naves y plataformas marinas fijas o móviles. Los métodos de cálculo son para sistemas de corriente alterna trifásicos con las siguientes condiciones:

- Frecuencia a 50 o 60 Hz.
- Tienen algún tipo de sistema de voltaje especificado en la tabla 2 de la norma IEC 60092-201 tabla 2.
- Tienen uno o más niveles
- Engloban generadores, motores, transformadores, bobinas reactivas, cables y unidades convertidores.

Se calcularán las siguientes magnitudes:

- $I''$  valor eficaz inicial de la intensidad sub-transitoria, con reactancia sub-transitoria
- $X''_d$  y durante la constante sub-transitoria directa  $T''_d$ .
- $I'$  valor eficaz de la intensidad transitoria, con reactancia transitoria  $X'_d$  y durante la constante transitoria directa  $T'_d$ .
- $I_p$  valor de cresta máximo.
- $I_{ac}$  valor del componente simétrico de la corriente de cortocircuito
- $I_{ac}$ , es variable en el tiempo.

Para el cálculo de cortocircuito se considera la situación más desfavorable, en la cual se demanda la mayor potencia. Determinando que esta se da en Carga.

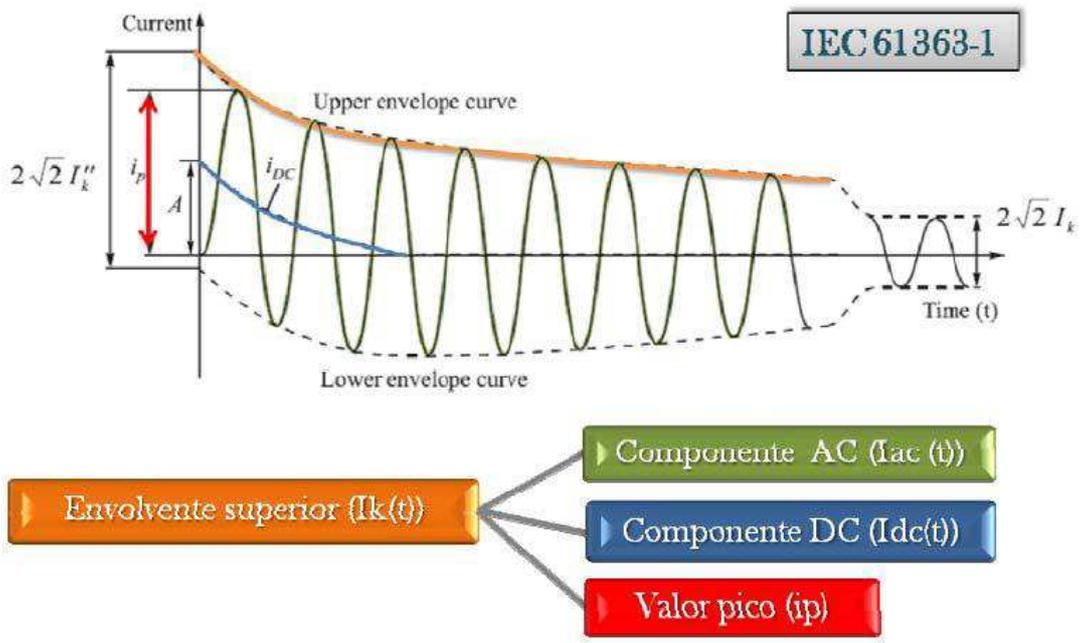
También se consideran las siguientes premisas:

1º) La resistencia de contacto del cortocircuito y aquellas otras pequeñas resistencias como son las de los embarrados y los seccionadores no han sido consideradas.

2º) Se asume el cortocircuito como franco, por no considerar la resistencia de arco.

Según la norma IEC 61363-1 se considera el cálculo de la corriente de cortocircuito trifásica. Cuando se produce el cortocircuito se generan una serie

de fenómenos que se agrupan en tres periodos de tiempo a los que llamamos constante de tiempo sub-transitorio “T''d”, constante de tiempo transitorio “T'd”, y tiempo permanente de cortocircuito. Además de estos fenómenos también aparece una componente de corriente continua Idc que se estudia a la hora de realizar los cálculos para las máximas corrientes de pico. Durante el fenómeno sub-transitorio es cuando aparecen los mayores picos de intensidades de cortocircuito por lo que la norma nos dice que los cálculos se efectúen en el intervalo de tiempo  $T=t/2$ .



**Fig. N° 14 Grafica de Cortocircuito.**

El valor de r.m.s. durante el primer semiciclo pueden ser obtenidos de:

$$I_{ac} = I'' - I' \cdot e^{-t/T''d} + I' - I \cdot e^{-t/T'd} + I$$

Siendo:

$$I'' = \frac{Vn}{X''d} = \frac{In}{X''d} \text{ y } Vn \text{ el valor del voltaje nominal del genrador}$$

$X''d\%$  La reactancia sub-transitoria del generador,  $X'' d\%$  la misma reactancia expresada en porcentaje, e  $In$  la corriente del generador.

$$I' = \frac{Vn}{X'd} = \frac{In}{X'd}$$

Se aplica la siguiente fórmula para la obtención de la máxima corriente de pico:

$$I_p = \sqrt{2} \left( I'' - I' \cdot e^{-t/t''d} \right) + I' + \sqrt{2} \cdot I'' \cdot e^{-t/Tdc} \text{ Donde el segundo}$$

Término  $\sqrt{2} \cdot I'' \cdot e^{-t/Tdc}$  Representa el aporte a la intensidad de cortocircuito de la componente continua que aparece en el fenómeno subtransitorio y que termina en el transitorio.

El suministrador o fabricante nos suministra todos los datos necesarios a la hora de realizar todos estos cálculos.

Tantos las corrientes de cortocircuito como las corrientes máximas de pico en los distintos consumidores se hallaran disponiendo de los datos reflejados en la sección 6.3.3 y 6.3.4 para motores pequeños y motores grandes de la norma IEC 61363-1.

El total de la suma de estas corrientes nos permitirá calcular la aparamenta de protección para nuestro cuadro eléctrico.

### **2.13 Método de cálculo de la sección del embarrado.**

En primer lugar se elige una calidad de cobre fácil de utilizar, con una buena conductividad y resistente a la corrosión.

Para el dimensionamiento del embarrado hay que considerar no solo el calentamiento que dará lugar el paso de la totalidad de la intensidad por las barras ómnibus, sino también los esfuerzos mecánicos y electrodinámicos, debidos a las corrientes de cortocircuito, a los que hayan de estar sometidas

Así como la temperatura ambiente y el grado de protección de la envolvente. Así se garantiza el correcto funcionamiento del cuadro eléctrico.

Para la determinación de la corriente que circula por ellas partimos de la tensión y potencia de cada consumidor. En estos cálculos se supondrá que no existen caídas de tensión en las líneas de forma que se toma como tensión de cada consumidor la tensión nominal y las potencias nominales, como la potencia consumida por dicha carga.

Esto nos dará una idea de la intensidad que circulará por las barras. Conocidos los valores de potencia, tensión y factor de potencia nominales de cada carga, la intensidad será:

$$I_n = \frac{P}{\cos \phi \cdot V_l \cdot \sqrt{3}}$$
 Donde P y V son respectivamente potencia y tensión nominales y  $\cos \phi$ , factor de potencia.

Para determinar la sección de las barras que nos permitan la realización del proyecto del cuadro, una vez obtenido el valor de la intensidad nominal que circulará por las barras, se utiliza un método muy aproximado para estimar la capacidad de carga de la barra de cobre, en el cual se asume una densidad de corriente de  $2A \text{ mm}^2$ . Este método se utiliza para estimar la probabilidad de tamaño de la barra, que debe aproximarse al valor dado en la tabla de la Sociedad de Clasificación en la que obtenemos la sección del embarrado que se empleará.

Esta tabla nos proporciona la sección transversal, en este caso optamos por rectangular, a una temperatura ambiente de  $45^\circ$  y para un calentamiento de 45 K.

**Tabla 1. Carga permisible en barras de cobre principales y sección transversal rectangular a 45° de temperatura ambiente (calentamiento de 45K).**

Ancho x grueso (mm)	Máxima carga permisible (A) a 50Hz							
	Pintadas				Desnudas			
	N° de Barras				N° de Barras			
	1	2	3	4	1	2	3	4
15 x 3	230	390	470	-	200	350	445	-
20x 3	290	485	560	-	250	430	535	-
20x 5	395	690	900	-	340	620	855	-
20 x 10	615	1145	1635	-	530	1020	1460	-
25 x 3	355	580	560	-	300	510	615	-
25 x 5	475	820	1040	-	405	725	985	-
30 x 3	415	670	735	-	350	590	700	-
30 x 5	555	940	1170	-	470	830	1110	-
30 x 10	835	1485	2070	-	710	1310	1835	-
40 x 5	710	1180	1410	-	595	1035	1350	-
40 x 10	1050	1820	2480	3195	885	1600	2195	2825
50 x 5	860	1410	1645	2490	720	1230	1560	2380
50 x 10	1260	2130	2875	3655	1055	1870	2530	3220
60 x 5	1020	1645	1870	2860	850	1425	1785	2740
60 x 10	1460	2430	3235	4075	1220	2130	2850	3595
80 x 5	1320	2080	2265	3505	1095	1795	2170	3370
80 x 10	1860	2985	3930	4879	1535	2615	3460	4275
100 x 10	2240	3530	4610	5615	1845	3075	4040	4935
120 x 10	2615	4060	5290	6360	2155	3545	4635	5580
160 x 10	3348	5121	6646	7836	2752	4451	5803	6857
200 x 10	4079	6162	7973	9287	3335	5344	6956	8109

**Nota: La carga máxima permisible se aplica a cuadros no cerrados por su parte posterior, en caso de cuadros completamente cerrados debe asegurarse una ventilación adecuada o los valores de carga indicados deben acortarse.**

## **2.14 Fijación del Embarrado.**

El número y la separación de los soportes se definen en función de los esfuerzos eléctricos (corriente previsible de cortocircuito) y mecánicos (peso y posición de las barras).

La norma CEI EN 60439-1 (CEI 17-13/1) indica, la lista de las verificaciones y de las pruebas que deberán realizarse en el caso de los armarios BT tipo AS (armarios de serie) así como ANS (armarios no de serie). Una de las características fundamentales que debe comprobarse es la verificación de la protección contra el cortocircuito para garantizar que las diferentes partes del armario (envolvente, platinas, soportes, conexiones, aparamenta, etc.) no sufran, en caso de producirse un cortocircuito, daños tales que puedan comprometer el funcionamiento o crear situaciones de peligro para los usuarios. La norma CEI EN 60439-1 establece que para el armario tipo AS la comprobación de la protección contra cortocircuitos puede realizarse mediante pruebas de tipo y, en el caso de los armarios tipo ANS, mediante la extrapolación de armarios de serie (AS) que hayan pasado ya la prueba de tipo. El método de extrapolación previsto por la norma se describe en la publicación IEC 1117 correspondiente a la norma CEI 17-52 “Método para determinar la protección contra cortocircuitos de aparamenta ensamblada no de serie (ANS)”. Asimismo, la norma CEI EN 60439-1 determina que la comprobación de la protección contra el cortocircuito no tiene por qué aplicarse a aquellas partes del armario (envolvente, barras, soportes, conexiones, aparamenta, etc.) que ya han sido sometidas a pruebas válidas para las condiciones existentes en el armario.

Para la línea de fuga o distancia más corta a lo largo de un aislante entre: 2 conductores activos o 1 conductor activo y la masa, las normas CEI 60439-1, UNE EN 60439-1 definen un valor en mm. Esta línea de fuga está en función de: tensión asignada de aislamiento del cuadro o tensión local en valor eficaz, la naturaleza del soporte aislante y del grado de contaminación del entorno. Por ejemplo si se toma una tensión de servicio de hasta 1.000 V., grado de contaminación 3 y el grupo de material del soporte más desfavorable recomienda una línea de fuga mínima de 16 mm.

En caso de que la instalación necesite varias barras por fase, se deja un espacio suficiente entre sí para permitir una ventilación normal del juego de barras, como mínimo 1 vez el espesor de la barra, entre dos conductores activos de una misma fase.

La distancia de aislamiento es la distancia más corta en el aire entre dos conductores activos, las normas CEI 60439-1, UNE EN 60439-1, establecen una tensión asignada de resistencia a los choques en función: de la tensión asignada de aislamiento o de empleo, del lugar de utilización del cuadro. Si se toma una tensión asignada de aislamiento de 1.000 V. la distancia mínima que se debe dejar es de 14 mm. entre las partes en tensión. Estas normas requieren asegurarse de la existencia de una distancia de aislamiento de 14 mm. Entre una parte sin protección en tensión y tener en cuenta la deformación posible de las partes de la envolvente.

La posición preferible para las barras será la que favorezca la disipación térmica. En este cuadro se colocarán de canto, ya que con esta posición se consigue la mayor ventilación por convección.

**CAPÍTULO III**  
**CONDUCTORES**

### **3.1 Definición.**

La energía eléctrica proporcionada por la planta generadora ha de ser transportada hasta el lugar de utilización en que se encuentren situados los distintos consumidores. Dicho transporte se realiza por medio de los conductores, de ahí la importancia de este apartado en el proyecto.

Los reglamentos de las sociedades de clasificación estudian extensamente este tema, como ocurre con nuestra sociedad escogida: Bureau Veritas, que será en la que nos basaremos tanto para la selección, el cálculo, como la instalación de los distintos cables.

### **3.2 Constitución y selección.**

El elemento conductor propiamente dicho tiene que estar como es sabido aislado y protegido. Al conjunto así obtenido es a lo que se le llama cable. Todo cable por tanto, estará construido por:

- Uno o varios conductores.
- Un aislamiento eléctrico
- Una protección mecánica
- Alma o conductor.

El alma será el elemento encargado del transporte de la energía eléctrica. Deberá estar construido por un metal que reúna las características de máxima conductividad y ductilidad compatible con un costo razonable. Ninguno como el cobre cumple tales requisitos. Y tanto el reglamento como las diferentes normas especifican el empleo de cobre puro recocido. La conductividad debe ser al menos de un 98% de la del cobre tipo recocido internacional, definido

por la Comisión Internacional (C.E.I) en su fascículo 28, en el que, al mismo tiempo se fija el valor máximo de su resistividad en  $0,01759 \Omega \cdot mm^2 /m$ . a  $20^\circ C$ . El cobre deberá ser estañado en los casos en que haya de estar en contacto con goma, por ser este el material empleado para su aislamiento.

### **3.3 Aislamiento eléctrico.**

Son diversos los tipos de aislantes eléctricos empleados en la protección de conductores. En general podemos resumir todo lo referente a aislantes de los conductores en estas dos ideas:

La naturaleza de los envolventes aislantes deberá estar en función de las temperaturas máximas en las almas de los conductores.

Dentro de una misma clase de aislamiento, el espesor, separación entre conductores dentro de la misma envuelta, etc. deberá estar en función de las tensiones de servicio a las que vayan a ser sometidas.

Dentro de las distintas denominaciones empleadas para designar los diferentes tipos de aislantes, hemos empleado la nomenclatura de la tabla2.

**Tabla 2. Nomenclatura y tipos de aislantes en conductores.**

	<b>Designación abreviada</b>	<b>Máxima temperatura del conductor en operación manual</b>
<b>Termoplásticos</b>		
<b>Basados en cloruros polivinílico:</b>		
<b>PVC 75</b>	<b>T 75</b>	<b>75</b>
<b>PVC 85</b>	<b>T 85</b>	<b>85</b>
<b>PVC 90</b>	<b>T 90</b>	<b>90</b>
<b>Elastómeros de termoendurecimiento</b>		
<b>Basados en caucho sintético</b>	<b>CS 80</b>	<b>80</b>
<b>Basados en caucho de etilo propileno</b>	<b>EPR 90</b>	<b>90</b>
<b>Basados en entrecruzamiento químico de polietileno XLPE</b>	<b>PR 95</b>	<b>95</b>

### **3.4 Protección mecánica.**

Los envoltentes aislantes de los conductores se recubrirán con uno o varios forros protectores y envoltentes, con una armadura. No se suelen imponer las características dimensionales de éstos, pero deberán efectuarse de manera que permitan la ejecución satisfactoria de las pruebas precisadas.

Podemos encontrar forros metálicos o no metálicos.

No metálicos:

- Caucho sintético (policloropreno) G2 y G3.

- Polietileno clorosulfonado H.

- Materiales termoplásticos G5, G6 y G7.

- Material textil.

Metálicos:

- Forro de plomo o de aleación a base de plomo.

- Forro de cobre o de aleación a base de cobre.

- Armadura por trenzado metálico.

- Armaduras por cintas metálicas.

- Armaduras por alambres metálicos.

### **3.5 Cálculo de conductores.**

Una vez fijado el tipo de aislamiento y protección es necesario determinar la sección del conductor. Según Bureau Veritas la sección de las almas de los conductores se determinara de manera que se cumplan las condiciones siguientes:

La carga máxima admitida en un conductor no será superior a la corriente nominal de dicho conductor.

La caída de tensión entre las barras principales y cualquier punto de la instalación, cuando los conductores estén recorridos por la corriente máxima, en servicio normal, no deberá exceder del 6%.

La caída de tensión entre la generación de energía y el cuadro principal no deberá exceder de un 2-3%.

Tanto el calentamiento, como la caída de tensión sabemos que son función de la intensidad de corriente que circula por el conductor. Será por tanto condición previa a la realización de cualquier cálculo el conocimiento tan exacto como sea posible de dicha intensidad. Esta estará perfectamente determinada cuando tengamos conocimiento con detalles de todos los receptores y sus características.

La expresión para calcular la sección de los conductores en un circuito trifásico teniendo en cuenta la caída de tensión máxima permitida viene dada por la siguiente expresión:

$$e I R_{pc} = \cdot$$

Dónde:

$e$  = caída máxima de tensión máxima admisible en el conductor expresada en voltios.

$I_{pc}$  = intensidad con el receptor a plena carga expresada en amperios (A).

$R$  = resistencia del conductor expresada en ohmios ( $\Omega$ ).

Teniendo en cuenta que la resistencia de un conductor metálico viene dada por la siguiente expresión:

$$R = \rho \cdot L / S$$

Dónde:

$\rho$  = resistividad del conductor en  $\Omega \cdot mm^2 / m$ .

L= longitud del conductor en metros.

S= sección del conductor en  $mm^2$ .

Si sustituimos el valor de la resistencia en la ecuación de la caída de la tensión nos queda:

$$\frac{e = I.R. \sqrt{3}}{R = \rho \cdot \frac{L}{S}} \rightarrow e = I \cdot \rho \cdot \frac{L}{S} \sqrt{3} \rightarrow S = \frac{I \cdot \rho \cdot L \cdot \sqrt{3}}{e}$$

### **3.6 Cálculo de la sección según el calentamiento de los conductores.**

El problema de la disipación del calor producido por el paso de la corriente es una cuestión a determinar por procedimientos empíricos.

Tanto las sociedades de clasificación como los fabricantes de cables navales proporcionan una serie de tablas para tal fin en las que se indican las intensidades máximas admisibles en régimen permanente para los conductores en función del aislante empleado, el número de conductores y su distancia, el tipo de soporte, temperatura ambiente, etc., es decir, en función de las variables que puedan influir en la radiación de calor producido.

En la instalación se utilizarán cables formados por conductores con almas de varios hilos de cobre electrolítico, aislados con polietileno reticulado, de modo que a una temperatura ambiente de 45°C y con el alma de conductor a una

temperatura máxima de 85°C (Clase 80), permanecerá con las mismas características aislantes hasta con 750 V.

La elección del tipo de aislante se ha hecho según los aprobados por la C.E.I., que se recogen en la siguiente tabla, que aparece en el reglamento de la sociedad de clasificación escogida:

**Tabla 3. Clases de cables.**

CLASE DE CABLE	TEMPERATURA MAXIMA DEL ALMA	AISLANTE	
		TIPO	DESIGNACIÓN
CLASE 60	60°C	POLIVINIL CLORURO O COPOLIMEROS DE CLORURO DE VINILO Y ACETATO DE VINILO	PVC
CLASE 85	85°C	GOMA DE ETILENO PROPILENO, POLIETILENO RETICULAR	PR, EPDM, XLPE
CLASE 95	95°C	GOMA SILICONA	S 95

Las intensidades máximas admisibles en régimen permanente en las que nos basaremos serán las dadas por Bureau Veritas en la Tabla 4, según la clase de

calentamiento que pueda aceptarse, por lo que serán función del aislamiento empleado y del número de conductores.

Esta tabla es aplicable para una temperatura ambiente de 45°C, suponiendo que los cables con alma de cobre estén dispuestos en pequeños grupos (no más de 3 ò 4 cables) y que la circulación del aire en torno a los conductores no este obstaculizada.

Cualquier cambio que pueda alterar las hipótesis establecidas deberá ser objeto de posterior corrección, debiendo, por lo tanto, considerar la temperatura ambiente y el agrupamiento.

**Tabla 4. Intensidad máxima admisible.**

Sección (mm <sup>2</sup> )	Clase														
	60°C			75°C			80°C			85°C			95°C		
	Nº conductores			Nº conductores			Nº conductores			Nº conductores			Nº conductores		
	1	2	3 ó 4	1	2	3 ó 4	1	2	3 ó 4	1	2	3 ó 4	1	2	3 ó 4
1	8	7	6	13	11	9	15	13	1	16	14	11	20	17	14
1,5	12	10	8	17	15	12	19	16	13	20	17	14	24	20	17
2,5	17	15	12	24	20	17	26	22	18	28	24	20	32	27	22
4	22	19	16	32	27	22	35	30	25	38	32	27	42	36	29
6	29	25	20	41	35	29	45	38	32	48	41	34	55	47	39
10	40	34	28	57	49	40	63	54	44	67	57	47	75	64	53
16	54	46	38	76	65	53	84	71	59	90	77	63	100	85	70
25	71	60	50	100	85	70	110	94	77	120	102	84	135	115	95
35	87	74	61	125	106	88	140	119	98	145	123	102	165	140	116
50	105	89	74	150	128	105	165	140	116	180	153	126	200	170	140
70	135	115	95	190	162	133	215	183	151	225	191	158	255	217	179
95	165	140	116	230	196	161	260	221	182	275	234	193	310	264	217
120	190	162	133	270	230	190	300	255	210	320	272	224	360	306	252
150	220	187	154	310	264	217	340	289	238	365	310	256	410	349	287
185	250	213	175	350	298	245	390	332	273	415	353	291	470	400	329
240	290	247	203	415	353	291	460	391	322	490	417	343	570	485	399
300	335	285	235	475	404	333	530	451	371	560	476	392	640	545	448
400	390	332	273	570	485	400	610	519	427	670	570	469	760	646	532
500	455	387	320	655	560	460	695	591	490	770	655	540			
600	505	430	355	730	620	510	770	655	540	850	725	595			

### 3.7. Régimen de neutro.

La generación eléctrica en los buques es tan importante e indispensable que aunque una de las fases del sistema este con fuga a tierra no debe ser motivo para que se produzca una interrupción eléctrica (disparo del interruptor), y es por eso que en los buques el neutro del generador no está aterrizado a masa (es flotante).

La falta de energía eléctrica en un buque podía llevar a que se produzcan situaciones de peligro; se puede dar el caso que por quedar sin energía el buque (black out), el personal pueda golpearse con un objeto metálico y herirse en incluso causarle la muerte, por no haber alumbrado eléctrico en el caso que no se active el sistema de luz de emergencia, o en el peor de los casos el barco podría entrar en colisión por falta de estabilidad.

### **3.7.1 Corrosión Galvánica (Corriente Galvánica)**

La corrosión galvánica es un proceso electroquímico en que un metal se corroe preferentemente cuando está en contacto eléctrico con un tipo diferente de metal (más noble) y ambos metales se encuentran inmersos en un electrolito o medio húmedo.

La corrosión galvánica, es la que tiene lugar en los metales cuando estos están rodeados de un medio conductor de la corriente llamado electrolito, que en el caso de las embarcaciones suele ser el agua, la cual es capaz de conducir dicha corriente a determinadas zonas de un mismo o incluso de distintos metales. Estos metales, se encuentran unidos eléctricamente entre sí, apareciendo zonas de distinto potencial eléctrico: ánodos y cátodos, que provocan su corrosión.

Este fenómeno es el resultado de la diferencia de potencial existente entre dos metales cuando están unidos e inmersos en un electrolito, formando técnicamente lo que se denomina una pila eléctrica. La corriente circula desde el metal de menor potencial (ánodo) al metal de mayor potencial (cátodo).

La corriente fluye del ánodo que se degrada y pierde masa a través de los iones del electrolito (agua) – al cátodo, en el cual el metal que recibe la corriente (el que actúa de cátodo) se protege.

Existen dos técnicas para rebajar este potencial:

- Protección catódica por corriente inducida o impresa.
- Protección catódica por ánodos de sacrificio.

### **3.7.2 Protección catódica por corriente inducida o impresa**

Es utilizada por su elevado costo en barcos más grandes, consiste en aplicar una corriente negativa al metal que hay que proteger y el polo positivo al electrolito (o sea al agua), para conseguir el efecto de rebajar el potencial del metal a proteger hasta llegar al potencial de inmunidad de ese metal sin necesidad de ánodos de sacrificio, solamente aplicando la corriente de la batería. Por lo tanto, hemos protegido el metal de la obra viva del barco por el sistema de corriente impresa. Este sistema transforma las estructuras que se han de proteger en un cátodo induciéndole una corriente inversa desde un ánodo inerte, que van del inoxidable del eje de la hélice, al bronce de la hélice, pasando por la fundición o el aluminio del motor y el cobre de las partes eléctricas.

Puede ser una fuga eléctrica que viene del barco o el puerto de amarre, o incluso de una vieja batería lanzada sobre la borda por un navegante desconsiderado, que genere una corrosión electrolítica. En cualquier caso, un barco desprovisto de ánodos sufrirá obligatoriamente daños a corto y medio plazo.

Un ánodo se determina en función de la superficie y el tipo de metal que debe protegerse. Los nuevos barcos salen del astillero con ánodos. Para un barco usado, lo recomendable es constatar el estado de los mismos y el nivel de corrosión de las piezas sumergidas. Cuando se encuentran ante una unidad no protegida y sin medio de evaluar las protecciones anódicas necesarias.

**3.7.3 Protección catódica mediante ánodos de sacrificio.-** Como ya comentamos, cuando se ponen dos metales diferentes en contacto por medio del agua, se crea una corriente eléctrica entre ellos denominada **Corriente Galvánica**. La consecuencia directa de este intercambio es que el metal más sensible va a oxidarse, esa es la finalidad de los ánodos en las embarcaciones, destruirse en favor del metal menos sensible.

El sistema de propulsión de un barco inevitablemente está formado por varios metales, que van del inoxidable del eje de la hélice, al bronce de la hélice, pasando por la fundición o el aluminio del motor y el cobre de las partes eléctricas.

Los ánodos se cambian todos los años, dependiendo del estado de los mismos. En algunos puertos o marinas los ánodos se corroen rápidamente, debido a que se forman grandes corrientes pares electrolíticas, causadas por rechazos contaminantes, masa metálicas sumergidas, fugas eléctricas o en proximidad de un barco metálico.

#### **3.7.4 Recomendaciones básicas para el correcto uso de los ánodos**

En definitiva podríamos decir que: el desgaste de los ánodos se debe controlar y nunca debe llegar a un desgaste completo. Se debe reemplazar por un modelo conforme a la superficie a proteger.

- \* Las fugas eléctricas incrementan la corrosión.
- \* Nunca se debe pintar un ánodo, ni tampoco su emplazamiento, siempre debe estar en contacto con el metal.
- \* Utilizar únicamente los tornillos servidos con la pieza.
- \* Cada vez que se saca el barco del agua, eliminar la corrosión con un cepillo metálico.

\* Un ánodo que no se desgasta es señal de que no cumple con su función.

En la zona donde está amarrado el barco o por donde se navega, la salinidad o contaminación puede variar muchísimo, esto afecta la función del ánodo. Por esta razón, al elegir un ánodo, se debe tener en cuenta estos elementos:

En agua salada: ánodo de zinc

En agua dulce: ánodo de magnesio

En agua salobre. Ánodo de aluminio

### **3.7.5 Conexión de puesta a tierra del sistema**

Todas las masas metálicas del barco deben estar unidas eléctricamente, aunque estemos en el agua, a esa conexión le llamamos “tierra”.

Es cierto que en un barco acaban conectándose todas las masas a tierra, o sea al mar, pero cada cosa de forma adecuada:

1.- Masa del circuito a VDC, se conecta al Mar para descargar posible electricidad estática.

2.- Protección contra la caída del rayo: una buena conexión asegura que no se acumule carga en el mástil que pueda atraer la caída y de ser así hay que darle un camino de muy baja resistencia y mucha sección para enviarlo a tierra.

4.- La masa de RF (para BLU): suele conectarse a tierra con condensadores de corte con DC o con su placa porosa no valen cables, ha de ser cinta de cobre.

La de VHF no es necesaria por el tipo de antena.

### **3.7.6 Conexión de puesta a tierra de equipos**

La puesta a tierra de equipo en plataformas marinas y buques es de particular importancia, debido a que el personal que se encuentra en contacto con la estructura metálica presenta una trayectoria de baja impedancia a tierra.

Además, la humedad y el ambiente salino contribuyen a que se degraden los aislamientos de equipo eléctrico, con la posibilidad de corrientes de fuga en la superficie de los aisladores y dispositivos similares.

Todos los equipos metálicos, tales como cuartos de control eléctrico, de instrumentación, plataformas habitacionales, patines y recipientes deben ser puestos a tierra a la red general de tierras. Deben ser puestas a tierra las partes metálicas expuestas, no conductoras de corriente de equipo fijo, que puedan energizarse por cualquier condición. Para asegurar una buena conexión a tierra, debe tomarse la precaución de tener completamente libre de capas de pintura y anticorrosivo las partes de contacto de los miembros estructurales y/o equipo. El proveedor debe aplicar métodos para prevenir la corrosión galvánica entre materiales en los puntos de conexión.

Entre las secciones de charolas metálicas para cables se deben mantener continuidad eléctrica mediante el uso de placas de unión o un cable de cobre desnudo.

Las partes metálicas expuestas, no conductoras de corriente de equipo eléctrico portátil deben ser puestas a tierra a través de un conductor en el cable de puesta a tierra del equipo.

El valor de la resistencia de la red general de tierras no debe ser mayor de 10 Ohms en plataformas y áreas de proceso.

Para los sistemas electrónicos se debe diseñar una red de tierras independiente, interconectando la barra aislada de cobre localizada en el cuarto de control de

instrumentos, con cable aislado calibre 67.43 mm<sup>2</sup> (2/0 AWG), con aislamiento color verde, directamente al electrodo de tierra de forma independiente al sistema general de tierras, del sistema de protección contra descargas atmosféricas y del sistema de tierras de neutros.

Al completar la instalación, se deben realizar pruebas para verificar que todos los envolventes de los equipos, motores, tableros, estaciones de botones y receptáculos estén conectados a la red general de tierras, con cables de cobre desnudo o con aislamiento color verde, calibre 33.62 mm<sup>2</sup> (2/0 AWG).

### **3.7.7 Electrodo de puesta a tierra**

Es muy importante que de acuerdo a la sección 250-26(c) de la NOM-001-SEDE-2005, los electrodos de puesta a tierra de los sistemas eléctricos deban estar accesibles y preferentemente en la misma zona de puente de unión principal del sistema.

De acuerdo a la sección 250-81 de la NOM-001-SEDE-2005, el sistema de electrodos de puesta a tierra se forma interconectando todos los sistemas de puesta a tierra, que en plataformas marinas son las siguientes:

- a) Red del sistema general de puesta a tierra.- La maya consiste de un circuito cerrado formado con cable de cobre desnudo o con aislamiento color verde, calibre 67.43 mm<sup>2</sup> (2/0 AWG), que rodea cada uno de los niveles de la plataforma. Esta malla debe conectarse directamente a las columnas principales de la estructura de la plataforma marina. Todas las mallas de los diferentes niveles de la plataforma deben estar conectadas a las columnas principales de la estructura de la plataforma marina.
- b) Red de protección contra descargas atmosféricas .- El sistema de protección contra descargas atmosféricas, debe diseñarse con terminales

aéreas interconectadas entre sí con cable de cobre desnudo, toroidal, calibre 67.43 mm<sup>2</sup> (2/0 AWG), como mínimo, y dos bajadas opuestas a las piernas de la plataforma, que funcionan como electrodos de puesta a tierra

- c) Red de tierras aisladas para instrumentación.- Este sistema interconecta una barra de cobre aislada de la pared del cuarto de instrumentación, con un cable con aislamiento de color verde, calibre 67.43 mm<sup>2</sup> (2/0 AWG), se conecta directamente a una pierna de la plataforma que funciona como electrodo. Esta tierra aísla todos los ruidos de campo magnéticos que perturban la precisión de la instrumentación.

El conductor de tierra que se conecta al electrodo de puesta a tierra debe ser de cobre, trenzado desnudo o aislado calibre mínimo 67.43 mm<sup>2</sup> (2/0 AWG). Los conductores de puesta a tierra deben protegerse si están expuestos a daños mecánicos y ser eléctricamente continuos, desde el punto de unión a las cubiertas o equipos hasta el electrodo de puesta a tierra.

La conexión entre el conductor de puesta a tierra, los puentes de unión y los tubos, gabinetes o equipos que requieran ser puestos a tierra, debe ser por medio de conectores del tipo compresión o mecánicos de cobre.

Para la sujeción del conductor de puesta a tierra se deben usar abrazaderas u otros accesorios semejantes.

**CAPITULO IV**  
**SISTEMA DE SINCRONISMO**

## 4.1 Sincronización de Generadores.

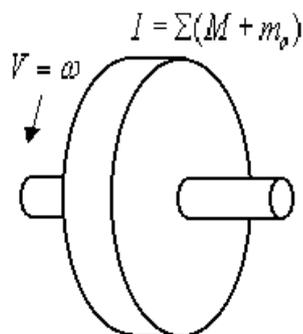
Antes de conectar dos generadores o bien conectar un nuevo generador a una barra infinita, el generador entrante debe cumplir con ciertos requisitos que se enumeran a continuación:

1. La misma rotación de las fases
2. La misma frecuencia de corriente alterna
3. El mismo ajuste de voltaje

Anteriormente se enumeran los requerimientos básicos para sincronizar un generador a una barra común, sin embargo el fenómeno de la sincronización es un tanto más complejo, involucra distintas variables, algunas de ellas son mecánicas como la inercia de las máquinas y otras electromagnéticas como el campo eléctrico en el entre hierro del estator, como se puede observar es muy complicado mezclar las variables mecánicas y eléctricas para hacer un análisis, por tanto podemos hacer una equivalencia mecánica que sea aceptable para representar el campo magnético del entre hierro, vamos a representar el entre hierro como un resorte; este arreglo simplifica grandemente el análisis. Cada generador está compuesto de una serie de partes móviles, independientemente de su forma constructiva, puede ser representado por medio de un volante que gira a una determinada velocidad, esta velocidad depende del número de polos del rotor, del devanado en el estator y de la frecuencia eléctrica con la cual el generador opera, a esta velocidad se llamara simplemente  $\delta$ ; la inercia del sistema es la suma de las inercias individuales de cada una de las partes componentes del sistema, por tanto, la representación matemática de la inercia del generador seria la ecuación siguiente con el modelo respectivo.

$$K = 1/2mv^2 = 1/2( m_1v_1^2 + m_2v_2^2 + m_3v_3^2 + \dots + m_xv_x^2 )$$

Equivalente mecánico de la inercia de una máquina sincrónica.



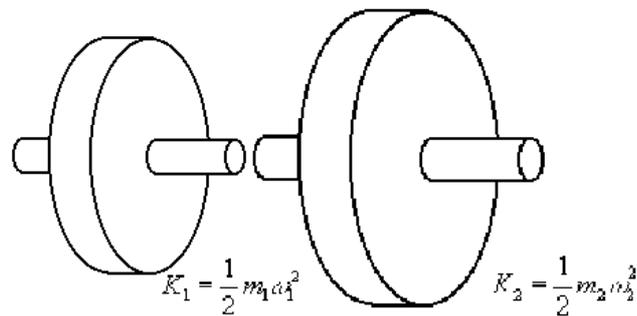
**Fig. N° 15**

Ahora bien, determinar la inercia del generador resulta una tarea afanosa si se hace de una forma puramente matemática, por tanto lo mejor es obtener esta información del fábrica de la máquina, de no ser posible, puede determinarse la inercia de forma experimental desactivando el control proporcional del gobernador y cargando eléctricamente el generador con una carga puramente resistiva, dependiendo del valor de la carga eléctrica la frecuencia del generador, trabajando en solitario, deberá variar según la magnitud de la carga, lo que se obtiene es una gráfica que por lo regular es lineal, la pendiente de esta gráfica en KW/HZ, es la representación de la frecuencia del generador contra la carga eléctrica a la que es sometido .

Cuando se conectan varios generadores en paralelo, en una configuración como en la figura N°16 , las masas de los rotores no están unidas mecánicamente sino más bien por medio del campo magnético del entre hierro, es un fenómeno conocido que, cuando un generador es sometido a un

aumento de carga, el desplazamiento temporal del rotor respecto al campo magnético giratorio del estator aumenta en un ángulo  $\delta$ , este puede ser negativo o positivo; si el generador se sobrecarga, el rotor adelanta al estator en proporción a la carga que el generador es sometido ( acción generador ), por el contrario si es el campo rotativo que adelanta al rotor,  $\delta$  es negativo ( acción motor ).

Hecha la analogía vamos a estudiar qué ocurre cuando dos generadores (representados por sus masas) se conectan en paralelo, el análisis se hará para el tiempo inicial que es cuando giran independientes, y también para el tiempo final, cuando giran como una sola masa, por favor observar la figura siguiente.



**Fig. N° 16 Representación mecánica de dos generadores síncronos.**

Un momento antes de la conexión en paralelo la energía cinética individual para cada uno de los generadores es:

$$K_1 = \frac{1}{2} m_1 \omega_1^2$$

$$K_2 = \frac{1}{2} m_2 \omega_2^2$$

Poco después de la conexión de ambos generadores, las masas individuales de cada uno de ellos se suman, también la velocidad angular se ve afectada, entonces, el intercambio de energía cinética se puede determinar cómo:

$$\Delta K = \frac{1}{2} (m_1 \omega_1^2 - m_2 \omega_2^2)$$

Es claro que la energía cinética se conserva (excluyendo las pérdidas por fricción o calor), por tanto la energía cinética antes de la conexión en paralelo es la misma después de la conexión, por esto solamente puede ocurrir una transferencia de energía entre el generador con mayor energía cinética y el generador con menor energía cinética, lo anterior denota que el intercambio de energía es mayor con referencia a la velocidad angular que con la masa, por tanto la mayor contribución al intercambio de energía depende de la velocidad del eje de la máquina puesto que esta elevada al cuadrado, la masa es importante pero en menos medida (esto se aplica a generadores de características similares). La transferencia KW entre generadores se da en virtud del cambio en el ángulo  $\delta$ , puesto que  $\delta$  determina la magnitud de potencia real entregada por la máquina sincrónica, entonces, la transferencia de energía se debe al aumento de la corriente del estator, esta corriente circulante en el momento de la conexión en paralelo se denomina corriente de sincronización, la corriente de sincronización tiene un efecto estabilizador frenando al generador que gira a mayor velocidad y acelerando al más lento, esto se debe a que  $\delta$  no puede crecer indefinidamente puesto que la transferencia de energía sería enorme e implicaría la motorización del generador arrastrado, la corriente de sincronización para dos generadores en paralelo se determina por la fórmula:

$$I_s = \frac{E_g p^1 - E_g p^2}{Z_p^1 + Z_p^2} + \frac{E_r}{R_a^1 + R_a^2 + j(X_s^1 + X_s^2)}$$

$I_s$ : corriente de sincronización.

$E_g$ : voltaje interno del generador.

$R_a$ : resistencia de armadura.

$X_s$ : reactancia de la armadura.

$Z_p$ : impedancia de la línea.

De todo lo anterior se concluye:

1. Una relación de reactancia síncrona alta con la resistencia de armadura producirá una corriente de sincronización rápida y suficiente aun cuando dé lugar a una relación en paralelo deficiente.
2. La energía cinética de una barra de generadores equivale a la suma de las energías cinéticas individuales de cada uno de los generadores, por tanto los generadores en paralelos son menos susceptibles a los cambios de frecuencia por sobre carga.
3. Cuando se conectan en paralelo una barra común con varios generadores la magnitud de la potencia transferida al generador entrante se relaciona casi enteramente con la diferencia de frecuencias entre el generador y la barra común.
4. Por norma los generadores entrantes al momento de ser conectados a una barra común de generadores deben girar a una frecuencia levemente mayor a la de la barra, esto para asegurar que al momento de la conexión el generador entrante asume parte de la carga a la que se somete la barra.

En cuanto al procedimiento necesario para sincronizar un generador a una barra es la siguiente:

1. Arranque la unidad que desea conectar en paralelo.
2. Active el sincronoscopio.
3. Después que los motores han calentado durante unos minutos, colóquelo a velocidad de sincronía por medio del ajuste del gobernador, el sincronoscopio no debe girar a más de una revolución cada 16 segundos como máximo ( $Af= 0.06425$  Hz). La frecuencia de la unidad entrante debe ser un tanto mayor de tal forma que el generador, entre recibiendo carga (giro en sentido de las agujas del reloj).
4. Cuando el sincronoscopio pase por el punto muerto cierre el interruptor.
5. Una vez conectada la unidad a la barra común ajuste la potencia real, entregada, de ser necesario este ajuste se hace en el gobernador.
6. Ajuste la potencia reactiva de los generadores por medio del ajuste del voltaje.
7. Realice todos los ajustes después de una hora cuando el generador este a su temperatura de operación nominal (lo puntos mencionados no se aplica a los sistemas que cuentan con control automático).

#### **4.1.1 Puesta a punto de generadores antes de trabajar en paralelo.**

Partimos de la premisa de que tanto el regulador de voltaje como el compartidor de carga están previamente ajustados o parametrizados, por tanto solo se procede a dar la puesta a punto (ajuste de operación) del generador, se procede de la siguiente manera:

#### **4.1.2 Ajuste de la frecuencia.**

La frecuencia está directamente relacionada con la velocidad de giro del generador, el ajuste de frecuencia del generador implica un ajuste en la velocidad de giro del motor, el procedimiento es el siguiente:

1. Deje que los motores funcionen al menos durante 30 minutos sin carga.
2. Una vez transcurrido el lapso de tiempo y que los motores trabajen a temperatura nominal proceda así:
  - 2.1 Conecte la carga a uno de los generadores.
  - 2.2 Ajuste la frecuencia del compartidor cuando la carga eléctrica sea la máxima.
  - 2.3 Desconecte la carga y verifique la velocidad de marcha alta en vacío, debe estar en el rango de 2% al 5%, por sobre la velocidad a plena carga.

#### **4.1.3 Ajuste del voltaje.**

Los ajustes del voltaje y caída de voltaje determinan la magnitud de las corrientes parásitas circulantes, en general las cargas de tipo inductivo como los motores tienen un factor de potencia del orden del 0.8 FP, lo que causa una caída de potencial de alrededor del 5% respecto al voltaje en vacío, para ajustar el voltaje de los generadores proceda de la forma siguiente:

1. Con el motor girando en vacío y a régimen posicione el ajuste de caída de caída de voltaje (drop voltaje) a la mitad del rango total.
2. Reajuste el control de voltaje hasta que el voltaje sea 5% mayor al voltaje deseado.
3. Aplicar la carga plena.

4. Reajuste el control de caída de voltaje para obtener el voltaje deseado en la carga.
5. Sincronice los generadores y reajuste los voltajes individuales (reactivas) no exceda un 10% del valor de la potencia real.
6. Realice un reajuste individual de los generadores después de una hora de operación en paralelo.

Una vez concluido el procedimiento anterior debe de observar lo siguiente:

1. La caída de voltaje de los generadores debe de ser la misma para que la carga sea repartida de forma satisfactoria.
2. Nunca se debe exceder el valor de placa en amperios para los generadores.
3. Cuando los generadores trabajan fríos pueden haber corrientes parásitas.

## **4.2 Sincronización.**

El sistema de sincronización se compone de varios sub-circuitos: el selector automático manual que evita que los generadores puedan sincronizarse de manera involuntaria, el selector del generador que selecciona un generador a la vez para sincronizarlo a la barra común, el circuito de cierre y apertura que abre o cierra el interruptor seleccionado, el sin cronoscopio y relé de sincronización que introducen al generador entrante a la barra común solo si el mismo cumple con los parámetros de voltaje y frecuencia tanto para el modo automático como para el manual respectivamente.

El selector automático manual cumple con la misión de evitar que los generadores puedan sincronizar a la barra común en caso de falla, con esto se evita la sincronización fuera de los parámetros evitando así el daño a los generadores, el selector automático manual consta de una manija selectora de

dos posiciones y un juego de accionamientos auxiliares para el seleccionar el modo de operación de automático o manual, como se observa, en caso de falla de unos de los accionamientos es imposible que el generador sincronice ya sea para automático como para manual, esta es una redundancia en serie.

El circuito de sincronización está compuesto de un relé de sincronización automática y de un relé de supervisión de sincronización; como se observara el sistema de sincronización en automático no tiene conectado en serie el relé de sincronización automática por tanto no cuenta con redundancia en serie, esto se debe a que el relé de sincronización automática elegido es un instrumento con alto grado de seguridad, cada uno de los sistemas de sincronización es elegido por el selector automático o manual según sea el caso, si la selección es manual se activa también la manija para incremento o decremento de frecuencia de los generadores, si por el contrario la selección es automática se activa el ajuste de frecuencia automático para el generador entrante. Otros elementos que merecen mencionarse son los contactos internos del relé de sincronización automática y del relé de supervisión de sincronización, el primer generador en sincronizar debe entrar inmediatamente a la barra común, esta es una opción en casi todos los relé de sincronización automática, casi siempre se incluye un contacto normalmente cerrado que abre cuando hay voltaje en el circuito de la barra común que es donde usualmente se alimenta el instrumento, el otro contacto corresponde a la indicación de sincronía.

#### **4.2.1 Efecto de un error en la sincronización**

A continuación se presentan los daños que pueden ser resultado de una sincronización errada, son tres los parámetros de importancia en cuanto al ajuste de la tolerancia cuando se cierra un interruptor: ángulo de fase, magnitud del voltaje, y diferencia de frecuencia entre máquinas, cada uno de los efectos se reporta de forma separada.

#### **4.2.2. Efecto de un excesivo ángulo de fase**

Un excesivo ángulo de fase puede causar un agudo golpe en las máquinas cuando el interruptor se cierra en estas condiciones, cuando este ángulo es de unos  $15^\circ$  puede causar una oscilación de potencia considerable comparado con un ángulo de fase de  $0^\circ$ ; unos  $60^\circ$  de ángulo de fase pueden causar el atornillamiento de la máquina, y un choque puede provocar una excesiva torsión que puede dañar los cigüeñales y bielas del motor, doblar los álabes de una turbina, romper o dañar el acople del motor del generador, provocando también un prolongado lapso de tiempo de oscilación del sistema, un cierre de interruptor los grados rondan por los  $120^\circ$  puede ser causa de torques de 7 veces el valor para la máquina trabajando a máxima potencia.

En algunos casos puede ser causa de estrés o des balance de los motores, cada ciclo de sincronización en estas condiciones puede acumular fatiga al motor reduciendo su vida útil de manera considerable, la suma de todas las fatigas individuales da como resultado la fatiga total del motor, la relación entre la sobre carga redundante en un aumento considerable de la fatiga.

### **4.2.3 Efecto de una excesiva frecuencia**

Muchos de los accidentes de operación que ocurren con frecuencia son la inversión de fases, puede que el relé de sincronización automática cierre un interruptor cuando la diferencia de fase es la indicada, pero puesto que el tiempo de cierre del interruptor es constante este puede cerrar fuera del ángulo indicado, hay que recordar también que la energía cinética del generador depende de la velocidad de giro, por tanto en el momento de entrar a la barra común ocurrirá un intercambio de energía considerable puesto que se obliga al generador a mantenerse en la frecuencia de la red, reduciendo la vida útil del generador, también es probable que la frecuencia de oscilación de la excitación coincida con la frecuencia natural de resonancia del cigüeñal del generador, un error de frecuencia puede ser causa de disturbios en un sistema de potencia si la oscilación excede los límites de estabilidad dañando otros equipos.

### **4.2.4 Efecto de un elevado voltaje de generador**

En el instante de cierre es posible que una diferencia de voltaje provoque flujos de reactivas entre los generadores, si el generador entrante tiene un elevado potencial, mayor al del sistema, el generador suporta potencia real, si bien es cierto que diferencias de potencial de hasta un 20% no afectan de forma significativa la sincronización de un generador a una barra común si es posible que el flujo de reactiva del generador pueda dañar el estator por sobrecalentamiento, una diferencia de potencial de un 2% menor al potencial de la barra común puede aumentar en un 10% el monto de la energía reactiva que el generador suporta a la barra infinita, por tanto la relación no es lineal.

En general el costo de una mala sincronización redundará en cuatro aspectos:

1. Pérdida de horas de trabajo en reparación
2. Pérdida de dinero en reparación
3. Reducción de la vida útil de la máquina
4. Tiempo de indisponibilidad

### **4.3 Guía de Operación y Mantenimiento de Generadores.**

El objetivo de este de este capítulo es facilitar al usuario del generador la comprensión del funcionamiento fundamental, el criterio de aplicación y los procedimientos para la instalación y mantenimiento. Donde la ignorancia del uso correcto o de los procedimientos adecuados puede resultar en lesiones personales o averías técnicas, se incorpora en este capítulo notas de ADVERTENCIA o PRECAUCION.

#### **SECCION 1**

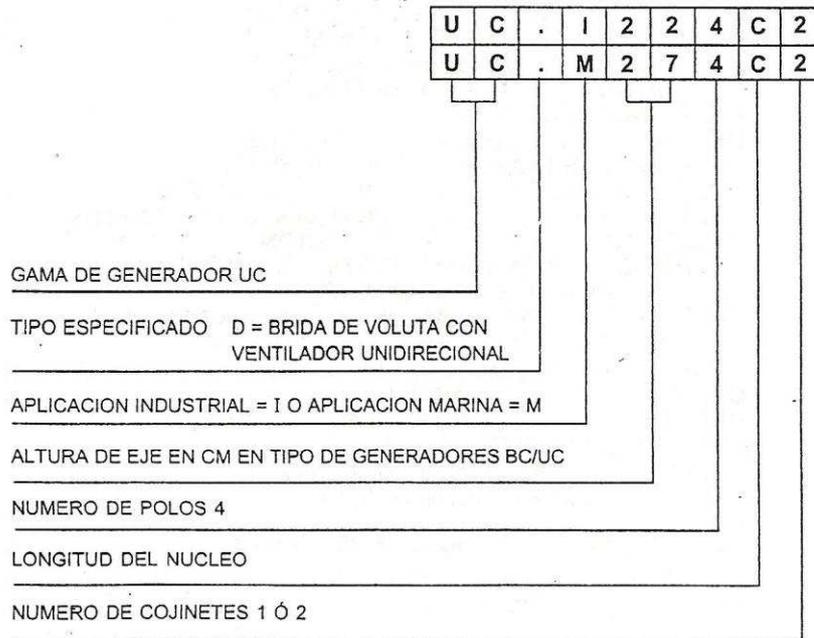
##### **4.3.1 Introducción**

La gama de generadores de corriente alterna UC22/27 abarca máquinas sin escobillas de campo giratorio, disponibles para tensiones hasta 600 V/50Hz para 1500 rpm ó 60Hz para 1800 rpm, fabricados según norma BS5000 parte 3 y otras normas internacionales.

Todos los modelos UC22/27 son auto excitados, recibiendo su excitación desde los devanados principales de salida con la ayuda de las Unidades de Control de Voltaje SX460/SX440/SX421. Los modelos UC22 también son disponibles con un devanado especial y con un sistema de excitación controlado por transformador.

Opcionalmente está disponible un sistema de excitación por imán permanente (PMG) en conjunto con la unidad de control de voltaje (AVR), tipo MX341 o MX321.

### 4.3.2 Designación.



**Fig N° 17**

### 4.3.3 Localización del número de fabricación.

Todos los alternadores tienen su número de fabricación grabado según descrito a continuación.

Alternadores de la gama UCI y UCM tienen su número grabado en la parte superior de su carcasa en el lado accionamiento.

Alternadores de la gama UCD tienen su número grabado en la parte brida en el lado accionamiento. Si, por cualquier razón, esta brida se desmontase, se debería tener cuidado con el fin de desmontarla al alternador correcto.

Dentro de la caja de bornes vienen pegados dos rótulos con el número de identificación. Uno de ellos en la parte interior del panel lateral de la propia caja de bornes, y otro en la carcasa del alternador.

#### **4.3.4 Placa Característica.**

El generador viene con una placa de características, autoadhesiva, para colocación al final del montaje y de la pintura. La intención es pegarla en el lado izquierdo de la cara externa de la caja de bornes mirando desde el lado no accionamiento.

Para permitir una colocación encuadrada la chapa tiene unas salientes de posicionamiento.

La superficie en el área donde se debe colocar un rótulo debe encontrarse lisa y limpia, con el acabado de pintura completamente seco antes de intentar colocar el rótulo. El método recomendado para colocar el rótulo consiste en pelar y plegar el papel detrás del rótulo unos 20 mm para exponer el fondo adherente del rótulo en el borde que se posiciona contra las salientes de la chapa. Una vez que esta primera sección del rótulo está pegada en posición, retirar progresivamente el papel y presionar el rótulo en su posición. El adhesivo efectuará una unión permanente en 24 horas.

## **SECCION 2**

## TEORIA DE FUNCIONAMIENTO

### 4.4 Generadores auto excitados con regulación por unidad de control de voltaje (AVR)

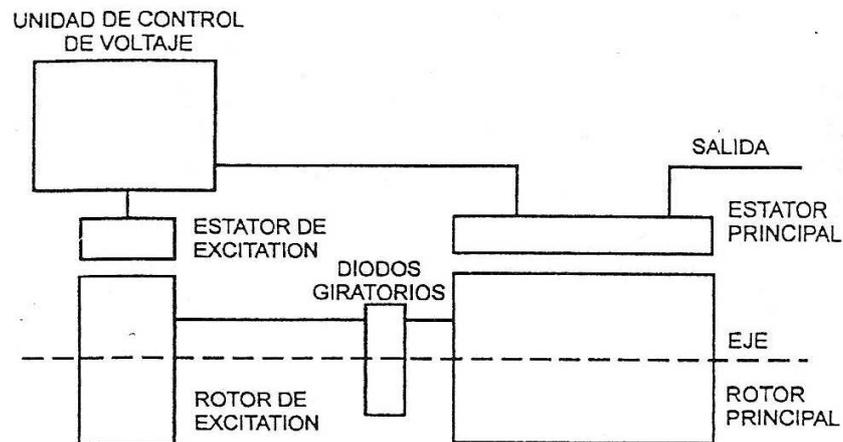


Fig N° 18

El estator principal proporciona energía para la excitación del campo a través de la Unidad de Control de Voltaje (AVR) tipo SX460 o SX440/SX421 que es el dispositivo para regular el nivel de excitación que requiere el campo según carga aplicada. La AVR responde a la señal derivada de los devanados del estator principal. Al controlar la potencia baja del campo de excitación, se consigue el control de la potencia alta exigida por el campo principal mediante la salida rectificadora del estator de excitación.

La AVR detecta la tensión media entre dos fases para regular la tensión de salida dentro del margen establecido. Adicionalmente, detecta la velocidad del motor de accionamiento y proporciona una caída de tensión en proporción a la caída de frecuencia por debajo de un punto ajustable, evitando así una sobreexcitación y facilitando un alivio al motor de accionamiento en caso de golpes de carga.

La AVR SX421 añade, adicionalmente a las prestaciones de la AVR SX440, la detección trifásica en media cuadrática e incluye también una protección contra sobre voltaje cuando se emplea en conjunto con un interruptor externo montado en el cuadro de maniobras.

#### 4.4.1 Generadores excitados por imán permanente (PMG)-Controlados por AVR.

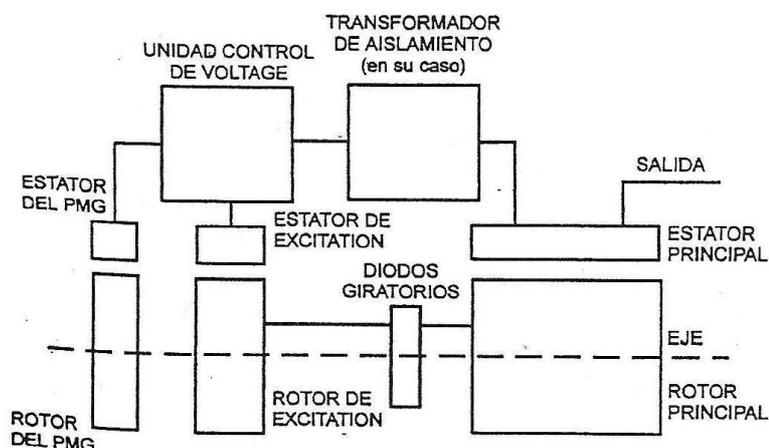


Fig N° 19

El imán permanente proporciona potencia al campo de excitación a través de la AVR MX341 o MX321, que es el dispositivo para regular el nivel de excitación que requiere el campo según carga aplicada. La AVR responde a la señal derivada, en el caso de la AVR MX321 a través de un transformador de aislamiento, del devanado principal. Al controlar la potencia baja del campo de excitación, se consigue el control de la potencia alta exigida por el campo principal mediante la salida rectificadora del estator de excitación.

El sistema por imán permanente proporciona una fuente de excitación constante e independiente de la salida del estator principal, una alta capacidad

en cuanto a arranque de motores eléctricos, así como una inmunidad a distorsiones de la forma de onda en la salida del estator principal creadas por cargas no lineales, es decir, motores eléctricos de c.c. controlados por tiristores y sistemas de UPS.

La AVR MX341 detecta la tensión medida entre dos fases para asegurar una regulación muy constante. Adicionalmente, detecta la velocidad del motor de accionamiento y provoca una breve caída de tensión en proporción a la caída de frecuencia por debajo de un punto ajustable, evitando así una sobreexcitación y facilitando un alivio al motor de accionamiento en caso de golpes de cargas. También proporciona una protección contra sobreexcitación que actúa en retardo, des excitando el generador en el caso de un voltaje excesivo en el campo de excitación.

La AVR MX321 proporciona las mismas prestaciones de la MX341 y añade adicionalmente la detección trifásica en media cuadrática (RMS), así como una protección contra sobre voltaje. El funcionamiento detallado de todos los circuitos en las AVRs se describe en el subinciso 4.6.6.3 PRUEBAS CON CARGA.

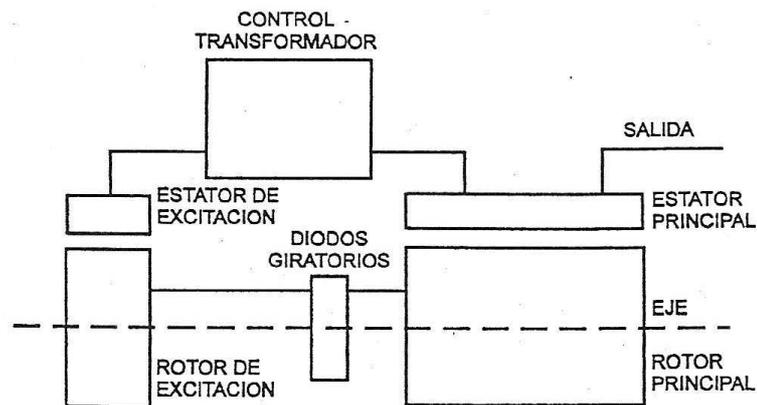
#### **4.4.2 ACCESORIOS PARA AVR**

Las AVRs SX440, SX421, MX341 y MX321 llevan adicionalmente circuitos incorporados que, en conjunto con accesorios opcionales, pueden proporcionar un funcionamiento en paralelo con un control de caída de tensión en cuadratura o astático, un control del factor de potencia/KVAr, así como en caso de la AVR MX321, una limitación de la corriente de corto circuito.

Detalles del funcionamiento de los accesorios que pueden ser instalados dentro de la caja de bornes se encuentran en la sección de este manual.

Se facilitan instrucciones por separado para otros accesorios disponibles, previstos para montar dentro del cuadro de maniobra.

#### 4.4.3 GENERADORES CONTROLADOS POR TRANSFORMADOR



**Fig N° 20**

El estator principal proporciona energía para excitar el campo de excitación por medio del transformador rectificador. El transformador combina elementos de tensión y corriente derivados de la salida del estator principal para formar la base de un sistema de control con circuito abierto, el cual es de naturaleza autorregulador. El propio sistema compensa las magnitudes de intensidad y factor de potencia, mantiene la corriente de cortocircuito y tiene adicionalmente buenas características de arranque de motores eléctricos.

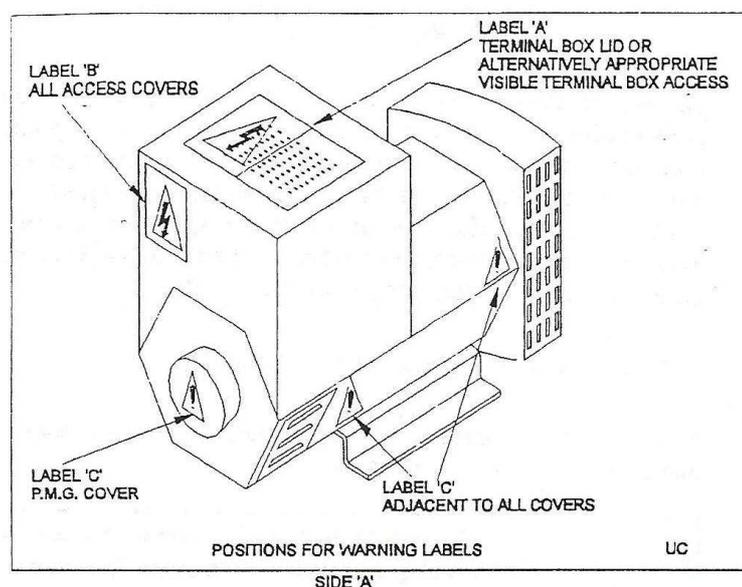
Los alternadores trifásicos suelen estar controlados por un transformador trifásico para mejorar el comportamiento con cargas desequilibradas. Esta versión es de una sola tensión trifásica. Opcionalmente, se pueden suministrar con un transformador monofásico para facilitar la reconexión a varias tensiones trifásicas y monofásicas.

Este sistema de excitación no permite la conexión de accesorios.

### SECCION 3

#### 4.4.4 APLICACIÓN DEL GENERADOR

El generador se suministra como componente para formar un grupo electrógeno. Por consiguiente, no resulta práctico colocar todos los rótulos de advertencia/precaución durante el proceso de su fabricación. Los rótulos adhesivos necesarios se suministran sueltos junto con su respectivo manual con instrucciones claras para su colocación.



**Fig N° 21**

Es la responsabilidad del fabricante del grupo asegurarse de que las etiquetas correspondiente estén pegadas en el lugar correcto, claramente visibles.

Los generadores están diseñados para el funcionamiento a 40°C y para una altura de 1000 m sobre el nivel del mar, de acuerdo con la norma BS5000.

Temperaturas en exceso de 40°C y alturas por encima de 1000 m requieren una reducción de potencia y temperatura ambiente figuran en la placa de

características. En caso de cualquier duda es necesario consultar al distribuidor.

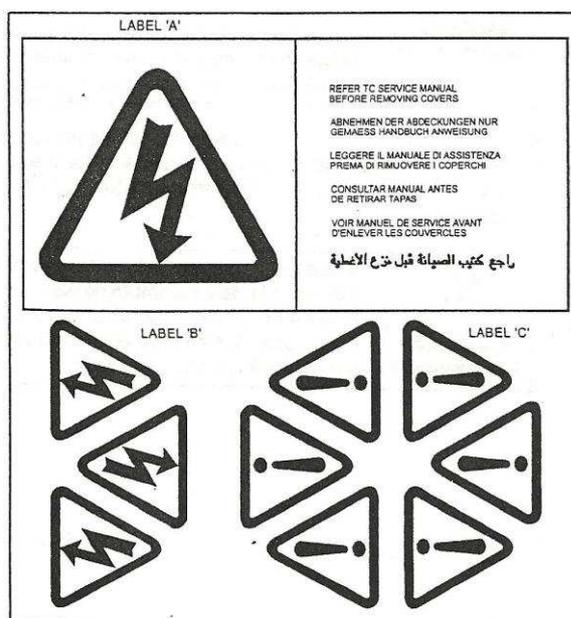


Fig N° 22

Los generadores son de refrigeración por aire mediante ventilador incorporado, protegido por rejilla de anti goteo. No están previstos para uso en la intemperie, excepto que estén adecuadamente protegidos. Se recomienda conectar una calefacción de anti condensación durante el almacenamiento y en grupos de emergencia para proteger los devanados contra la humedad.

Generadores instalados dentro de carrocerías no deben trabajar con temperatura en exceso a la mencionada, sin haber considerado previamente la reducción de la potencia nominal.

La carrocería debe estar hecha de tal forma, que la aspiración de aire para el motor de accionamiento esté separada del conducto para la aspiración de aire del generador, especialmente cuando el ventilador del radiador es de tipo

aspirante. Adicionalmente debe evitarse que el generador aspire aire húmedo, para evitarlo pueden instalarse filtros de aire de 2 escalones.

Salidas/entradas de aire deben dar como caudales mínimos y caídas de presión máximas los mencionados en la siguiente tabla:

**Tabla N° 5**

TIPO	CAUDAL DE AIRE		CAIDA DE PRESION ADICIONAL (ENTARDA/SALIDA)
	50HZ	60HZ	
UC22	0.21m3/sec	0.281m3/sec	6mm hidrométricos (0.25")
	(458 cfm)	(595 cfm)	
UCD22	0.25m3/sec	0.31m37sec	6mm hidrométricos (0.25")
	(530 cfm)	(657 cfm)	
UC27	0.514m3/sec	0.610m3/sec	6mm hidrométricos (0.25")
	(1090 cfm)	(1308 cfm)	
UCD27	0.58m3/sec	0.69m3/sec	6mm hidrométricos (0.25")
	(1230 cfm)	(1463 cfm9)	

**IMPORTANTE La disminución del flujo de aire o protección Inadecuada del generador puede causar daños En los devanados.**

El equilibrado dinámico del conjunto rotor ha sido efectuado durante el proceso de fabricación según norma BS 6861, parte 1, grado 2.5 para asegurar que las vibraciones estén dentro de los límites que establece la norma BS4999, parte 142.

Las principales frecuencias de vibración, producidas por el generador son las siguientes:

4 polos	1500 rpm	25 Hz
4 polos	1800 rpm	30 Hz

No obstante las vibraciones inducidas por el motor de accionamiento son de naturaleza compleja y contienen frecuencias de 1, 3, 5 más veces de la frecuencia fundamental de vibración. Estas vibraciones inducidas pueden dar por resultado niveles de vibración del generador más altos que los propios del generador. El fabricante del grupo electrógeno es responsable de asegurar que la alineación y la rigidez de la bancada y soportes cumplan con los límites de la norma BS5000, parte 3.

En grupos de emergencia, donde el periodo de funcionamiento es más corto, y por lo tanto existe un número de horas de servicio reducido, pueden tolerarse niveles de vibraciones más altos que los establecidos en la norma mencionada, hasta un máximo de 18 mm/seg.

Los generadores de dos cojinetes, acoplados sin brida y con un acoplamiento elástico, requieren una bancada robusta, dotada de apoyos con soportes mecanizados entre motor/generador y bancada para asegurar una perfecta alineación. El montaje con bridas puede incrementar la rigidez general del conjunto. El momento de flexión entre envolvente del motor y encastre de la brida del generador no debe ser más de 140 Kgm. Se recomienda utilizar un acoplamiento elástico diseñado para la específica combinación motor/generador, para reducir al mínimo los efectos torsionales.

Generadores de dos cojinetes accionados por polea requieren un diámetro y diseño de polea de manera que la carga/fuerza lateral aplicada al eje sea

céntrica a la extensión y no exceda de los valores indicados en la tabla a continuación:

**Tabla N° 6**

GAMA	FUERZA LATERAL		EXTENSION DEL
	Kgf	N	EJE EN mm
UC22	408	4000	110
UC27	510	5000	140

En caso de otras extensiones de eje que de las indicadas en la tabla anterior, consultar fábrica.

La alineación de generadores de un solo cojinete es crítica ya que pueden producirse vibraciones a consecuencia de la flexión de las bridas entre motor y generador. Por lo que concierne al generador, el momento de flexión en este punto no debe ser superior a 140 Kgm. Se requiere una bancada robusta, dotada de apoyos con soportes mecanizados entre motor/generador y bancada para asegurar una alineación perfecta.

Se da por hecho que el generador se incorpora en un grupo electrógeno, operando de manera que sólo sea expuesto a una carga de choque max. 3g, deberían utilizarse dispositivos anti-vibratorios para asegurar la absorción de la carga en exceso.

El momento de flexión máximo admitido de la brida del motor debe autorizarlo el fabricante del motor.

Los generadores pueden suministrarse sin apoyos con el fin que el cliente pueda optar por un propio dispositivo.

Vibraciones torsionales se producen en todos los sistemas con ejes accionados por motores explosivos y pueden alcanzar magnitudes perjudiciales a ciertas velocidades críticas. Por lo tanto es absolutamente necesario considerar el

efecto que tienen estas vibraciones sobre el eje del generador y el acoplamiento.

El fabricante del grupo electrógeno es el responsable de la compatibilidad del conjunto. A petición se facilitan planos con las dimensiones y los momentos de inercia del rotor para que sea mandado al fabricante del motor para su aprobación. En caso de generadores de un solo cojinete, estos planos contienen también los detalles de los discos de acoplamiento.

**IMPORTANTE La incompatibilidad torsional y/o niveles de vibraciones Excesivos: pueden causar averías en el motor, generador o en ambas maquinas.**

La caja de bornes está construida de paneles desmontables para facilitar la elección de la salida de los cables de potencia y la colocación de los prensaestopas correspondiente. En su interior se encuentran los bornes principales adecuadamente aislados para conexiones de fases y neutro, así como una toma de puesta a tierra. Puntos de puesta a tierra adicionales están provistos en los apoyos del generador.

El neutro no está conectado a la carcasa.

El devanado del estator principal lleva hilos conectados a la placa de los bornes principales.

 <b>Advertencia !</b>	No se han efectuado conexiones a tierra en el generador. Por lo tanto, hay que observar las normas pertinentes locales con respecto a la puesta a tierra. Una incorrecta puesta a tierra o protecciones defectuosas/ no adecuadas, pueden causar daños personales graves o la muerte.
---	---

Se facilitan curvas de corriente (curvas decrecientes) y datos de las reactancias del generador para facilitar la selección de los disyuntores, calcular la corriente del cortocircuito y demás protecciones.

 <b>Advertencia !</b>	Cualquier negligencia durante instalación, mantenimiento o recambio de piezas puede llevar a desgracias personales o técnicas. El personal técnico debe estar formado para servicio eléctrico/mecánico.
--	---

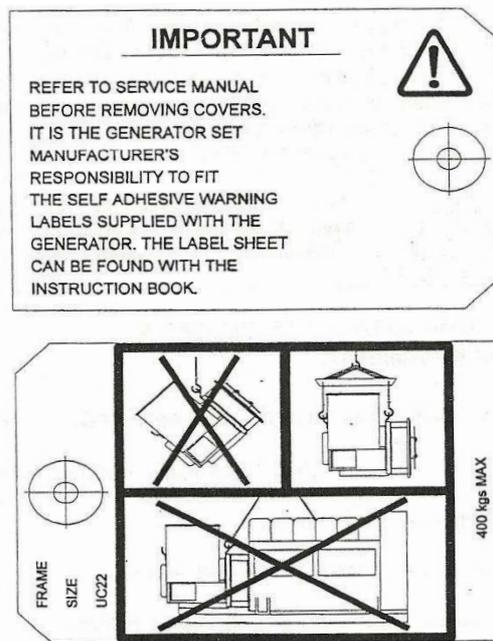
## SECCION 4

### INSTALACION

#### 4.5 Elevación.

 <b>Advertencia !</b>	<p>El izado incorrecto o la capacidad de elevación inadecuada puede resultar en graves lesiones personales o desperfectos en el equipo.</p> <p><b>LA CAPACIDAD MINIMA DE ELEVACION ES DE 750 kgs. No deben emplearse las orejetas de izar del generador para elevar el grupo electrógeno completo.</b></p>
---	--

Se provee dos orejetas de izar para uso con un aparejo de izar del tipo gemelo y pasador. Es preciso emplear cables de adecuada longitud y capacidad de elevación. Los puntos de elevación se han proyectado lo más próximo posible al centro de gravedad del generador, pero debido a limitaciones de diseño no se puede garantizar que el bastidor del generador se mantenga horizontalmente mientras que se levante. Conviene, por lo tanto, tener cuidado para evitar lesiones personales o desperfectos de la máquina. La correcta disposición de izado se indica en el rótulo al lado de la orejeta de izar (véanse ejemplo a continuación).



Los generadores de un solo cojinete se suministran con una barra de retención del rotor en el extremo no accionamiento.

Esta barra se desmonta como sigue:

- 1.- Retirar los cuatro tornillos que sujetan la tapa metálica al extremo no accionamiento.
- 2.- Extraer el perno central que sujeta la barra de retención al eje.
- 3.- Reponer la tapa metálica.

Una vez retirada la barra de retención, el rotor puede girar en el bastidor. Por lo tanto, se requiere cuidado durante el acoplamiento y alineación para mantener el bastidor en un plano horizontal.

Generadores con imán permanente no se suministran con la barra de retención instalada. Consultar subinciso 4.3.2 DESIGNACION para verificar el tipo del generador.

### **4.5.1 Montaje.**

Durante el montaje del generador al motor, primero se debe asegurar una alineación correcta y después, girar el conjunto del rotor del generador y cigüeñal del motor para permitir la colocación/inserción y fijación de los pernos de acoplamiento. Este procedimiento debe aplicarse tanto en grupos con generadores de uno o dos cojinetes.

Durante el montaje del generador de un solo cojinete, deben alinearse los agujeros del acoplamiento del generador con los agujeros del volante del motor. Recomendamos dos espigas posicionadoras dimétricas en el volante del motor para guiar el acoplamiento del generador en su posición final dentro del volante del motor. Las espigas posicionadoras deben reemplazarse por pernos de acoplamiento antes del apriete final de los pernos de acoplamiento.

Durante el montaje de los pernos de acoplamiento será necesario girar el conjunto del rotor del generador y cigüeñal del motor. Debe asegurarse de que este procedimiento se ejecute considerando todos los aspectos de seguridad, sobre todo, durante el proceso de colocación y apriete de los pernos de acoplamiento.

Los fabricantes de motores disponen de herramientas adecuadas para permitir el giro manual del cigüeñal. Estas herramientas siempre deben emplearse, engancho el piñón de accionamiento manual a la corona del volante del motor.

**PRECAUCION! Antes de cualquier trabajo en el interior del  
Generador y durante la alineación y montaje  
De los pernos de acoplamiento, debe bloquearse  
Todo conjunto para evitar movimientos rotativos.**

#### **4.5.2 Generadores sin apoyos.**

Los generadores pueden suministrarse sin apoyo con el fin de que el cliente pueda optar por un propio dispositivo.

#### **4.5.3 Generadores de dos cojinetes.**

Deberá montarse un acoplamiento elástico, alineándolo de acuerdo con las instrucciones del fabricante del acoplamiento. Si se emplea una brida de adaptación, es preciso verificar la alineación de las superficies mecanizadas, situando el generador encarado con el motor. Calzar los apoyos del generador encarado con el motor. Calzar los apoyos del generador si fuera necesario. Asegurar que se hayan montado las rejillas/chapas de protección de adaptador una vez que se haya terminado el montaje del conjunto generador/motor.

Los grupos montados sin bridas necesitan una protección adecuada que debe proveer el fabricante del grupo.

En el caso de generadores accionados por polea, asegurar la alineación correcta del extremo lado accionamiento y de las poleas de arrastre para evitar fuerzas axiales sobre los cojinetes. Se recomienda un dispositivo tensor para permitir un ajuste adecuado de la tensión de la polea durante la alineación. Las fuerzas axiales no deben superar los valores indicados en la sección 3.

La polea y sus protecciones han de suministrarse por el fabricante del grupo electrógeno.

**Importantes!      Una tensión incorrecta de las poleas  
Resulta en un desgaste excesivo de los  
Cojinetes.**

#### **4.5.4 Generadores de un solo cojinete.**

La alineación de generadores de un solo cojinete es crítica. Si fuera necesario, calzar los apoyos del generador para asegurar la alineación de las superficies mecanizadas.

Para propósitos de transporte y almacenaje, tanto los encastres de la carcasa, como los discos de acoplamiento vienen protegido con una capa antioxidante. Antes de ensamblar el alternador con el motor, esta capa ha de quitarse. un método práctico para quitar esta capa antioxidante es limpiar las superficies con un disolvente anti grasa basado en un disolvente de petróleo.

**Precaución!        Se debe impedir que cualquier disolvente  
                              éntre en contacto prolongado con la piel.**

El orden del montaje al motor deberá ser generalmente como se indica a continuación:

- 1.- En el motor, verificar la distancia entre la superficie del encastre del volante y la superficie de encaje del envolvente del volante. Deberá encontrarse dentro de 0.5 mm de su distancia nominal. Esto es necesario para asegurar que no se apliquen ni empujes ni presión al cojinete del generador o al cojinete del motor.
- 2.- Comprobar que los pernos que sujetan los discos flexibles al cubo del acoplamiento estén apretados y bloqueados en posición. La presión de apriete deberá ser de 24.9 Kg/m (244Nm) para todos los modelos.
- 2<sup>a</sup>. Solamente en el generador de la gama o modelo UCD-224 la presión de apriete deberá ser de 15.29 Kg/m (150Nm).

- 3.- Desmontar las tapas del extremo del generador para obtener acceso a los pernos del acoplamiento y del adaptador.
- 4.- Verificar que los discos de acoplamiento estén concéntricos con el encastre del generador. Esto se puede ajustar empleando cuñas cónicas de madera entre el ventilador y el adaptador. Alternativamente, se puede suspender el rotor por medio de una cuerda de suspensión a través de la abertura del adaptador.
- 5.- Encarar el generador con el motor y enganchar tantos discos de acoplamiento como carcasas al mismo tiempo. Por último, correrlo hacia dentro, apretando los pernos de la carcasa y de los discos de acoplamiento. Deberán utilizarse arandelas de calibre grueso entre el cabezal del perno y los discos en el volante.
- 6.- Apretar los discos de acoplamiento al volante. Consultar el manual del motor para la presión de apriete.
- 7.- Retirar las cuñas de madera.

**Precaución!      La incorrecta protección /o alineación del generador  
Pueden resultar en graves daños personales y/o  
Desperfectos del equipo.**

#### **4.5.5 Puesta a tierra.**

El bastidor del generador deberá unirse sólidamente con la bancada del grupo electrógeno. En caso de montar soportes anti vibratorios entre el alternador y su bancada, es preciso instalar un conductor de tierra adecuado (normalmente de la mitad de sección de los cables principales de alimentación) para puentear los soportes anti vibratorios.

## **4.6 Comprobaciones previas al funcionamiento.**

### **4.6.1 Comprobación de aislamiento.**

Antes de arrancar el grupo electrógeno, después de haber finalizado su montaje e instalación, debe verificarse la resistencia de aislamiento del devanado.

La AVR debe desconectarse durante esta prueba.

Emplear un megóhmetro de 500 V o un instrumento similar.

Desconectar cualquier conductor de puesta a tierra entre neutro y masa, y medir la resistencia de uno de los terminales de salida U, V, W a tierra. La resistencia de aislamiento debe resultar en un valor de más de 5 megohmios a tierra. Si la resistencia fuera por debajo de 5 megohmios, sería preciso secar el devanado tal como se indica en la sección de servicio y mantenimiento de este manual.

### **4.6.2 Sentido de rotación.**

El generador se suministra para proporcionar una secuencia de fases U V W, con el generador girando hacia la derecha, mirando desde el extremo accionamiento (a menos que se especifique lo contrario en el pedido). En caso de que se ha de invertir la rotación después de haberse despachado la máquina, solicitar los correspondientes esquemas de conexión a fábrica/distribuidor.

UCI224, UCI274, UCM224, UCM274

Las máquinas llevan un ventilador con papeletas bidireccionales, siendo, por lo tanto, adecuado para un funcionamiento en uno u otro sentido.

UCD224, UCD272

Las máquinas llevan un ventilador con paletas unidireccionales, siendo, por lo tanto, adecuado para un funcionamiento en un solo sentido.

#### **4.6.3 Tensión y frecuencia.**

Comprobar que la tensión y la frecuencia indicada en la placa de características del generador correspondan a la aplicación del grupo electrógeno.

Generadores trifásicos llevan normalmente un devanado reconectado con 12 hilos de salida. Si fuera necesario reconectar el estator a otro voltaje, consultar los esquemas de conexión en la contraportada del presente manual.

#### **4.6.4 Ajuste de la AVR**

Para efectuar la selección y ajuste de la AVR, desmontar la tapa de su alojamiento y consultar los subincisos 4.6.4.1, 4.46.4.2, 4.4.6.4.3, 4.6.4.4, ó 4.4.4.5, según la AVR instalada. El tipo de la AVR se indica en la placa de características del generador (SX460, SX440, SX421, SX341, MX341 ó MX321).

La mayoría de los valores vienen pre ajustados desde fábrica para facilitar una regulación satisfactoria durante las pruebas iniciales de funcionamiento.

Es posible que se requiera un ajuste posterior para obtener una óptima regulación en condiciones normales de funcionamiento del grupo electrógeno.

Para detalles consultar el subinciso **“Pruebas con carga”**.

##### **4.6.4.1 AVR – Tipo SX460**

Se deben comprobar los siguientes puentes en la AVR para asegurar que estén correctamente puestos, correspondiente a la aplicación del grupo electrógeno.

Consultar Fig.Nº23 Para localizar los puentes de selección.

### 1.- Selección de frecuencia

Frecuencia 50 Hz	Puente C-50
Frecuencia 60 Hz	Puente C-60

### 2.- Selección Ajuste a Distancia

No existe potenciómetro para ajuste	Puente 1-2
Se requiere potenciómetro para ajuste a distancia	Eliminar puente 1-2 y conectar El potenciómetro En paralelo con Las clemas 1-2

### 3.- Selección de alimentación

Entrada 220/240V	Sin puente
Entrada 110/120V	Puente 3 y 4

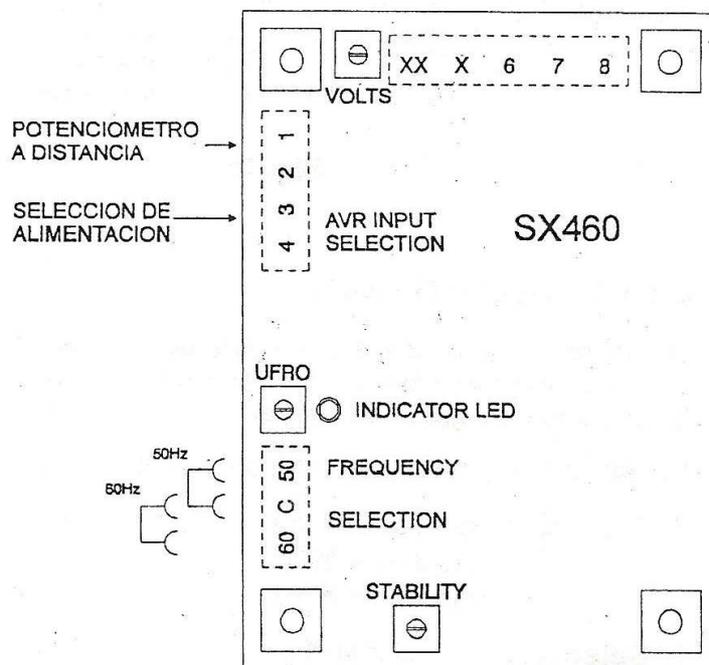


Fig N° 23

#### 4.6.4.2 AVR – Tipo SX440

Se deben asegurar los siguientes puentes en la AVR para asegurar que estén correctamente puestos, correspondiente a la aplicación del grupo electrógeno. Consultar Fig. Para localizar los puentes de selección.

##### 1.- Selección de Frecuencia

Frecuencia 50Hz	Puente C-50
Frecuencia 60 Hz	Puente C- 60

##### 2.- Selección de Estabilidad

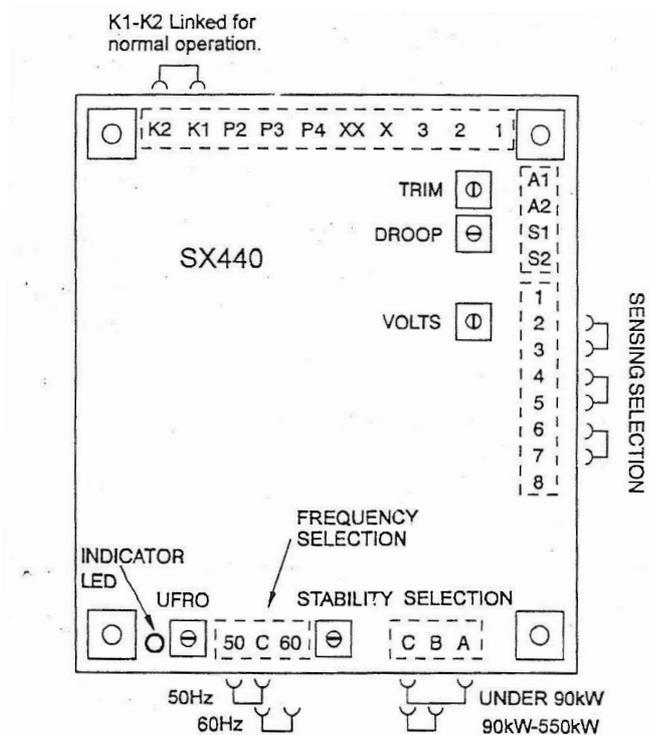
Modelos UC22	Puente A-C
Modelos UC27	Puente B-C

##### 3.- Selección de sensibilidad

Puente 2-4
Puente 4-5
Puente 6-7

##### 4.- Interrupción de Excitación

Puente K1-K2



**Fig N° 24**



#### 4.6.4.4 AVR- Tipo MX341

Se deben comprobar los siguientes puentes en la AVR para asegurar que estén correctamente puestos, correspondiente a la aplicación del grupo electrógeno. Consultar fig. Para localizar los puentes de selección.

##### 1.- Selección de Frecuencia

Frecuencia 50Hz Puente 2-3

Frecuencia 60Hz Puente 1-3

##### 2.- Selección de Estabilidad

Modelos UC22 Puente A-C

Modelos UC27 Puente B-C

##### 3.- Selección de Sensibilidad

Puente 2-3

Puente 4-5

Puente 6-7

##### 4.- Interruptor de Excitación

Puente K1-K2

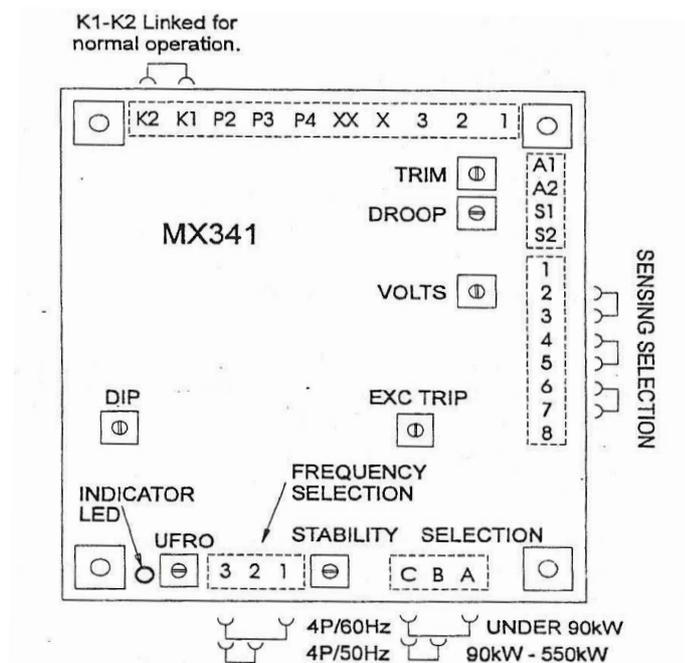


Fig N° 26

#### 4.6.4.5 AVR- Tipo MX321

Se deben comprobar los siguientes puentes en la AVR para asegurar que estén correctamente puestos, correspondiente a la aplicación del grupo electrógeno. Consultar fig. Para localizar los puentes de selección.

##### 1.- Selección de Frecuencia

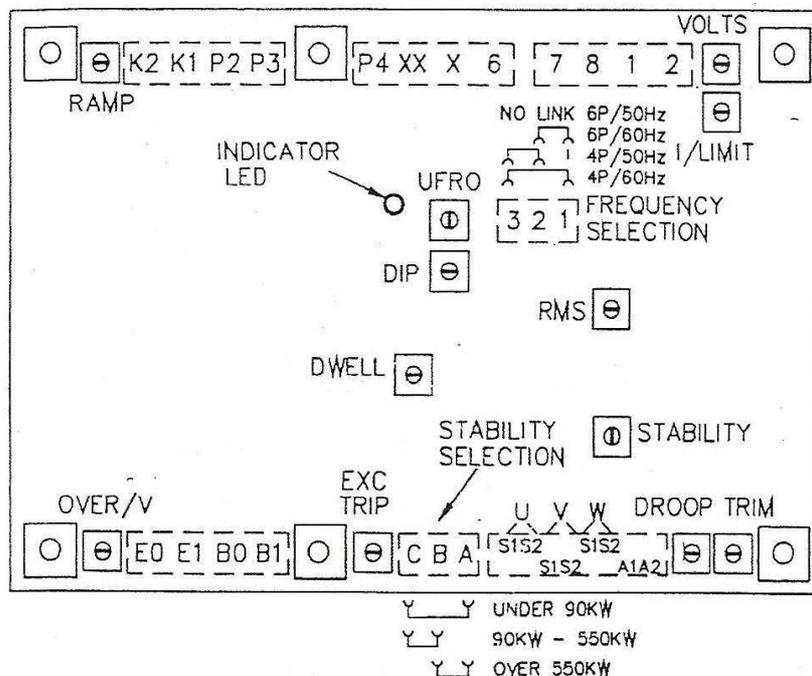
Frecuencia 50Hz	Puente 2-3
Frecuencia 60Hz	Puente 1-3

##### 2.- Selección de Estabilidad

Modelos UC22	Puente A-C
Modelos UC27	Puente B-C

##### 3.- Terminales K1-K2

En caso de que esta opción no fuese instalada, los terminales K1-K2 vendrían puenteados en la regleta auxiliar.



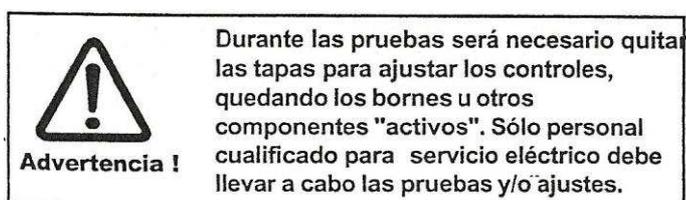
**Fig nº 27**

#### 4.6.5 Sistema de excitación controlada por transformador.

Este sistema de control está identificado por el 5, último dígito de la designación del alternador en la placa de característica.

El control de excitación viene ya ajustado desde fábrica para el voltaje específico indicado en la placa de características, y no requiere otros ajustes.

#### 4.6.6 Pruebas del grupo electrógeno.



##### 4.6.6.1 Medidores y cableado de pruebas.

Conectar cualquier cableado de instrumento que se requiere para las pruebas iniciales con conectores permanentes o con abrazaderas de resorte.

Los instrumentos mínimos para las pruebas deberían ser un voltímetro entre fases o entre fase y neutro, un frecuencímetro, un amperímetro y un vatímetro.

Si se emplea carga reactiva, conviene utilizar un medidor de factor de potencia.

**Importante:** Al utilizar cables de alimentación a fines de pruebas, asegurar que la selección del cable cumpla, por lo menos, con la tensión nominal del propio generador. Las cabezas de los cables de alimentación deben colocarse por encima de las cabezas de los conductores del devanado y sujetadas con la tuerca provista.

##### 4.6.6.2 Arranque inicial.

Después de haber complementado el montaje del grupo electrógeno y antes de arrancarlo, asegurar que todas las pruebas previas al funcionamiento,

recomendadas por el fabricante del motor, se hayan llevado a cabo, y que los ajustes del regulador del motor sean de tal manera que el generador no esté sometido a sobre velocidades mayores del 125% de la velocidad nominal.

**Importante! Una sobre velocidad del generador durante el ajuste inicial del regulador de velocidad puede resultar en daños de los componentes giratorios del generador.**

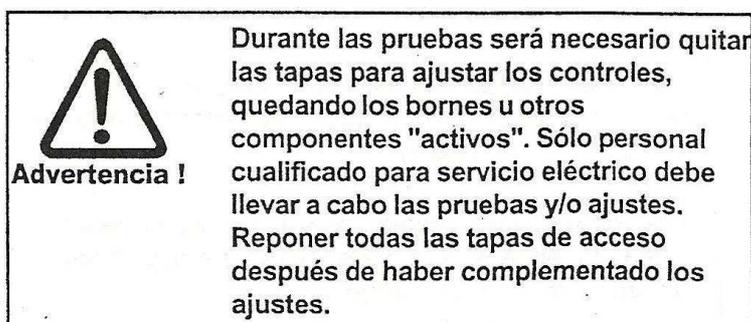
Desmontar adicionalmente la tapa de acceso a la AVR (en los generadores controlados por AVR) y girar el potenciómetro VOLTS completamente sin carga a velocidad nominal. Girar lentamente el potenciómetro VOLTS hacia la derecha hasta llegar a tensión nominal.

**Importante! No deberán aumentar la tensión por encima del voltaje indicado en la placa característica del generador.**

El potenciómetro de ajuste de estabilidad “STABILITY” viene pre ajustado desde fábrica. Un reajuste normalmente no es necesario. Sin embargo, si fuera necesario por oscilación en el voltímetro, consultar la fig. Para localizar el potenciómetro, y proceder como sigue:

- 1.- Operar el grupo en vacío y asegurar que la velocidad sea correcta y estable
- 2.- Girar el potenciómetro de ajuste STABILITY hacia la derecha. Después girarlo lentamente hacia la izquierda hasta que el voltaje empiece a dar señales de inestabilidad. El punto de ajuste fino está ligeramente hacia la derecha de esta posición (es decir, el punto en que el voltaje está justamente estable, lindando la región de inestabilidad).

### 4.6.6.3 Pruebas con carga.



### 4.6.6.4 Generadores controlados por AVR-Ajustes.

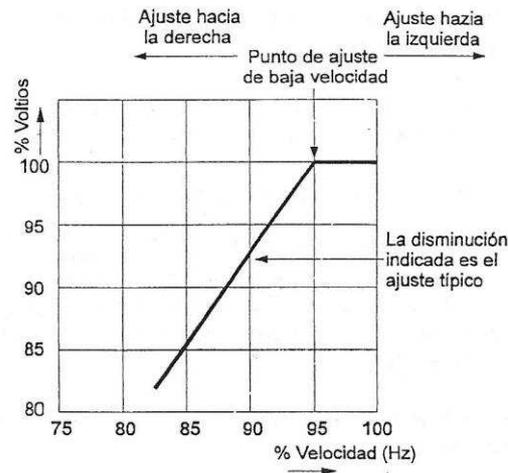
Consultar Fig. 6a – 6e para localizar los potenciómetros de ajuste.

Una vez ajustado VOLTS y ESTABILITY durante el arranque inicial, un ajuste de los demás controles de función normalmente no es necesario sin embargo, si se detecta una pobre regulación con carga, consultar el subinciso a continuación para a) verificar si los síntomas observados indican que un ajuste es necesario, y b) para efectuar el ajuste correctamente.

#### 4.6.6.4.1 UFRO (Atenuación progresiva de subfrecuencia)

**(AVRs tipo SX460, SX440, SX421, MX341 y MX321)**

La AVR lleva incorporado un circuito de protección contra baja velocidad, el cual facilita unas características de voltaje/velocidad (Hz) como ilustrado a continuación:



El potenciómetro de control UFRO ajusta el “punto de baja velocidad”.

Síntomas de un ajuste incorrecto son a) el diodo luminoso(LED) que se encuentra justamente por encima del potenciómetro de control UFRO está permanentemente encendido cuando el generador está con carga, y b) pobre regulación de voltaje con carga, es decir, operando en la región de la disminución indicada en la ilustración anterior.

Un ajuste hacia la derecha reduce el punto de baja velocidad y apaga el LED.

Para un ajuste óptimo, el LED debería iluminarse en cuanto la frecuencia cae justamente por debajo de la frecuencia nominal, es decir, 47 Hz en generadores a 50 Hz ó 57 Hz en generadores a 60 Hz.

**Importante! Sólo AVR's MX341 y MX321. En caso que se ilumine el diodo LED y no haya voltaje de salida, consultar los párrafos referentes a EXC TRIP y/o OVER/V a continuación.**

#### **4.6.6.5 EXC TRIP (Ajuste del nivel de excitación) AVR's tipo MX341 y MX321**

Una AVR alimentada por imán permanente, suministra inherentemente máxima excitación en caso de cortocircuito de fases o fase/neutro, y en caso de fuertes sobrecargas prolongadas. Para proteger los bobinados del generador, la AVR lleva incorporado un circuito de sobreexcitación, el cual detecta alta excitación y la corta después de un tiempo predeterminado, es decir, después de 8-10 segundos.

Síntomas de un ajuste incorrecto se muestran por el colapso de potencia de salida con carga o pequeñas sobrecargas, y por el diodo LED permanentemente iluminado.

El ajuste correcto es de 70 voltios +/- 5% entre los terminales X y XX

#### **4.6.6.6 OVER/V (Sobre-voltaje). AVR's tipo SX421 y MX321.**

Un circuito de protección contra sobre-voltaje está incorporado en la AVR para cortar la excitación del generador en el caso de detectar un fallo en el voltaje de referencia. La MX321 dispone de una interna des-excitación electrónica, así como de una provisión de una señal para operar un interruptor externo.

La SX421 solamente proporciona una señal para operar un interruptor externo, el cual debe ser instalado en cuanto una protección contra sobre-voltaje es requerida.

Un ajuste incorrecto provoca el colapso del voltaje de salida del generador sin carga o al cambiar la carga, y el diodo LED está iluminado.

El ajuste correcto es de 300 voltios +/- 5% entre los terminales E1 y E0. Girando el potenciómetro de ajuste a la derecha aumenta el voltaje en que el circuito opera.

#### 4.6.6.7 Ajustes de conexión de cargas transitorias.

##### AVR Tipo SX421, MX341 Y MX321

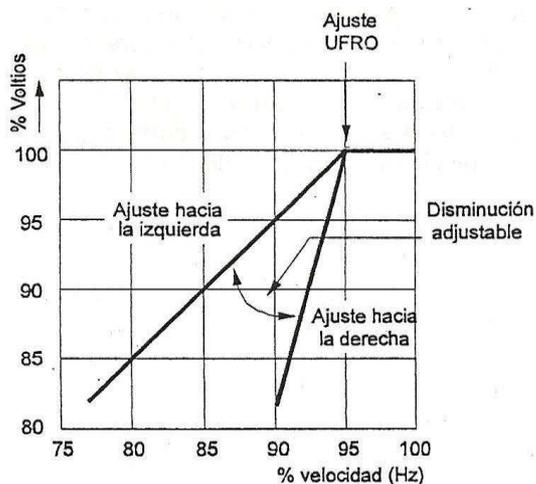
Las funciones adicionales de los controles DIP y DWELL están provistas para optimar la capacidad del grupo electrógeno de aceptar cargas. El comportamiento de todo el grupo depende de la capacidad del motor y la respuesta de su regulador en conjunto con las características del generador.

No es posible ajustar la disminución o la recuperación de tensión independientemente del comportamiento del motor, y siempre habrá un “compromiso” inevitable entre la disminución de la frecuencia y la disminución del voltaje.

##### DIP

##### AVRs tipo SX421, MX341 y MX321

El potenciómetro de control DIP ajusta el nivel de la caída de tensión en proporción a la disminución de la frecuencia cuando la frecuencia cae por debajo del ajuste UFRO, según el gráfico siguiente:



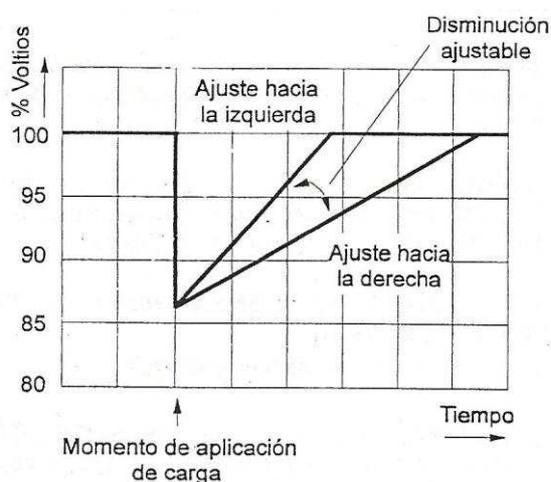
### DWELL AVRs tipo MX321.

La función DWELL incorpora una temporización entre recuperación de voltaje y recuperación de velocidad.

El motivo para esta temporización es de reducir los Kw del generador por debajo de la potencia disponible del motor durante el tiempo de recuperación, y con eso permitir una mejor recuperación de velocidad.

Otra vez, este control solamente funciona por debajo del punto de ajuste UFRO, es decir, si la velocidad está por encima del punto de ajuste UFRO durante la conexión de carga, la función DWELL no tiene efecto.

Un ajuste hacia la derecha incrementa el tiempo de recuperación.



Los gráficos anteriores, solo tienen carácter representativo, ya que es imposible de mostrar los efectos combinados del comportamiento del regulador de voltaje y del regulador de velocidad.

#### **4.6.6.8 RAMPA – AVR tipo MX321**

El potenciómetro RAMPA permite el ajuste del tiempo del incremento gradual de la tensión generada hasta su valor nominal durante cualquier arranque y embalamiento a velocidad nominal. El potenciómetro viene pre-ajustado de fábrica para dar una rampa de 3 segundos. Este tiempo se considera adecuado para la mayoría de las aplicaciones. Sin embargo, el tiempo puede reducirse hasta un segundo girando el potenciómetro completamente hacia la izquierda, y incrementarse hasta ocho segundos girando el potenciómetro completamente hacia la derecha.

#### **4.6.6.9 Generadores controlados por transformador-ajuste del transformador.**

Normalmente, un ajuste no es necesario. En caso de que el voltaje con Y/o sin carga no fuese aceptable, el ajuste de los entrehierros del transformador se efectuaría como descrito a continuación.

Para el generador. Desmontar la caja de protección del transformador (normalmente en la parte izquierda de la caja de bornes, mirando desde el extremo no accionamiento).

Aflojar los tres pernos de montaje del montaje del transformador a lo largo de la parte superior del transformador.

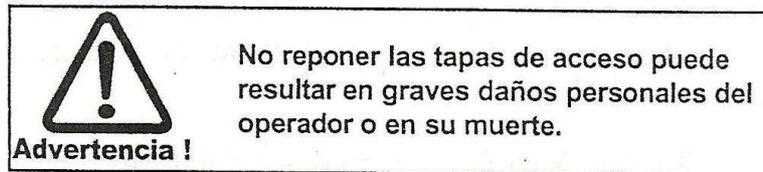
Arrancar el grupo electrógeno con un voltímetro conectado entre los terminales principales de salida.

Ajustar el entrehierro entre la sección de la laminación superior del transformador y las columnas del transformador para obtener el voltaje requerido en vacío. Apretar ligeramente los tres pernos de montaje. Conectar y desconectar la carga dos o tres veces.

La aplicación de carga, normalmente aumenta el voltaje ligeramente. Con la carga desconectada, verificar otra vez el voltaje en vacío.

Reajustar el entrehierro y apretar finalmente los pernos de montaje.

Reponer las tapas de acceso

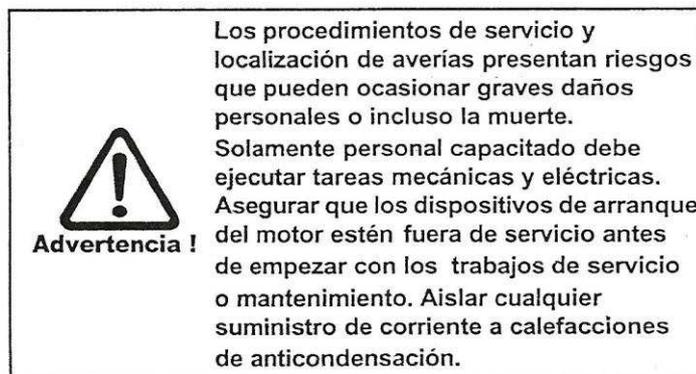


## SECCION 5

### 4.7 Servicio y mantenimiento.

Durante mantenimientos rutinarios, se recomienda una atención periódica al estado de los devanados (en especial cuando los generadores han estado inactivos durante un largo tiempo) y a los cojinetes.

Cuando los generadores están provistos de filtros de aire, se requiere una inspección y mantenimiento periódico de los mismos.



#### **4.7.1 Estado de los devanados.**

Se puede determinar el estado de los devanados midiendo la resistencia de aislamiento a tierra.

La AVR debe estar desconectada durante esta prueba, conectando a masa los hilos del detector de temperatura de la resistencia. Conviene utilizar un megóhmetro de 500 voltios o instrumento similar.

El aislamiento de la resistencia a masa debe estar por encima de 1 megohmio para todos los devanados.

En caso de que la resistencia fuese por debajo de este valor, sería imprescindible secar los devanados del generador.

Se puede llevar a cabo el secado dirigiendo aire caliente procedente de un ventilador calentador o aparato similar a través de las rejillas de entrada y/o salida de aire del generador.

Alternativamente, se pueden cortocircuitar los devanados del estator principal, provocando un cortocircuito total trifásico en los bornes principales con el grupo electrógeno en marcha y la AVR desconectada en los bornes X y XX. Una fuente de corriente continua está entonces conectada a los bornes X (positivo) y XX (negativo). Es preciso que la fuente de corriente continua sea variable entre 0 y 24 voltios y capaz de suministrar 1 Amp. Se requiere un amperímetro de pinzas de C.A. ó similar instrumento para medir la corriente de fase en el devanado.

Ajustar la alimentación de corriente continua a cero. Arrancar el grupo electrógeno e incrementar lentamente la corriente continua para que pase a través del devanado del estator principal. El nivel de corriente no debe exceder la corriente nominal del generador.

Con este método, 30 minutos son normalmente suficientes para secar los bobinados.

**Importante! No se debe provocar el cortocircuito con la AVR conectada en circuito. Corriente en exceso de la nominal del generador causa desperfectos en los devanados.**

Después del secado, las resistencias de aislamiento deben ser comprobadas otra vez para verificar que se haya obtenido el valor mínimo anteriormente mencionado.

Al volver a efectuar la prueba, se recomienda que la resistencia de aislamiento del estator principal sea comprobada como sigue:

Separar los neutros.

Conectar las fases:	Megger contra la fase:
V y W	U
U y W	V
U y V	W

Si no se obtuviera el valor mínimo de 1 megohmio, sería preciso continuar con el proceso de secado y repetir la prueba.

#### **4.7.2 Cojinetes.**

Todos los cojinetes son de engrase permanente para un funcionamiento libre de mantenimiento. Sin embargo, se recomienda comprobar periódicamente si se recalienta los cojinetes o si producen excesivo ruido durante su funcionamiento útil. En caso de verificar vibraciones excesivas después de un cierto tiempo, esto sería debido al desgaste del cojinete – en cuyo caso

conviene examinarlo por desperfectos o pérdida de grasa, y reemplazarlo si fuese necesario.

En cualquier caso los cojinetes deben ser reemplazados después de 40.000 horas de funcionamiento.

**Importante! La vida de los cojinetes depende de las condiciones de funcionamiento y de ambiente.**

**Importante! Largos períodos sin funcionamiento en condiciones sujetos a vibraciones, pueden resultar en que los cojinetes se aplanen. Ambientes muy húmedos pueden resultar en que se emulsione la grasa causando corrosión.**

**Importante! Altas vibraciones axiales del motor o mal alineación del grupo electrógeno fuerzan los cojinetes.**

#### **4.7.3 Filtros de aire.**

Los intervalos para el mantenimiento de los filtros dependen de la severidad de las condiciones de trabajo. Inspecciones regulares son necesarias para determinar su limpieza.



El desmontaje del filtro habilita el acceso a PARTES BAJO TENSION. Solamente desmontar los filtros con el grupo electrógeno fuera de servicio.

#### **4.7.3.1 Procedimiento de limpieza.**

Desmontar los filtros y sumergirlos o lavarlos con abundancia hasta que estén limpios, empleando un detergente adecuado.

Secar los filtros antes de su remontaje.

#### **4.7.4 Localización de averías.**

**Importante! Antes de empezar con cualquier procedimiento de localización de averías, examinar todos los cables por posibles conexiones cortadas o sueltas.**

Se puede instalar cuatro sistemas de control de excitación en los generadores que comprenden el presente manual, implicando cuatro distintos tipos de AVR's. Estos sistemas pueden ser identificados por la AVR instalada y el último dígito en la designación del tipo de generador.

Consultar la placa característica del generador para proceder luego con el correspondiente subinciso indicado a continuación:

DIGITO	EXCITACIÓN	SUBINCISO
6	SX460 AVR	4.7.4.1
4	SX440 AVR	4.7.4.2
4	SX421 AVR	4.7.4.3
5	Control por transformador	4.7.4.4
3	MX341 AVR	4.7.4.5
3	MX321 AVR	4.7.4.6

#### 4.7.4.1 LOCALIZACION DE AVERIAS: AVR SX460

**Tabla N° 7**

No se genera voltaje al arrancar el grupo electrógeno	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Comprobar velocidad</li><li>2. Comprobar voltaje residual.</li><li>3. Proceder con la prueba de excitación por fuente ajena para verificar el generador y la AVR</li></ol>
Voltaje inestable, tanto con cómo sin carga	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Comprobar estabilidad de la velocidad</li><li>2. Comprobar el ajuste de estabilidad Consultar inciso 4.6.6.2</li></ol>
Voltaje alto, tanto con cómo sin carga	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Comprobar velocidad</li><li>2. Comprobar que la carga del generador no sea capacitiva (factor de potencia avanzado)</li></ol>
Voltaje bajo, sin carga	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Comprobar velocidad</li><li>2. Comprobar continuidad en puente potenciómetro para ajuste a distancia</li></ol>
Voltaje bajo, con carga	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Comprobar velocidad</li><li>2. Comprobar el ajuste del potenciómetro "UFRO". Consultar inciso 4.6.6.4.1.</li><li>3. Proceder con la prueba de excitación por fuente ajena para verificar el generador y la AVR. Consultar inciso 4.7.6</li></ol>

#### 4.7.4.2 Localización de averías AVR SX440.

**Tabla N° 8**

No se genera voltaje al arrancar el grupo electrógeno	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Comprobar puente K1-K2 en la AVR.</li><li>2. Comprobar velocidad.</li><li>3. Comprobar voltaje residual. Consultar inciso 4.7.5.</li><li>4. Proceder con la prueba de excitación por fuente ajena para verificar el generador y la AVR. Consultar inciso 4.7.6</li></ol>
Voltaje inestable, tanto con cómo sin carga	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Comprobar estabilidad de la velocidad</li><li>2. Comprobar el ajuste de estabilidad Consultar inciso 4.6.6.2</li></ol>
Voltaje alto, tanto con cómo sin carga	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Comprobar velocidad</li><li>2. Comprobar que la carga del generador no sea capacitiva ( factor de potencia Avanzado).</li></ol>
Voltaje bajo, sin carga	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Comprobar velocidad</li><li>2. Comprobar continuidad en puente entre terminales 1 y 2 o en hilos del potenciómetro para ajuste a distancia.</li></ol>
Voltaje bajo, con carga	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Comprobar velocidad</li><li>2. Comprobar el ajuste del potenciómetro "UFRO". Consultar subinciso 4.6.6.4.1</li><li>3. Proceder con la prueba de excitación por fuente ajena para verificar el generador y la AVR. Consultar inciso 4.7.6</li></ol>

### 4.7.4.3 Localización de averías. AVR SX421

**Tabla N° 9**

No se genera voltaje al arrancar el grupo electrógeno	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Comprobar que el interruptor de excitación esté en posición ON.</li> <li>2. Comprobar velocidad</li> <li>3. Comprobar voltaje residual Consultar subinciso 4.7.5.</li> <li>4. Proceder con la prueba de excitación por fuente ajena para verificar el generador y la AVR. Consultar inciso 4.7.6</li> </ol>
Voltaje inestable, tanto con cómo sin carga	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Comprobar estabilidad de la velocidad</li> <li>2. Comprobar el ajuste de estabilidad Consultar subinciso 4.6.6.2</li> </ol>
Voltaje alto, tanto con cómo sin carga	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Comprobar velocidad</li> <li>2. Comprobar continuidad en puente entre terminales 1 y 2 o en hilos del potenciómetro para ajuste a distancia.</li> <li>3. comprobar continuidad en hilos 7-8 y P3-P2.</li> <li>4. Comprobar que la carga del generador no sea capacitiva (Factor de potencia avanzado)</li> </ol>
Voltaje bajo, sin carga	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Comprobar velocidad</li> <li>2. Comprobar continuidad en puente entre terminales 1 y 2 o en hilos del potenciómetro para ajuste a distancia.</li> </ol>
Voltaje bajo, con carga	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Comprobar velocidad</li> <li>2. Comprobar el ajuste del potenciómetro "UFRO". Consultar subinciso 4.6.6.4.1.</li> <li>3. Proceder con la prueba de excitación por fuente ajena para verificar el generador y la AVR. Consultar inciso 4.7.6</li> </ol>
Excesiva caída de voltaje/velocidad al conectar carga	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Comprobar respuesta del regulador del Motor. Consultar manual del grupo eléctrico</li> <li>2. Comprobar el ajuste del potenciómetro "DIP". Consultar subinciso 4.6.6.7</li> </ol>

#### 4.7.4.4 Localización de averías. Control por transformador.

**Tabla N° 10**

No se genera voltaje al arrancar el grupo electrógeno	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Comprobar los rectificadores del transformador.</li><li>2. Comprobar que el bobinado secundario del transformador no esté en circuito abierto.</li></ol>
Voltaje bajo	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Comprobar velocidad</li><li>2. Comprobar el ajuste de los entrehierros del transformador.</li></ol> <p>Consultar subinciso 4.6.6.9</p>
Voltaje alto	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Comprobar velocidad</li><li>2. Comprobar el ajuste de los entrehierros del transformador.</li><li>3. Comprobar el bobinado secundario del transformador por espiras cortocircuitadas</li></ol>
Excesiva caída de Voltaje con carga	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Comprobar caída de velocidad con carga</li><li>2.- Comprobar rectificadores del transformador</li><li>3. Comprobar el ajuste de los entrehierros del transformador.</li></ol> <p>Consultar subinciso 4.6.6.9</p>

#### 4.7.4.5 Localización de averías. AVR MX341

**Tabla N° 11**

No se genera voltaje al arrancar el grupo electrógeno	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Comprobar puente K1-K2 en la AVR</li> <li>2. Proceder con la prueba de excitación por fuente ajena para verificar el generador y la AVR. Consultar subinciso 4.7.6</li> <li>3. Proceder con la prueba de excitación por fuente ajena para verificar el generador y la AVR.</li> </ol>
Perdida de voltaje con el grupo electrógeno en marcha	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Primero parar y volver a arrancar el grupo. Si no se genera voltaje o el voltaje colapsa después de poco tiempo, proceder con la prueba de excitación por fuente ajena. Consultar subinciso 4.7.6</li> </ol>
Voltaje alto, colapsando posteriormente	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Comprobar los hilos de detección de voltaje hacia la AVR. Consultar procedimiento para la prueba de excitación por fuente ajena, subinciso 4.7.6</li> </ol>
Voltaje inestable, tanto con cómo sin carga	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Comprobar estabilidad de velocidad</li> <li>2. Comprobar el ajuste del potenciómetro "STAB".</li> <li>3. Consultar procedimiento para pruebas con carga, subinciso 4.6.6.3.</li> </ol>
Voltaje bajo, con carga	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Comprobar velocidad.</li> <li>2. Si la velocidad es correcta, comprobar el Ajuste del potenciómetro "UFRO". Consultar subinciso 4.6.6.4.1.</li> </ol>
Excesiva caída de Voltaje/velocidad al conectar carga	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Comprobar respuesta del regulador del motor. Consultar manual del grupo Electrógeno.</li> <li>2. Comprobar el ajuste del potenciómetro "DIP". Consultar subinciso 4.6.6.7</li> </ol>
Recuperación lenta al conectar carga	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Comprobar respuesta del regulador del Motor. Consultar el manual del grupo Electrógeno.</li> </ol>

#### 4.7.4.6 Localización de averías. AVR MX321

**Tabla N° 12**

No se genera voltaje al arrancar el grupo electrógeno	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Comprobar puente K1-k2 en la AVR.</li> <li>2. Consultar procedimiento para la prueba de excitación por fuente ajena (4.7.6)</li> </ol>
El voltaje se incrementa muy lento	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Comprobar el ajuste del potenciómetro RAMP. Consultar subinciso 4.6.6.8</li> </ol>
Pérdida de voltaje con el grupo electrógeno en marcha.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Primero parar y volver a arrancar el Grupo. Si no se genera voltaje o el voltaje colapsa después de poco tiempo, proceder con la prueba de excitación por fuente ajena, subinciso 4.7.6</li> </ol>
Voltaje alto colapsando posteriormente	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Comprobar los hilos de detección de Voltaje hacia la AVR. Consultar procedimiento para la prueba de excitación por Fuente ajena. Subinciso 4.7.6</li> </ol>
Voltaje inestable, tanto con como sin carga	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Comprobar estabilidad de velocidad.</li> <li>2. Comprobar el ajuste del potenciómetro "STAB".</li> <li>3. Consultar procedimiento para pruebas con carga, subinciso 4.6.6.3</li> </ol>
Voltaje bajo, con carga	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Comprobar velocidad.</li> <li>2. Si la velocidad es correcta, comprobar el ajuste del potenciómetro "UFRO". Consultar subinciso 4.6.6.4.1.</li> </ol>
Excesiva, caída de voltaje/velocidad al conectar carga	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Comprobar respuesta del regulador del Motor. Consultar el manual del grupo Electrónico.</li> <li>2. Comprobar el ajuste del potenciómetro "DIP". Consultar subinciso 4.6.6.7</li> </ol>
Recuperación lenta al conectar carga	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Comprobar respuesta del regulador del Motor. Consultar el manual del grupo Electrónico. Comprobar el ajuste del potenciómetro "DIP". Consultar subinciso 4.6.6.7</li> </ol>

#### 4.7.5 Comprobación de voltaje residual.

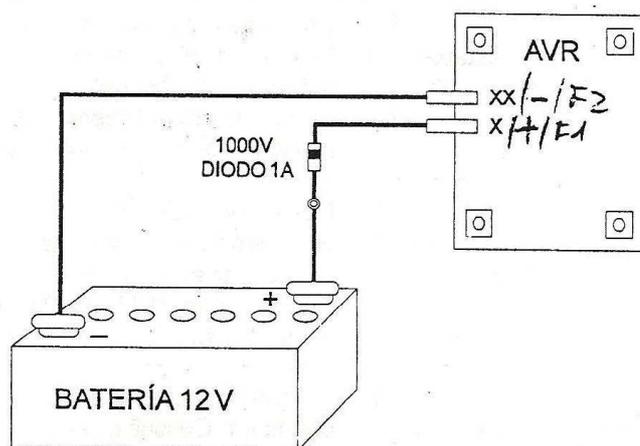
Este procedimiento es aplicable a generadores con AVR's SX460, SX440 o SX421.

Con el grupo electrógeno parado, quitar la tapa de acceso a la AVR y desconectar los hilos X y XX de la AVR.

Poner en marcha el grupo y medir el voltaje entre los terminales 7-8 del AVR SX460, o terminales P2-P3 de los AVR's SX440 o SX421.

Parar el grupo y reconectar los hilos X y XX en los terminales en los terminales del AVR. Si el voltaje medido es superior a 5V el generador debe funcionar de manera normal. Si el voltaje medido es inferior a 5V, proceder como sigue. Empleando una batería de 12 voltios, se conecta el borne negativo de la batería a la terminal XX, y el borne positivo de la batería a través de un diodo de un solo paso a la terminal X. ver figura a continuación:

**Importante! En caso de utilizar la batería, se debe desconectar el neutro del estator principal del generador de tierra.**



**Importante! El no interconectar el diodo de bloqueo, tal como se muestra en el dibujo, resulta en la destrucción de la AVR**

Volver a arrancar el grupo y observar el voltaje de salida del estator principal que debería estar alrededor de su valor nominal, o el voltaje entre terminales 7 y 8 en la AVR SX460, o entre terminales P2 y P3 en las AVRs SX440 y SX421 que debería estar entre 170 y 250 voltios.

Parar el grupo y desconectar la batería de los terminales X y XX. Volver a arrancar el grupo. El generador ahora debería funcionar normalmente.

Si no se genera voltaje, se puede suponer que existe un fallo en el generador o en la AVR. Proceder con el procedimiento de excitación por fuente ajena para comprobar los devanados del generador, los diodos giratorios y la AVR.

#### **4.7.6 Prueba de excitación por fuente ajena.**

Empleando esta prueba se pueden comprobar los devanados del generador, los diodos giratorios y la AVR. La prueba se simplifica dividiéndola en dos partes, es decir:

##### **4.7.6.1 Devanados del generador, diodos giratorios e imán permanente (PMG).**

Importante! Los valores de resistencia indicados se refieren a un devanado estándar.

Consultar fábrica para generadores con un devanado o voltaje diferente. Asegurar que todos los hilos desconectados sean aislados y sin contacto a tierra.

Importante! Ajustes incorrectos de velocidad resultan en un error proporcional del voltaje de salida.

### **Comprobación del imán permanente**

Arrancar el grupo y hacerlo operar a velocidad nominal.

Medir el voltaje en los terminales P2, P3 de la AVR. Este voltaje debe estar equilibrado y dentro de los siguientes valores:

Generadores a 50Hz - 170V – 180V

Generadores a 60Hz - 200V – 216V

Si los voltajes están desequilibrados, para el grupo, desmontar el sombrerete del PMG en el soporte final del extremo no accionamiento y desconectar el PMG. Comprobar los hilos P2, P3 y P4 por continuidad. Medir las resistencias del estator del PMG entre los hilos de salida. Estas deben estar equilibradas y entre 2,3ohmios +/- 10%. Si las resistencias están desequilibradas y/o incorrectas, se debe cambiar el estator del PMG. Si el voltaje está equilibrado pero bajo y las resistencias del bobinado del estator de PMG están correctas, se debe cambiar el rotor del PMG.

### **Comprobación de los devanados del generador y diodos giratorios**

Esta prueba se realiza con los hilos X y XX desconectados de la AVR o del puente rectificador del transformador, empleando una fuente de 12V c.c. a los hilos X+ y XX-.

Arrancar el grupo y hacerlo operar a velocidad nominal.

Medir el voltaje en los bornes principales de salida U, V y W. Si el voltaje está equilibrado dentro de un límite del +/- 10% del voltaje nominal del generador, consultar subinciso 4.7.6.2

Comprobar el voltaje en los terminales 6,7 y 8 de la AVR. Este voltaje debería estar equilibrado y entre 170 y 250 voltios.

Si el voltaje en los bornes principales está equilibrado pero en los terminales 6,6 y 8 desequilibrado, comprobar los hilos 6,7 y 8 por continuidad. En el caso de un generador con la AVR MX321 que lleva instalado un transformador de aislamiento, comprobar el bobinado de dicho transformador. Si el transformador está averiado, se debe cambiarlo.

Si los voltajes están desequilibrados, consultar subinciso 4.7.6.3.

#### **4.7.6.2 Voltaje equilibrado en bornes principales.**

Si todos los voltajes están equilibrados dentro de un límite del 1% en los bornes principales, se puede suponer que todos los devanados de excitación, devanados principales y diodos giratorios se encuentran en buen estado. Por lo tanto, el fallo debe estar en la AVR o en el control por transformador. Para prueba, consultar subinciso 4.7.7

Si el voltaje está equilibrado pero bajo, debe haber un fallo en los devanados principales de excitación o en el conjunto de los diodos giratorios. Proceder como sigue para su identificación:

#### **Diodos giratorios**

Los diodos en el conjunto rectificador principal se pueden comprobar con un multímetro. Los hilos flexibles conectados a cada diodo deben ser desconectados en el extremo del terminal y se debe medir la resistencia positiva y reversa. Un diodo en buen estado indicará una resistencia infinita en dirección inversa, y una resistencia baja en dirección positiva. Un diodo defectuoso indicara una desviación completa en ambos sentidos con la escala del multímetro en 10.000 ohmios, o una resistencia infinita en ambos sentidos.

Con un medidor electrónico digital, el diodo en buen estado indicará una lectura baja en un sentido y una lectura alta en el sentido opuesto.

### **Cambio de diodos defectuosos**

El conjunto rectificador está dividido en dos placas, la positiva y la reversa, y el rotor principal está conectado en paralelo con estas placas. Cada placa lleva tres diodos; la negativa lleva los diodos inversos y la positiva lleva los diodos positivos. Al montar los diodos se debe respetar la polaridad. Así como, es preciso apretarlos sin pasarse, pero lo suficiente para garantizar un buen contacto mecánico y eléctrico a la placa. La presión de apriete recomendada es de 4.06 – 4.74 Nm.

### **Supresor de Cresta (Varistor)**

El supresor de cresta es un varistor de óxido metálico y está conectado a los extremos de las dos placas rectificadoras para evitar que altos voltajes transitorios inversos del devanado de inducción causen desperfectos en los diodos. Este dispositivo no tiene polaridad y muestra una lectura virtualmente infinita en ambos sentidos, empleando un medidor de resistencias ordinario. En caso de que se encontrara defectuoso, lo que normalmente es visible al comprobarlo ya que acusa cortocircuito y muestra señales de desintegración, es preciso reemplazarlo.

### **Devanados Principales de Excitación**

Si, después de haber encontrado y corregido cualquier fallo en el conjunto rectificador, la salida del generador sigue siendo baja durante la excitación por fuente ajena, entonces se deben comprobar las resistencias de los devanados

del rotor principal, estator y rotor de excitación, ya que el fallo debe estar en uno de estos devanados (ver tabla de resistencias).

La resistencia del estator de excitación se mide en los hilos X y XX. El rotor de excitación está conectado a 6 tornillos de contacto, así como a los terminales de los hilos procedentes de los diodos. El devanado principal del rotor está conectado a las dos placas rectificadoras. Antes de medir, deben desconectarse los hilos respectivos.

Los valores de resistencias deben estar dentro de un límite de +/- 10% de los valores indicados en la tabla a continuación:

**Tabla N° 13**

MODELO	ROTOR	ESTATOR DE EXCITACIÓN			ROTOR DE
	PRINCIPAL	TIPO 1	TIPO 2	TIPO 3	EXCITACIÓN
UC22C	0.59	21	28	138	0.142
UC22D	0.64	21	28	138	0.142
UC22E	0.69	20	30	155	0.156
UC22F	0.83	20	30	155	0.156
UC22G	0.94	20	30	155	0.156
UC27C	1.14	20			0.156
UC27D	1.25	20			0.156
UC27E	1.4	20			0.182
UC27F	1.6	20			0.182
UC27G	1.76	20			0.182
UC27H	1.92	20			0.182
UC27J	2.2	20			0.182

- \*Utilizado con generadores monofásicos o trifásicos controlados por transformador monofásico
- \*\*Utilizado con generadores trifásicos controlados por transformador trifásico

#### 4.7.6.3 Voltaje desequilibrado en bornes principales.

Voltajes desequilibrados indican un fallo en el devanado del estator principal o en los cables principales hacia el interruptor.

NOTA: Un fallo en el devanado del estator o en los cables resultará también en un notable aumento de carga sobre el motor al aplicar excitación.

Desconectar los cables principales y separar los conductores del devanado U1-U2, U5-U6, V1-V2, V5-V6, W1-W2, y W5-W6 con el fin de aislar cada sección del devanado (U1-L1, U2-L4 en generadores monofásicos).

Medir la resistencia en cada sección. Los valores deben ser equilibrados y dentro del límite de +/- 10% de los valores indicados a continuación:

**Tabla N° 14**

GENERADORES CONTROLADOS POR AVR				
	RESISTENCIAS DE SECCION			
Modelo	Devanado 311	Devanado 17	Devanado 5	Devanado 6
UC22C	0.09	0,14	0.045	0.03
UC22D	0.065	0.1	0.033	0.025
UC22E	0.05	0.075	0,028	0.02
UC22F	0.033	0.051	0.018	0.012
UC22G	0.028	0.043	0.014	0.156
UC27C	0.03	0.044		
UC27D	0.023	0.032		
UC27E	0.016	0.025		
UC27F	0.012	0.019		
UC27G	0.011	0.013		
UC27H	0.08	0.014		
UC27J	0.07	0.012		

**Tabla N° 15**

GENERADORES CONTROLADOS POR TRANSFORMADORES					
MODELO	RESISTENCIAS DE SECCIÓN, DEVANADOS TRIFASICOS				
	380V	400V	415V	416V	460V
	50HZ	50HZ	50HZ	60HZ	60HZ
UC22C	0.059	0.078	0.082	0.055	0.059
UC22D	0.054	0.056	0.057	0.049	0.054
UC22E	0.041	0.05	0.053	0.038	0.041
UC22F	0.031	0.031	0.033	0.025	0.031
UC22G	0.022	0.026	0.028	0.021	0.022

Medir la resistencia de aislamiento entre secciones y entre cada sección y tierra.

Una resistencia del devanado desequilibrado o incorrecto y/o baja resistencia de aislamiento a tierra indica la necesidad de rebobinar el estator. Consultar subinciso 4.7.7.3 para desmontaje y reemplazamiento de conjuntos de componentes.

#### **4.7.7 Prueba de control de excitación.**

##### **4.7.7.1 Prueba de funcionamiento de la AVR.**

Todas las AVRs pueden comprobarse con el procedimiento siguiente:

1. Desconectar los hilos X y XX (F1 y F2) procedente del campo de excitación de los terminales X y XX (F1 y F2) de la AVR.

2. Conectar una lámpara de uso doméstico de 60W 240V a los terminales X y XX (F1 y F2) de la AVR.
3. Girar el potenciómetro VOLTS de la AVR completamente en sentido de reloj.
4. Alimentar los hilos X y XX (F1 y F2) del campo de excitación con 12Vc.c.,1A. X(F1) es de polaridad positivo.
5. Poner el grupo en marcha a velocidad nominal.
6. Comprobar que el voltaje de salida del generador se encuentre dentro de un límite del +/- 10% del voltaje nominal.

El voltaje en los terminales 7-8 de la AVR SX460 o en P2-P3 de la AVR SX440 o SX421 debe estar entre 170 y 250 Voltios. Si el voltaje de salida es correcto, pero el voltaje en los terminales 7-8 (o P2-P3) es bajo, comprobar los hilos auxiliares y conexiones a los bornes principales.

El voltaje en los terminales P2-P3 de las AVRs MX341 y MX321 debe estar como indicado en el subinciso 4.7.7.1

La lámpara conectada a X y XX debería iluminar continuamente en cuanto a las AVRs SX460, SX440, y SX421. En cuanto a las AVRs MX341 y MX321, la lámpara debe iluminar aproximadamente para 8 segundos y después apagarse. En caso de que no se apagase debería ser reemplazada la AVR, ya que existe una avería en su circuito de protección.

Girar el potenciómetro “VOLTS” completamente hacia la izquierda debe resultar en que se apaga la lámpara con respecto a todas las AVRs.

Si la lámpara no ilumina, la AVR está averiada y debe ser reemplazada.

**Importante! Después de esta prueba, girar el potenciómetro Volt  
Completamente hacia la izquierda**

#### **4.7.7.2 Control por transformador.**

El conjunto rectificador del transformador solamente puede verificarse por continuidad, pruebas de resistencia y mediciones del aislamiento de resistencia.

##### **Transformador monofásico**

Separar los conductores primarios T1-T2-T3-T4 y conductores secundarios 10 y 11. Examinar los devanados por daños. Medir resistencia entre T1-T2 y T3-T4. Los valores serán bajos pero equilibrados. Comprobar que la resistencia entre hilos 10 y 11 este en un régimen de 5 ohmios. Comprobar el aislamiento de resistencia de cada sección del devanado a tierra y entre secciones. Un aislamiento de resistencia bajo, resistencias primarias de devanado desequilibradas, secciones de devanados en circuito abierto o en cortocircuito indican que el conjunto transformador debe ser reemplazado.

##### **Transformador trifásico**

Separar los conductores primarios T1-T2-T3 y conductores secundarios 6-7-8 y 10-11-12.

Examinar los devanados por daños. Medir resistencia entre T1-T2, T2-T3 y T3-T1. Los valores serán bajos pero equilibrados.

Comprobar que las resistencias entre 6-10, 7-11 y 8-12 estén equilibradas y en un régimen de 18 ohmios.

Comprobar el aislamiento de resistencia de cada sección del devanado a tierra y entre secciones.

Un aislamiento de resistencia bajo, primarias o secundarias resistencias de devanados desequilibradas, secciones de devanados en circuito abierto o en cortocircuito indican que el conjunto transformador debe ser reemplazado.

### **Conjunto Rectificador Trifásico y Monofásico.**

Con los hilos 10, 11,12 –X y XX desconectados del conjunto rectificador (el hilo 12 no existe en conjuntos monofásicos), comprobar con un multímetro las resistencias positivas e inversas entre terminales 10-X, 11-X, 12-X, 10-XX, 11-XX y 12-XX.

La lectura debe resultar en una baja resistencia positiva y alta resistencia inversa. En caso de que no fuese así, el conjunto debería ser reemplazado.

#### **4.7.7.3 Desmontaje e instalación de conjuntos de componentes.**

SE EMPLEAN ROSCAS METRICAS EN TODOS LOS COMPONENTES

**Precaución! Cuando se elevan generadores de un solo cojinete, es preciso**

**Asegurar que el generador se mantenga en una posición Horizontal. El rotor gira libremente en el bastidor y puede Deslizarse hacia fuera si no se eleva el generador Correctamente. Una elevación incorrecta puede resultar en graves daños Personales.**

#### **4.7.7.4 Desmontaje del imán permanente (PMG)**

- 1.- Quitar los cuatro tornillos que sujetan el sombrerete metálico en el extremo no accionamiento y retirarlo.
- 2.- Desconectar el conector de línea del PMG (3 conductores van a este conector. Será necesario quitar primero el lazo de nilón que ata los conductores.

3.- Retirar los cuatro espárragos de fijación y sujetadores del estator del PMG en el soporte final.

4.- Golpear suavemente el estator fuera de las cuatro espigas. El rotor altamente magnético atraerá el estator. Tener cuidado para evitar el contacto ya que esto puede dañar los devanados.

5.- Quitar el perno en el centro del eje rotor y extraer el rotor. Es posible que sea necesario golpear ligeramente hacia afuera dicho rotor. Asegurar que los golpes sean verdaderamente suaves y uniformes, ya que el rotor tiene imanes cerámicos que pueden quebrarse fácilmente.

**Importante! El conjunto del rotor no se debe desmontar.**

El montaje/reemplazamiento se realiza invirtiendo los pasos del desmontaje.

#### **4.7.7.5 Desmontaje de cojinetes.**

Importante! Antes de separar un generador del motor, posicionar el rotor Principal de manera que en una cara polar completa de su Núcleo indique hacia abajo.

NOTA: El desmontaje de los cojinetes puede llevarse a cabo después de haber extraído el conjunto rotor, O MAS SIMPLE, desmontaje el escudo/soporte final. Consultar subincisos 4.7.7.6 y 4.7.7.7

Los cojinetes vienen con engrase permanente.

Los cojinetes están montados a presión y pueden extraer del eje con extractores manuales o hidráulicos de 3 o 4 garras.

### **Solamente generadores de un solo cojinete:**

Antes de extraer el cojinete, se debe quitar el pequeño fijador circular que lo retiene.

Al montar nuevos cojinetes, emplear un calentador para dilatarlos antes del montaje.

Golpear suavemente el cojinete en su posición, asegurando que entre en contacto con el reborde del eje.

Reponer el fijador circular de retención en los generadores de un solo cojinete.

#### **4.7.7.6 Desmontaje del soporte/escudo final y estator final de excitación.**

- 1.- Desconectar los hilos de la excitatriz X+ y XX- de la AVR.
- 2.- Aflojar los 4 tornillos (2 en cada lado) situados en la línea central del eje que sujetan la caja de bornes.
- 3.- Desmontar la orejeta de izar en el extremo no accionamiento, quitando los dos tornillos que lo sujetan.
- 4.- Desmontar el sombrerete metálico (4 tornillos) del imán permanente en su caso, o desmontar la tapa cilíndrica de poca profundidad en el extremo no accionamiento.
- 5.- Retirar completamente la caja de bornes y su soporte del soporte/escudo final.
- 6.- Quitar los 6 tornillos que sujetan el soporte/escudo final al conjunto de barra del estator. El soporte/escudo final ahora está listo para ser retirado.
- 7.- Remontar la orejeta de izar al soporte/escudo final para poder elevar el soporte posteriormente con un polipasto.

8.- Golpear ligeramente el soporte/escudo final alrededor de su perímetro para liberarlo del generador. El soporte/escudo final y el estator de excitación serán extraídos conjuntamente.

9.- Quitar los 4 tornillos que sujetan el estator de excitación al soporte/escudo final. Golpear ligeramente el estator de excitación para liberarlo.

#### **4.7.7.7 Desmontaje del conjunto rotor.**

Desmontar el PMG según indicado en el subinciso 4.7.7.4 o desmontar la tapa cilíndrica en el extremo no accionamiento.

**Precaución! En generadores de un solo cojinete, con el PMG desmontado, el rotor puede girar libremente en el bastidor. Asegurar que él se mantenga en posición horizontal al elevarlo.**

#### **Generadores de dos cojinetes.**

1.- Quitar los 2 tornillos que sujetan la protección metálica alrededor de la brida en el lado accionamiento y retirarla.

2.- Quitar los tornillos que sujetan la brida al soporte/escudo delantero en el accionamiento.

3.- Retirar la brida. Puede ser preciso suspender la brida dependiendo de su tamaño y peso.

4.- Desmontar las rejillas de pantalla o, en su caso, las rejillas de anti-goteo en ambos lados en el extremo accionamiento.

Ahora se debe asegurar que el rotor esté posicionado de manera que una cara polar completa de su núcleo indique hacia abajo.

Esto es necesario para evitar daños a la excitatriz o devanado del rotor, limitando el posible movimiento descendente del rotor hacia el entrehierro.

5.- Quitar los 6 tornillos que sujetan el soporte/escudo delantero en el lado accionamiento al anillo de la brida. Las cabezas de los tornillos se deben posicionar de cara hacia el extremo no accionamiento. El tornillo superior debe pasar a través del orificio céntrico de la orejeta de izar.

6.- Golpear suavemente el soporte/escudo delantero del lado accionamiento hacia fuera y retirarlo.

7.- Asegurar que el rotor esté suspendido en el extremo accionamiento.

8.- Golpear suavemente el rotor desde el lado no accionamiento para expulsar el cojinete fuera del soporte/escudo final y de su posición dentro del aro tórico.

9.- Continuar empujando hacia afuera el rotor, separándolo así del orificio interior del estator. Se debe asegurar que esté en todo momento totalmente sostenido.

### **Generadores de un solo cojinete.**

1.- Retirar tornillos, rejillas de pantalla o, en su caso, las rejillas de anti goteo en ambos lados de la brida del extremo accionamiento.

2.- Solo modelos UCI224, UCI274, UCM224, UCM274, UCD274

Quitar los 6 tornillos que sujetan la brida en el extremo accionamiento. Puede ser necesario suspender la brida con un polipasto. Posicionar las cabezas de

los tornillos de cara hacia el extremo no accionamiento. El tornillo superior pasa a través del orificio céntrico de la orejeta de izar.

2a.- SOLO modelo UCD224

Quitar los 6 tornillos que sujetan la brida en el extremo accionamiento. Puede ser necesario suspender la brida con un polipasto.

3.- SOLO modelo UCI224, UCI274, UCM224, UCM274, UCD274

Golpear suavemente la brida apartándola del anillo de adaptación del conjunto de barra del estator.

3a.- SOLO modelo UCD224

Golpear suavemente la brida, apartándola del conjunto de barra del estator.

#### **TODOS LOS GENERADORES DE UN SOLO COJINETE**

4.- Asegurar que el rotor sea suspendido en el extremo accionamiento.

5.- Golpear suavemente el rotor desde el lado no accionamiento para expulsar el cojinete fuera del soporte/escudo final y de su posición dentro del aro tórico.

6.- Continuar empujando hacia fuera del rotor separándolo así del orificio interior del estator. Se debe asegurar que esté en todo momento totalmente sostenido.

El remontaje del conjunto rotor se efectúa invirtiendo los pasos del desmontaje.

Antes del remontaje se deben comprobar los componentes por daño y los cojinetes por pérdida de grasa.

En una revisión general, se recomienda montar nuevos cojinetes.

Entes del remontaje de un conjunto rotor de un generador de un solo cojinete se debe comprobar que los discos de acoplamiento no estén dañados,

agrietados o con señales de desgaste. También se deben comprobar los orificios de los discos por dilatación.

Componentes dañados o desgastados deben ser reemplazados.

**Precaución! En caso de que hayan reemplazados componentes Asegurar que todas las tapas y protecciones se hayan montado antes de poner el generador en servicio.**

#### **4.7.8 Volver al estado de servicio.**

Después de haber subsanado cualquier fallo encontrado, retirar todas las conexiones de prueba y reconectar todos los conductores del sistema de control. Volver a arrancar el grupo y ajustar el potenciómetro VOLTS en alternadores controlados por AVR, girando lentamente hacia la derecha hasta obtener el voltaje nominal.

Reponer todas las tapas de la caja de bornes y de acceso y reconectar la alimentación de la calefacción.

**CAPITULO V**  
**SISTEMA DE REFRIGERACIÓN Y AIRE**  
**ACONDICIONADO**

En éste capítulo se realizara el estudio de la maquinaria frigorífica para cubrir las necesidades que tiene el buque para congelar y conservar el atún capturado, así como el aire que circula por las habitaciones o camarotes que es refrigerado por unidades de aire acondicionado para que exista el adecuado confort que se requieren en las latitudes en las que navegan este tipo de buques.

También se realizara el estudio del equipo de la gamba frigorífica, la misma que sirve para almacenar y conservar los alimentos que sirve para la alimentación de los tripulantes.

### **5.1 Instalación frigorífica**

Los diversos sistemas de congelación tratan de evitar que a la muerte del pez se desarrollen rápidamente los procesos de descomposición de las materias orgánicas de los tejidos manteniendo así la textura y el sabor del pescado.

Los métodos empleados más habituales son normalmente tres:

- Congelación por inmersión
- Congelación por circulación de aire
- Congelación por contacto

**5.1.1. La congelación por inmersión**, consiste en sumergir todo el pescado en el líquido refrigerante (salmuera) que es enfriado por un refrigerante primario por el interior de unos serpentines, situados al fondo y en las paredes de las cubas. Este sistema es usado para aquellas especies que no son muy afectadas por la salinidad de la salmuera (sardina, atún, bonito...).

**5.1.2. La congelación por circulación de aire**, consiste en un túnel de congelación, donde un conjunto de ventiladores impulsan aire, que ha sido

enfriado al pasar previamente por unos evaporadores. Este sistema es ideal para aquellos pescados con gran contenido de agua, como puede ser la merluza. El método requiere mayor potencia que la anterior, debido a la energía demandada por los ventiladores y la menor temperatura del refrigerante primario.

**5.1.3. La congelación por contacto**, consiste poner en contacto el pescado con una batería de placas de metal refrigerado, ejerciendo una ligera presión, no superior a 0.1 Kg/cm<sup>2</sup>, mediante mecanismos hidráulicos. Este método es más complicado, ya que requiere una regulación del desescarche para conseguir un rendimiento óptimo.

A la vista de estos tres métodos de congelación, los buques atuneros eligen el sistema de **“congelación por inmersión”**, dado que es el más económico y el más apto para la congelación del atún.

Para realizar el estudio de esta instalación es necesario conocer el proceso de congelación que se realiza a bordo, por lo que a continuación se realiza un pequeño comentario sobre el mismo:

Una vez que el atún entra en la cuba comienza un proceso de congelación que se mantiene hasta su descarga en puerto. Así el atún se introduce en la cuba, estando esta llena de agua de mar a -1°C aproximadamente. Esta temperatura sube rápidamente pues los atunes entran con una temperatura de aproximadamente 25 – 32 °C. cuando la temperatura del conjunto ronda los -1°C de nuevo se realiza el cambio de agua de mar por salmuera, con la que se alcanzan unas temperaturas de -8°C, después de lo cual se retira para proseguir el enfriamiento hasta los -20°C aproximadamente.

Para conseguir que este proceso sea posible se dispone de una instalación con los siguientes elementos:

- Fluido refrigerante secundario
- Fluido refrigerante primario
- Compresores de amoniaco
- Condensadores
- Deposito de líquido
- Separador de partículas
- Bombas de agua salada de los condensadores
- Filtros
- Válvula termostática
- Electroválvula
- Bombas de amoniaco
- Serpentes
- Termómetros
- Autómata u ordenador personal.

#### **5.1.4 Fluido refrigerante secundario**

El fluido refrigerante secundario utilizado es la salmuera, esto es, una solución de una sal en agua. La temperatura de solidificación de la salmuera varia con la concentración de la sal, y se hace mínima (temperatura eutéctica) para una determinada concentración (concentración eutéctica), de forma que si la concentración disminuye o aumenta, el comienzo de la solidificación tiene lugar a temperaturas más elevadas.

Las salmueras más comunes son las de cloruro sódico o cloruro potásico, siendo la primera la más utilizada, ya que es muy parecida al agua de mar, con la única diferencia de una mayor concentración de sal. Esta similitud con el medio ambiente de los peces hace que no perjudique a la textura del atún.

El punto eutéctico, es decir el punto de solidificación mínimo para la salmuera de cloruro sódico es de  $-21^{\circ}\text{C}$  que corresponde a un contenido de 32.1 Kg de esta sal por 100Kg de solución. Este punto es característico ya que un aumento o disminución de la concentración de sal en la solución provoca una elevación en la temperatura de solidificación. Así, por ejemplo, si el contenido de cloruro sódico baja del 23.1% al 22.4%, la temperatura de solidificación baja a  $-20^{\circ}\text{C}$ , si el contenido de la sal sube al 23.7% la temperatura bajaría a  $-17.2^{\circ}\text{C}$ .

El hecho de usar un refrigerante secundario como la salmuera y no uno primario directamente, se basa en que, además de un costo considerablemente mayor, la rotura de un tubo dentro de las cubas provocaría la pérdida total del refrigerante, si además éste es tóxico, traería consigo la pérdida de la pesca y posibles envenenamiento de las personas.

### **5.1.5 Fluido refrigerante primario**

Para la selección del líquido refrigerante primario debemos tener en cuenta fundamentalmente sus propiedades termodinámicas, precio y disponibilidad. El más utilizado en buques atuneros es el amoníaco, ya que posee propiedades adecuadas para las condiciones de congelación que se exigen en el tratamiento del atún. Es claramente más barato que otros refrigerante como los freones R-12, R-22, R-11, etc. y los costos de mantenimiento de este tipo de instalaciones son más baratos que los de otro tipo de fluido refrigerante. En

cuanto a su disponibilidad no es más favorable, ya que mucho de los puertos que toca el atunero están poco desarrollados, donde sería dificultoso conseguir refrigerantes de mayor calidad.

Como contrapartida se tiene la peligrosidad del amoniaco, que en ciertas concentraciones (difícil de alcanzar por una fuga) es explosivo y, sobre todo, por que puede provocar la muerte por asfixia. A pesar de este problema tiene la ventaja de que es fácilmente detectable por el olfato, lo que hace difícil que una fuga pase desapercibida.

Muy aparte de la peligrosidad del amoniaco podemos destacar sus propiedades naturales a continuación:

El **amoniaco** es un compuesto común y que existe naturalmente en el ambiente, que se descompone naturalmente en moléculas de hidrógeno y nitrógeno ( la atmósfera está formada en un 80% de nitrógeno e hidrógeno). Es un elemento clave en el ciclo del nitrógeno, y bajo condiciones normales, es esencial para muchos procesos biológicos, se puede encontrar en el agua, la tierra y el aire, y es fuente del nitrógeno esencial para plantas y animales.

Ventajas económicas

Como refrigerante, el amoniaco ofrece cuatro claras ventajas económicas sobre otros refrigerantes:

- El amoniaco es compatible con el medio ambiente, no destruye la capa de ozono y no contribuye al calentamiento global de la tierra
- El amoniaco tiene propiedades termodinámicas superiores, por lo que los sistemas de refrigeración con amoniaco consumen menos energía eléctrica

- El olor característico del amoníaco es su mayor cualidad de seguridad, a diferencia de otros refrigerantes industriales que no tienen olor. El olor punzante del amoníaco motiva a los individuos a abandonar el área donde se presenta una fuga antes que se acumule una concentración peligrosa.
- El costo del amoníaco es mucho menor que cualquier refrigerante sintético, de manera general cuesta de un 10 a un 20% menos en instalación y al ser una sustancia natural no tiene fecha límite en que se pueda producir o usar.

## **5.2 Proceso de congelamiento del Atún.**

Para congelar el atún se procederá de la siguiente forma:

- 1.- Se llena la cuba donde se vaya a congelar el pescado con agua de mar, a 32°C de temperatura, enfriandola a 0°C.
- 2.- Se carga el atún en la cuba, a 32°C de temperatura. Dado que el agua está a 0°C, el atún se enfriará, cerrandose los poros de la piel, evitando que cuando se forme la salmuera, la sal penetre en el interior de los tejidos, afectando al gusto y textura del pescado.
- 3.- Se añade sal al agua, en una concentración de aproximadamente 50Kg por tonelada de pescado, se continua enfriando la salmuera hasta conseguir una temperatura de -1°C.
- 4.- Se procede a congelar el atún, hasta conseguir la temperatura de congelación de -20°C.

La conservación del atún tiene lugar por circulación de aire por convección. Para conseguirlo, se colocan serpentines en el techo y paredes de la bodegas, de forma que el aire que entra en contacto con ellos se enfría, descendiendo a

través del pescado congelado, y vuelve a subir por el calentamiento consiguiente, cerrándose así el ciclo.

Para el cálculo de los demás elementos de la instalación es necesario conocer cual es la capacidad de calor a evacuar para llevar a cabo las operaciones anteriormente descritas.

Así para ellos se han de estimar los siguientes calores a evacuar:

- Calor debido a la transmisión por superficies,  $Q_1$ .
- Calor de enfriamiento y congelación del atún,  $Q_2$
- Calor de enfriamiento de la salmuera,  $Q_3$
- Calor de conservación,  $Q_4$
- Varios,  $Q_5$

### **5.2.1 Calor por transmisión por superficies $Q_1$**

El calor transmitido por las superficies se puede calcular por la expresión:

$$Q_1 = k/e \cdot S \cdot \Delta T$$

Donde K es coeficiente de transmisión, S es la superficie,  $\Delta T$  el salto de temperaturas a ambos lados de la superficie.

Para estimar éste calor, hemos de hacer una serie de suposiciones, que mantendremos en todos los cálculos :

- Temperatura del agua de mar: 32°C
- Temperatura ambiente: 40°C
- Temperatura en cámara de máquinas: 45°C
- Temperatura de conservación y congelación: -20°C
- Capacidad de tratamiento de tónidos: 150 t/día
- Coeficiente de transmisión:  $k = 0.05 \text{ W/mK}$
- Espesor de aislamiento( espuma de poliuretano): 200 mm

Para el cálculo de las pérdidas térmicas se desprecia la resistencia térmica del acero frente a la del aislamiento.

Las superficies se estiman a partir del plano de disposición general.

A continuación se adjunta una tabla con los valores considerados:

**Tabla N° 16**

Elemento	Superficie (m <sup>2</sup> )	T <sup>a</sup> interior (°C)	T <sup>a</sup> exterior (°C)	Salto térmico (°C)	Calor (W)
Cubierta	502.8	-20	40	60	7542
Costado sobre línea de flotación	28.6	-20	45	65	464.1
Costado bajo línea de flotación	412.1	-20	32	52	5357
Doble fondo	335.7	-20	32	52	4364.5
Tunel	198.7	-20	40	60	2980.3
Mamparo popa (cámara máquinas)	73.3	-20	45	65	1191
Mamparo de proa	13.9	-20	40	60	208.7

Lo que nos da un total de:

$$Q_1 = 22107.5 = 22.1 \text{ KW}$$

### 5.2.2 Calor por enfriamiento del atún Q<sub>2</sub>.

El calor que se debe extraer para enfriar y congelar los atunes se puede calcular por la expresión:

$$Q_2 = m \cdot c_{\text{fresco}} \cdot \Delta T + m \cdot C_{\text{latente}} + m \cdot C_{\text{congelado}} \cdot \Delta T$$

Donde “m” es la cantidad de atún a congelar (150t/día),  $\Delta T$  los saltos térmicos y C las capacidades térmicas:

- $C_{\text{fresco}} : 3.18 \text{ KJ/Kg}^\circ\text{K}$
- $C_{\text{latente}} : 233 \text{ KJ/Kg}^\circ\text{K}$
- $C_{\text{congelado}} : 1.71 \text{ KJ/Kg}^\circ\text{K}$

Así tenemos que:

$$Q_2 = 150000 * [3.18 * (32 - (-1)) + 233 + 1.71 * ((-1) - (-20))] / (24 * 3600) = 643.1 \text{ kw}$$

### 5.2.3 Calor por enfriamiento de la salmuera $Q_3$ .

El calor que se debe extraer para enfriar la salmuera se puede calcular por la expresión:

$$Q_3 = m_{\text{salmuera}} * C_{\text{salmuera}} * \Delta T$$

Donde la masa de la salmuera,  $m_{\text{salmuera}}$ , se calcula a partir del coeficiente de estiba,  $0.67 \text{ t/m}^3$ , y la capacidad térmica de la salmuera,  $C_{\text{salmuera}}$ , es 4.

Sustituyendo valores tenemos:

$$M_{\text{salmuera}} = 150000 * (1 - C_{\text{estiba}}) / C_{\text{estiba}} * 1.2 = 88656 \text{ Kg}$$

$$Q_3 = 88656 * 4 * (32 - (-20)) / (24 * 3600) = 213.4 \text{ KW}$$

#### 5.2.4 Calor necesario para la conservación Q<sub>4</sub>

Calcularemos el calor necesario para conservar el atún cada hora. Para ello utilizaremos los siguientes datos:

- Volumen de cubas: 1967m<sup>3</sup>
- Peso específico del aire: 1.29 Kg/m<sup>3</sup>
- Calor específico del aire: 1KJ/Kg °C
- Temperatura aire exterior: 40°C

$$Q_4 = m_{\text{aire}} * C * \Delta T = 1967 * 1.29 * 1 * (40 - (-20)) / (24 * 3600) = 1.76 \text{ Kw}$$

#### 5.2.5 Calores varios Q<sub>5</sub>

En este concepto incluiremos el calor debido al funcionamiento de las bombas de salmuera, apertura de escotillas, pérdidas no contempladas, etc. tomaremos un margen del calor total estimado en un 10%.

Por lo tanto el valor total a evacuar será:

**Tabla N° 17**

CARGAS CALORIFICAS	KW
Trasmisión	22,1
Enfriamiento- Congelación Atún	643,1
Enfriamiento Salmuera	213,4
Conservación	1,76
Subtotal	880,4
Varios 10%	88,04
TOTAL	968,45

### **5.3 Capacidad de compresores.**

Para el cálculo de la capacidad de los compresores, estimaremos que el tiempo de funcionamiento de los mismos será de 16 horas al día, por lo que el calor que deben extraer será:

$$Q = 968,45 * 24 / 16 = 1452,68 \text{ KW}$$

Para conocer la potencia que hemos de suministrar a los compresores para evacuar este calor es necesario reconocer el rendimiento termodinámico del

ciclo del amoniaco. La descripción de este ciclo y la descripción es la siguiente:

En el separador de partículas se encuentra el amoniaco en dos fases: líquido y vapor. El compresor aspira el vapor del separador, descargando en el condensador, para enviar tras el mismo el amoniaco líquido a un depósito de líquido. Este líquido se expande a través de una termostática hasta la presión del separador de partículas. De la fase líquida del separador aspira una bomba (para la circulación del líquido, no para elevar la presión) impulsando el amoniaco a los serpentines. El paso de estos, y por tanto la expansión del amoniaco en los serpentines, viene regulado por una electroválvula. En estos el líquido se evapora volviendo al separador.

Si utilizamos el diagrama p-h, tenemos los siguientes puntos y valores:

La presión de los puntos 1-2 y 3-4 viene determinadas por los requerimientos del sistema. Así la presión de los puntos 3-4 es aquella que permite una temperatura de equilibrio de la mezcla bifásica superior a la del agua de mar. Si no fuera así no se podría condensar el vapor mediante un simple enfriamiento. La temperatura de equilibrio bifásico a una presión de 15 bar es 38° C. se elige pues así se permite un sub enfriamiento de 2°C del vapor de amoniaco en el condensador, manteniendo una diferencia de 4 °C con el agua de mar (el ABS recomienda que en los cálculos se considere la temperatura del agua de mar igual a 32 °C en balance térmico).

La presión de los puntos 1 y 2 es aquella cuya temperatura de equilibrio bifásico permita alcanzar la temperatura deseada y también se buscará que la presión sea superior a la atmosférica, así en caso de fuga se detecta

rápidamente. Si entrara aire en la tubería de amoníaco se podría atascar alguna válvula termostática o electroválvula al producirse en la misma la

Congelación del vapor de agua contenido en el aire. La presión de equilibrio bifásico para una temperatura de  $-22\text{ }^{\circ}\text{C}$  (así el salto térmico en los serpentines es de  $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) es de 1.8 bar.

Los valores en cada punto serán:

Punto 1: Este punto corresponde a la parte líquida del separador de partícula.

$$h = 76 \text{ Kcal/Kg}$$

$$t = -22\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$P = 1.8 \text{ bar}$$

Punto 2: El paso al punto 2 es la evaporación en los serpentines y regreso al separador de partículas, donde se produce el flujo de energía del interior de la cuba al fluido. Con esta energía el amoníaco pasa a estado gaseoso. Este punto corresponde a la parte gaseosa del separador de partículas. Sus características son:

$$h = 395 \text{ Kcal /Kg}$$

$$t = -22\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$p = 1.8 \text{ bar}$$

Por lo tanto el flujo energético en el serpentín será:

$$\Delta h = 395 - 76 = 319 \text{ Kcal/Kg}$$

Punto 3: Del punto anterior se llega al punto 3 teórico por medio de una compresión isotrópica. La parte gaseosa del amoníaco del separador es aspirado y comprimido por el compresor. Así los datos de este punto son:

$$h = 475 \text{ Kcal/kg}$$

$$p = 15 \text{ bar}$$

$$t = 135 \text{ °C}$$

Según D. Isidoro Martínez, en su libro Fundamentos de Termodinámica, un rendimiento termodinámico habitual en los compresores de las instalaciones frigoríficas es un 70% por lo tanto la entalpía del punto 3 será:

$$\eta_{\text{termo}} = (h_{3r} - h_2) / (h_{3t} - h_2) \text{ por tanto,}$$

$$\eta_{3r} = h_2 + \eta_{\text{termo}} * (h_{3t} - h_2) = 395 + .07*(475-395) = 451 \text{ Kcal/Kg}$$

Así las características de este punto 3 serán:

$$h = 451 \text{ Kcal/Kg}$$

$$p = 15 \text{ bar}$$

$$t = 95 \text{ °C.}$$

Por tanto el incremento de entalpía que sufre el fluido en el compresor es:

$$\Delta h_{\text{compresor}} = 451 - 395 = 56 \text{ Kcal/Kg}$$

Punto 4: Este punto corresponde a la salida del condensador que hay tras el compresor. Como ya se indicó anteriormente se busca un sobre enfriamiento de 2°C para asegurar la completa condensación del vapor. Las características del punto son:

$$h = 140 \text{ Kcal/Kg}$$

$$p = 15 \text{ bar}$$

$$t = 36 \text{ °C}$$

Por tanto la energía la energía evacuada en el condensador será:

$$\Delta h_{\text{condensador}} = 451 - 140 = 311 \text{ Kcal/Kg}$$

El paso del punto 4 al 1 se produce a partir de la termostática que se encuentra entre el depósito de líquido y el separador de partículas. En esta parte del ciclo el líquido se expansiona hasta los 1.8 bar cediendo energía a la mezcla bifásica que existe en el separador.

Esta entalpía es:

$$\Delta h_{4-1} = 140 - 76 = 64 \text{ Kcal/Kg}$$

Esta entalpía produce la evaporación de parte del líquido del separador de partículas.

Por tanto si circulara la misma masa de amoniaco por los serpentines que por el compresor, llegaría un momento que no existiría líquido en el separador, por tanto debe circular más cantidad de amoniaco por los compresores que por los serpentines.

Para calcular esta relación se supone que este salto de entalpía es una adicción de energía del exterior, que hay que evacuar en el condensador.

Por tanto el balance energético del ciclo es el siguiente:

Cuando circula 1Kg de amoniaco por los serpentines deberá circular una cantidad por el condensador, de tal modo que la energía que entra al sistema se la misma que sale:

$$1 * \Delta h_{\text{serpentin}} + x * (\Delta h_{\text{separador}} + \Delta h_{\text{separador}}) = x * \Delta h_{\text{condensador}}$$

Los incrementos de entalpía son los indicados anteriormente, por lo tanto:

$$X = 319 / (311 - 56 - 64) = 1.67$$

Por tanto mientras circula 1Kg de amoniaco por los serpentines debe circular 1.67 Kg por el condensador. Siendo la capacidad de este por KW extraído de las cubas:

$$P_{\text{condensador}} = X * \Delta h_{\text{condensador}} / \Delta h_{\text{serpentin}} = 1.67 * 310 / 319 = 1.63$$

La potencia requerida en el compresor para extraer una unidad de potencia de las cubas será:

$$P_{\text{compresor}} = X * \Delta h_{\text{compresor}} / \Delta h_{\text{serpentin}} = 1.67 * 56 / 319 = 0.293$$

Así para extraer 1 KW hacen falta 0.293 KW en el compresor y el flujo en el condensador será de 1.63 KW.

Por tanto el rendimiento termodinámico del ciclo es:

$$\eta_{\text{termo}} = \Delta h_{\text{serpentin}} / X * \Delta h_{\text{compresor}} = 319 / 1.67 * 56 = 3.41$$

El ciclo sin el separador de partículas, es decir que el fluido pasaría directamente del depósito del líquido al serpentín a través de la termostática y el compresor aspiraría de la salida de los serpentines, tendría un rendimiento mayor, pero podrían entrar gotas de líquido en los compresores lo que reduce alarmantemente la vida de los mismos, por lo que es necesario la pérdida del rendimiento, para que la planta sea operativa.

En el estudio del ciclo termodinámico hemos determinado que para extraer 1 KW de las cubas era necesario suministrar a los compresores 0.293 KW.

Sobre este valor es necesario considerar el rendimiento mecánico de los compresores, que se puede estimar en un 70 %. Por tanto la potencia requerida para los compresores será:

$$P_{\text{compresores}} = 1452.68 * 0.293 / 0.7 = 608.45 \text{ KW}$$

Por tanto se instalarán 5 (uno de ellos de reserva) compresores de pistones con dos etapas de modo que se pueda seleccionar cuántos de ellos trabajan. Los compresores estarán accionados por motores eléctricos de 150 KW.

Los compresores irán situados en el local de la maquinaria frigorífica con los cigüeñales paralelos a crujía. Contaran con manómetros-termómetros en las aspiraciones y en las descargas, paradas por baja presión de aceite, parada por baja presión en la aspiración, parada por alta presión en la descarga, válvulas de seguridad y demás seguridades requeridas por la Asociación de Clasificación.

#### **5.4 Capacidad de los condensadores**

Para dimensionar la capacidad de los condensadores, en el estudio del ciclo termodinámico se obtuvo que para evacuar 1 KW de las cubas, el flujo en el condensador debe ser igual 1.67 KW. Por tanto para evacuar 1452.68 KW los condensadores deberán tener una capacidad de:

$$P_{\text{condensador}} = 1.67 * 1452.68 = 2426\text{KW}$$

Se instalaran 2 condensadores tubulares de flujo contracorriente de 1250 KW de capacidad cada uno. El exceso de capacidad es conveniente para compensar la pérdida de rendimiento debido al ensuciamiento del mismo.

Estos se montarán en el local de la maquinaria frigorífica sobre el mamparo longitudinal del mismo y en posición horizontal. El fluido refrigerante será agua salada, teniendo sendos termómetros a la entrada y a la salida de cada uno de los condensadores. Tanto al circuito de amoniaco como al de agua salada se les dotarán de la maniobra necesaria para aislarlos de los circuitos, de modo que cualquiera de ellos pueda funcionar con cualquier compresor.

Como es fácil comprobar la planta diseñada cumple con lo exigido con la Sociedad de Clasificación, pues las pérdidas debido a la transmisión por

conducción son de aproximadamente 25 KW, por lo que 2 compresores de 150 KW trabajando por un condensador de 1250 KW cada uno son capaces de compensarlas.

### **5.5 Bombas de agua salada de refrigeración de condensadores**

Las bombas de agua salada de refrigeración de los condensadores son las bombas encargadas de suministrar el fluido refrigerante a los condensadores.

Estas se encuentran en la plataforma inferior de la cámara de máquinas por lo que tendrán que ser capaces de compensar la altura existente entre la flotación y los condensadores además de las pérdidas de carga de la línea. Un incremento de presión de 2.5 bar es más que suficiente para compensar todo esto.

El incremento de temperatura del agua en el condensador se tomará igual a 10 °C, siendo la temperatura del agua de mar 32 °C.

El ABS exige que al menos exista una bomba de reserva para los condensadores, por lo que se instalarán 3 bombas con una capacidad unitaria suficiente para cubrir las necesidades de un condensador.

La capacidad de cada una de ellas será:

$$q = Q/c \cdot \Delta T$$

Sustituyendo:

$$q = 1250 / (4 \cdot 10) = 31.25 \text{ Kg/s} = 109.22 \text{ m}^3/\text{h}$$

La potencia de estas bombas suponiendo un rendimiento global de 0.7 será:

$$P = q \cdot \Delta p / \eta = 109.22 / 3600 \cdot 2.5 \cdot 10^5 / (0.7 \cdot 1000) = 10.83 \text{ KW}$$

Así se instalaran 3 bombas accionadas eléctricamente de 110m<sup>3</sup>/h y 2.5 bar con motores eléctricos de 11 KW. Se situarán en la plataforma interior de la cámara de máquinas. Estas bombas deben ir dotadas de manómetros en la descarga y manovacuómetros en la aspiración. Así mismo irán dotadas de la maniobra necesaria para que cualquiera de ellas sea capaz de alimentar a cualquier condensador.

### **5.5.1 Bombas de amoniaco**

Las bombas de amoniaco son las encargadas de compensar las pérdidas de carga en la tubería de amoniaco entre el separador de partículas y las electroválvulas a la entrada de los serpentines, para estos tipos se recomiendan bombas de 1.5 KW cada una.

### **5.5.2 Válvula termostática**

La válvula termostática situada entre el depósito de líquido y el separador de partículas, es la encargada de mantener el nivel y temperatura de este último.

### **5.5.2 Electroválvula**

Las electroválvulas están situadas a la entrada de cada uno de los tramos de los serpentines.

Estas válvulas son las que controlan la expansión del amoniaco en los serpentines. La apertura y cierre de las mismas se controlan electrónicamente según las necesidades de frio de la cuba. Estas válvulas van precedidas y seguidas de válvulas manuales para permitir su desmontaje junto a los filtros que la proceden.

Las electroválvulas van precedidas de filtros para evitar que cualquier impureza se deposite en el asiento impidiendo su cierre.

### **5.5.3 Termómetros**

Todas las cubas van provistas de sensores de temperatura.

### **Tuberías de frio**

Todas las tuberías de frio así como el separador de partículas estarán aisladas por medio de coquilla de poliuretano estratificada con poliéster y fibra de vidrio.

### **5.6 Equipo de gamuza frigorífica.**

En los buques atuneros van dotado de cuatro locales refrigerados:

1. Una cámara refrigerada de aproximadamente 13.2m<sup>3</sup> a 12 °C para grano, patatas, vino, aceites, etc.
2. Una gamuza refrigerada de aproximadamente 21.1m<sup>3</sup> a 0-4 °C para vegetales.
3. Una gamuza congeladora de 10.5m<sup>3</sup> a -10 °C para pescados.

4. Una gamuza congeladora de  $29.7\text{m}^3$  a  $-20\text{ }^\circ\text{C}$  para carnes.

Pero en este buque que estamos estudiando solo utilizaríamos el ítem 1 y el ítem 4.

Para el cálculo del equipo frigorífico que nos asegure estas temperaturas, se calcula para cada local y por separado, los tres sumandos siguientes:

- Flujo de calor a través de las paredes.
- Calor de los productos almacenados.
- Calor introducido por aire de “ventilación exterior”, por las puertas de las cámaras, resistencias de des carche y ventiladores de evaporadores.

Para realizar los cálculos pertinentes, necesitamos conocer el tipo de aislamiento que vamos a introducir en las cámaras, temperaturas existentes en cada lado de los mamparos que delimitan los locales, coeficiente de transmisión de calor de los distintos elementos empleados como aislantes, áreas de mamparos, etc. Todo ello se irá definiendo en los apartados siguientes.

La configuración y temperaturas de las gamuzas frigoríficas será la siguiente:

## **5.7 Aire Acondicionado**

El aire que circula por los locales de habitación va a ser refrigerado por unidades de aire acondicionado de forma que dentro de la habitación haya el adecuado confort que se requieren, según las latitudes en las que se navegan.

Este sistema está constituido por un compresor (más uno de reserva compartido con la gamuza), unidad climatizadora, extractores para el aire de

retorno y extracción de aseos, depósitos, válvulas y tuberías de fluido refrigerante y canalizaciones de aire frío/caliente y retorno.

Cada camarote contará con un difusor de aire de modo que este no incida directamente sobre la cama o mesa del mismo. El aire se canalizará desde la unidad climatizadora hasta los camarotes por medio de tuberías plásticas con aislamiento exterior de poliuretano. La sección será tal que permita una velocidad de aire que no emita ruidos molestos. El retorno se situará en los pasillos, por lo que para facilitar la circulación del aire las puertas de los camarotes contarán con una rejilla en la parte baja de las mismas.

También se sitúan retornos en los aseos. El flujo de aire en estos conductos es pequeño, tan solo el necesario para eliminar malos olores. La descarga de estas tuberías se las realiza a la atmósfera (no existe recirculación). El retorno del cuarto de enfermería y del aseo correspondiente se realiza de modo independiente y descargará a la atmósfera, mientras la línea de impulsión contara con una válvula de no retorno a la entrada del difusor para evitar posibles retornos de aire, lo que podría provocar una rápida expansión de virus o bacterias de enfermos. Para el cálculo de la planta de aire acondicionado se partirá de los siguientes datos, habituales en estas instalaciones, según las conversaciones mantenidas con armadores, inspectores y astilleros. La potencia de la instalación será tal que permita mantener los siguientes rangos de temperatura y humedad:

**Tabla N° 18**

	VERANO		INVIERNO	
	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Temperatura (°C)	Humedad (%)
Interior	24	55	20	55
Exterior	35	90	-10	70

La cantidad de aire recirculado será aproximadamente 50 %. Las renovaciones por horas no serán inferiores a 15°C en camarotes, despachos y en salones y en el puente, derrota, radio y comedores no serán inferiores a 20°C.

**CAPITULO VI**

**SISTEMA DE CONTROL DE ALARMAS**

## **6.1. Importancia del sistema de alarmas.**

Un sistema de alarma juega un papel importante ya que estos están constituidos por una serie de instalaciones destinadas a avisar y prevenir al personal en caso de siniestro o algún evento que se esté produciendo y que pueda desencadenar en daños materiales e incluso pérdidas humanas.

En los buques son implementados sistemas de alarmas que garantizan la seguridad del personal a bordo, pero no podemos descuidar a los diferentes equipos eléctricos y maquinarias que son fundamentales para que la embarcación opere a un régimen normal y autónomo.

Un sistema de alarma debe ser seguro es decir que no debe proporcionar falsas alarmas, ya que en la práctica sería poco eficaz como aquella que puede vulnerarse fácilmente. Un sistema propenso a dar falsas alarmas, además de no ser seguro, tiende a ser ignorado.

Por esta razón en nuestro proyecto se implementa un sistema seguro que brindara seguridad y tranquilidad al personal técnico a bordo permitiéndole tener un mayor control a más de audible, visual de cómo operan los equipos y maquinarias a bordo.

Para la implementación de este sistema de alarma se aplicaron todas las normas y criterios técnicos que deben priorizar tales como:

- Que es lo que vamos a proteger
- De que lo queremos proteger
- Situación de los equipos que deseamos proteger
- Entorno de dichos equipos
- Valor de los equipos

- Existencia de una reglamentación que condicione la instalación
- Presupuesto del que se dispone

Hay que advertir que es prácticamente imposible realizar una instalación perfecta, dado los condicionantes existentes en cada una de ellas y las limitaciones propias de los equipos, así tengan un alto grado de fiabilidad siempre existen riesgos.

## **6.2. Descripción del sistema.**

El sistema de control de alarmas de este proyecto está compuesto por varios PLC de la marca Siemens, los cuales están conectados en una red propia entre si y lleva un equipo de conversión de protocolo (concentrador) para comunicarse con la terminal de dialogo o pantalla touch (táctil).

La comunicación entre dichos equipos y los sistemas de supervisión es ETHERNET, siendo el software WinCC flexible el medio de configuración de la pantalla.

Con este sistema se ha desarrollado una aplicación específica para este barco la cual se describe en los puntos siguientes.

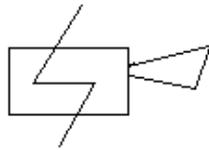
## **6.3 Actuación del equipo de alarmas.**

Al activarse el sensor de alarma opera sobre una de las entradas produciéndose la siguiente secuencia:

-Espera de un tiempo (temporización) para confirmar la alarma. Este Tiempo es mínimo, de 0.5seg. Para evitar falsas alarmas. Puede variar Hasta 120seg. Una vez superada la temporización:

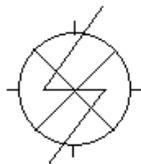
Tenemos:

- Activación de una salida que enciende de forma intermitente una Lámpara o diodo led.
- Simultáneamente se activa otra salida que actúa sobre la bocina o zumbador
- Al operar sobre el pulsador de “recepción acústica”,



La salida de la bocina se desactiva, continuando la señalización óptica intermitente.

- Al operar sobre el pulsador “Recepción Óptica”,



La señal intermitente pasa a fija.

En este momento puede haber dos posibilidades:

a) Que la alarma haya desaparecido. La señalización óptica desaparece

también.

b) Que la alarma persista. La señalización óptica queda fija. Desaparecerá al desaparecer la alarma.

### **6.3.1 Distintos tipos de alarmas.**

Dependiendo del tipo de actuación las alarmas pueden ser:

- Al abrir: Cuando el sensor abre su contacto al producirse la alarma.
- Al cerrar: Cuando el sensor cierra su contacto al producirse la alarma.
- Sin temporización: cuando el sensor está actuando como mínimo 0.5 seg.
- Con temporización a la actuación: Cuando el sensor está actuando como mínimo el tiempo de su temporización. La alarma desaparece al desactivarse el sensor.
- Con temporización a la actuación y a la desactivación: Igual que la anterior pero para que desaparezca la alarma debe desactivarse el sensor durante el tiempo mínimo de su temporización (este puede ser de valor distinto a la de actuación).
- Con inhibición: Son aquellas alarmas que dependen a su vez de otra entrada (entrada de servicio), si ésta no está activada estas alarmas no se actúan aunque sus sensores lo estén. Al actuarse la entrada de servicio hay una temporización tras la cual se desinhiben las alarmas. En los motores, la presiones normalmente están inhibidas cuando está parado para evitar que estén en alarma. Al ponerse en

marcha se actúa un contacto para poner en servicio estos sensores tras un tiempo suficiente para que las presiones lleguen a sus valores normales. Una señalización luminosa verde indica este estado.

- Agrupamiento de alarmas: Varios sensores de entrada pueden tener agrupadas su actuación en una única salida. Cada entrada actuará en la misma forma sobre ésta salida, de tal forma que si una entrada hubiese activado el LED al haber sido recepcionada, otra entrada que se actúe, vuelve a desencadenar el mismo proceso de la anterior; siempre y cuando haya desaparecido la alarma anterior. El led de salida no se apagará hasta que todos los sensores estén desactuados.
- Con actuación de salida para parar una máquina: Simultáneamente con la alarma se da una salida que actúa el sistema de parada de la máquina controlada, inhibiendo en ese momento las alarmas que dependan de esa máquina. Normalmente el sistema de parada (sistema de seguridades) suele ser independiente del sistema de alarmas.

### **6.3.2 Agrupamientos a distancia.**

Para presentar el estado de las alarmas de forma resumida a distancia, estas se agrupan por bloques funcionales, pudiendo haber tantos agrupamientos como se quiera a un primer nivel (panel de puente) y otro agrupamiento a un segundo nivel (camarote de maquinista guardia y salón maquinistas).

Estos dos niveles tienen cada uno su salida que activa un zumbador (distinto de la bocina Principal) y una entrada para un pulsador de recepción acústica.

#### -Panel de puente:

El agrupamiento de primer nivel da una señal intermitente y suena el zumbador. Lo mismo hace el agrupamiento de segundo nivel.

Al actuar su recepción acústica se para su zumbador. El led del agrupamiento pasa de intermitente a fijo al actuar la recepción acústica en sala de máquinas o camarote del maquinista de guardia.

#### -Panel Camarote Oficial de Guardia:

Su zumbador sé para al actuar su recepción acústica o la de la sala de máquinas. El led de alarma pasa de intermitente a fijo al actuar recepción acústica en sala de máquinas.

#### -Panel de salón de maquinistas:

Su zumbador sé para al actuar su Recepción Acústica o la de la sala de máquinas. El LED de alarma pasa de intermitente a fijo al actuar Recepción Acústica de sala de máquinas.

Si transcurrido un tiempo (programable) desde que apareció la alarma, no se hubiese recepcionado en la Sala de Máquinas, aparece una nueva señal acústica de alarma general y también en las estaciones de agrupamiento, no pudiéndose silenciar ninguna nada más que desde la sala de máquinas. De esta manera se da aviso permanente de que no ha sido atendida la alarma en la estación principal y obliga a una intervención por parte de personal responsable.

### **6.3.3 Transferencia de responsabilidad de guardia.**

Mediante un selector, situado en la estación principal de la sala de máquinas, se puede elegir el maquinista de guardia en los periodos de sala de máquinas desatendida. También se puede seleccionar “sala de maquina atendida”.

Con el selector en la posición “sala de máquinas atendida” lucirá el LED indicativo tanto en la estación principal de sala de máquinas, puente y salón de maquinista. Solamente se producirá alarma acústica en puente y acomodación cuando se produzca una alarma que afecte a la propulsión, el resto permanecen inhibidas. Las señales ópticas se señalizaran todas al seleccionar un maquinista de guardia.

-En el puente suena el zumbador y luce intermitente el led luminoso “Transferencia Responsabilidad”, al actuar Recepción Acústica se para el zumbador y el led de transferencia de responsabilidad se apaga. El led del maquinista seleccionado para efectuar la guardia luce intermitente y el de “Sala de Máquinas Atendida” se apaga. Estas dos señales ópticas hacen la misma secuencia en los paneles de acomodación y en Sala de Maquinista.

-En el camarote del maquinista seleccionado para hacer guardia sonara su zumbador hasta actuar su recepción acústica, en cuyo momento, el led del maquinista de guardia pasa de intermitente a fijo en todas las estaciones de alarma.

Al pasar la selección de guardia de un maquinista a otro sin pasar por Sala de Máquinas atendida no se da ningún aviso acústico en puente, pero si en el camarote del nuevo maquinista seleccionado, así como su led indicativo que lucirá intermitente. Al pulsar la recepción acústica en el camarote del

maquinista seleccionado se para el zumbador y el led del maquinista de guardia pasa a fijo en todas las estaciones.

#### **6.3.4 Llamada al Maquinista de guardia.**

Mediante un pulsador situado en la estación principal de la sala de máquinas se activará el zumbador del maquinista seleccionado de guardia, luciendo intermitente el led “llamada oficial de guardia”, lo mismo que en el salón de maquinista y en la sala de máquinas. Al pulsar la Recepción Acústica en el camarote se para el zumbador, el led sigue intermitente hasta pulsar la “Recepción Óptica” en la sala de máquina. Si transcurre un tiempo programable (el mismo que cuando se produce una alarma y no se atiende) no se actúa la Recepción Óptica en la sala de máquinas se dará alarma general.

#### **6.4. Clasificación de las señales del sistema de supervisión.**

Dada la gran cantidad de señales que maneja la aplicación y puesto que el sistema lo permite se han clasificado las variables según el equipamiento al que pertenece (Recursos) que coinciden aproximadamente con el agrupamiento, y según el tipo de alarma que provoca (clase de alarma).

### **6.4.1 Recursos.**

Los grupos de señales son los siguientes:

- MOT- AUX I. Señales del motor auxiliar 1.
- MOT\_AUX\_2. Señales del motor auxiliar 2.
- MOT\_HIDR. Señales del motor auxiliar hidráulico.
- MOT\_PROPULSOR. Señales del motor propulsor.
- GASES. Señales relacionadas con los gases de escape del motor propulsor.
- CUBAS. Todas las temperaturas de las cubas.
- AUXILIARES. Señales varias.
- MANTEN. Señales del sistema de intervalo de mantenimiento.
- AGRUPADAS. Señales de alarmas agrupadas.

### **6.4.2 Clases de alarmas.**

Existen los siguientes grupos de alarmas en este sistema:

- SYS, HIGH; LOW y MED. Son clases de alarmas propias del sistema.
- PARAD. Son las alarmas que provocan parada de los motores.
- ALARM. Son las alarmas que no provocan parada.
- MANTE. Son las alarmas y avisos de mantenimiento de los motores.
- EVENT. Son los eventos del sistema. No alarmas.

## 6.5. Menú de la aplicación.



**Pantalla N° 1**

La primera pantalla en aparecer cuando se conecta la pantalla táctil es la pantalla principal de agrupamiento. La pantalla principal tiene una barra de sub menú que permite acceder a todas las demás del sistema. Desde cualquier pantalla se puede volver a la pantalla principal.

Además en este sistema tenemos otra pantalla que también es considerada como principal y en la que podemos acceder mediante una barra de sub menú a las pantallas: Motor Propulsor, Motor Aux 1, Motor Aux 2, Motor Auxiliar Hidráulico, Alarmas Varias, Cubas, y como es indispensable la hora y fecha.



- Para hacer más fácil la navegación entre pantallas se han diseñado barra de botones, dándole un color determinado a las mismas. Estas Permiten abrir las pantallas del mismo tipo del resto de elementos del sistema.

## 6.6. Tratamientos de alarmas.

Cuando se produce una alarma el sistema de supervisión registra la activación de la alarma correspondiente en el registro de alarmas que puede ser consultado en la pantalla correspondiente en este caso “Lista de alarmas”.

LISTA DE ALARMAS						
	FECHA	TIEMPO	MENSAJE	GRUPOS	CLASE	ACK
Nº1			B.NIVEL TANQUE.COMPEN:AGUA.DULCE	MOTOR PROPUL	ALARMA	Y
Nº2						
Nº3						
Nº4						
Nº5						
Nº6						
Nº7						
Nº8						
Nº9						
Nº10						
Nº12						
Nº13						
Nº14						
Nº15						
Nº16						
Nº17						
Nº18						
Nº19						

000
ACK
DELETE
ACK ALL
HISTORICO ALARM

MOT.PROPUL	MOTOR AUX.1	MOTOR AUX.2	MOTOR AUX HIDRAULICO	ALARMAS VARIAS	CUBAS	10:59:5
------------	-------------	-------------	----------------------	----------------	-------	---------

### Pantalla Nº 2

En este display aparecen en rojo las alarmas que provocan parada o son de mayor importancia, en amarillo las alarmas que no provocan parada y en morado las alarmas y avisos de mantenimiento, las cuales además tienen un tratamiento especial que se describe más abajo.

El orden es ascendente, es decir la primera alarma que aparece es la última que se ha producido.

En la parte inferior aparece el número total de alarmas que existen y un botón para reconocer las alarmas activas.

### **6.6.1 Campos de display de alarmas.**

Los campos de este display son los siguientes:

- Fecha. Fecha en la que se ha producido la alarma.
- Tiempo. Hora en la que se ha producido la alarma.
- Mensaje. Descripción de la alarma.
- Grupos.
- Clase. Grupo de alarma a la que pertenece.
- ACK. Puede ser Y o N en función de si se ha reconocido o no. Este reconocimiento es a nivel de la pantalla táctil (no es el reconocimiento general del sistema). Sirve para silenciar el aviso acústico del pc cada vez que se active una alarma.

### **6.6.2 Tipos de alarmas del display de alarmas.**

Los tipos de alarmas que aparecen en este display son las siguientes:

#### **6.6.2.1 Alarmas de parada.**

Las alarmas de parada aparecen en color rojo. Desaparecen del display automáticamente cuando desaparece la causa que las provocó y han sido reconocidas mediante el pulsador de paro de la bocina y reconocimiento de alarmas. Su clase es "PARAD".

### **6.6.2.2 Alarmas del equipamiento que no provocan parada.**

Las alarmas que no provocan parada aparecen en color amarillo. Desaparecen del display automáticamente cuando desaparece la causa que las provocó y han sido reconocidas mediante el pulsador de paro de la bocina y reconocimiento de alarmas. Su clase es “ALARM”.

### **6.6.2.3 Alarmas y avisos de mantenimiento.**

Estas alarmas aparecen en color morado. Su clase es “MANTEN”.

Las alarmas de mantenimiento aparecen cuando las horas de funcionamiento llegan al setpoint configurado en cada caso. Para borrarlas del display es necesario resetear las horas parciales de funcionamiento en la pantalla de Horas.

## **6.7 Pantallas visualización pilotos alarmas.**

Existen las siguientes pantallas de visualización de pilotos tanto de alarmas como de estados.

Alarmas Digitales Agrupadas (principal)

Motor auxiliar 1.

Motor auxiliar 2.

Motor hidráulico.

Motor propulsor.

Parámetros de la maquina principal.

Alarmas varias.

Lista de alarmas.

Histórico alarmas.

Gráfico de barras. (Temp. de cubas)

Configuración de barras BR.

Configuración de barras ER.

Temperatura de bancada.

Intervalos mantenimiento.

En todas estas pantallas aparecen los textos correspondientes a cada señal junto a un piloto sobre el que indica la visualización.

Existen dos tipos de pilotos;

### **6.7.1 Piloto señalización de alarma.**

Este piloto tiene cuatro estados posibles que dependen del estado del elemento a que se refieren. Son los siguientes:

6.6.1.1 Piloto Apagado. Alarma activa.

6.6.1.2 Piloto Encendido Intermitente. Alarma Activa no Reconocida.

6.6.1.3 Piloto encendido fijo. Alarma Activa y Reconocida.

6.6.1.4 FC. Alarma fallo de Canal.

## 6.7.2 Piloto Señalización Estado.

Este piloto tiene dos estados posibles que dependen del estado del elemento a que se refieren. Son los siguientes:

6.6.2.1 Piloto Apagado. Motor parado o señal no activa.

6.6.2.2 Piloto Apagado Fijo (verde fijo). Motor en marcha o señal activa.

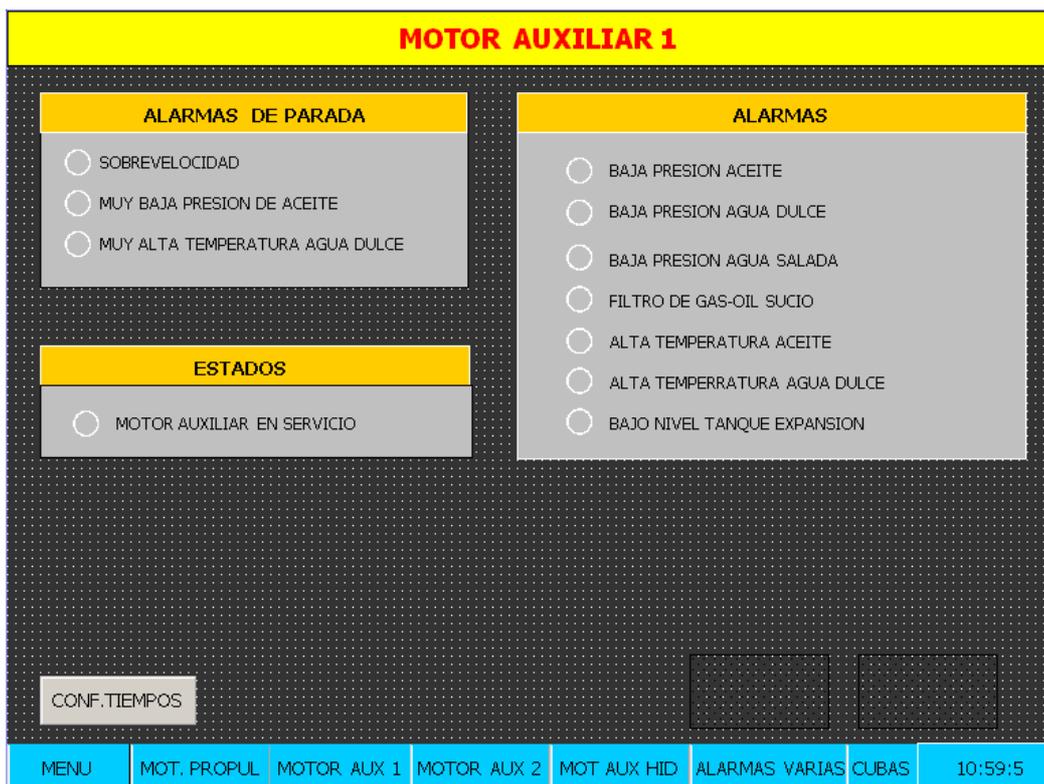
En la figura siguiente aparece la pantalla con los agrupamientos de alarmas según el micro donde se ha recibido la señal.



**Pantalla N° 3**

En la figura siguiente se muestra una pantalla de alarmas.

Las alarmas que provocan la parada del motor se engloban en un recuadro gris.



**Pantalla N° 4**

## **6.8 Pantallas visualización señales analógicas.**

Existen las siguientes pantallas de visualización de señales analógicas, en ellas se muestra las temperaturas y presiones de las distintas zonas de la instalación las cuales son:

Motor Propulsor.

Cubas.

Gases de escape.

Para cada señal aparece una barra que es proporcional al setpoint fijado en cada caso.

Cuando la señal está en alarma por superar o ser inferior (si la alarma es por bajo) al setpoint marcado, la barra se visualiza en color rojo o ámbar, si la señal está dentro de los límites la barra se visualiza en verde.

A una altura del 75% del total de la barra (el 25% en el caso de las alarmas por debajo) aparece una línea con un número que indica el setpoint en cada caso.

En la parte inferior de cada barra aparece el valor absoluto de la señal.

En la figura siguiente aparece la pantalla de señales analógicas de Motor Propulsor.

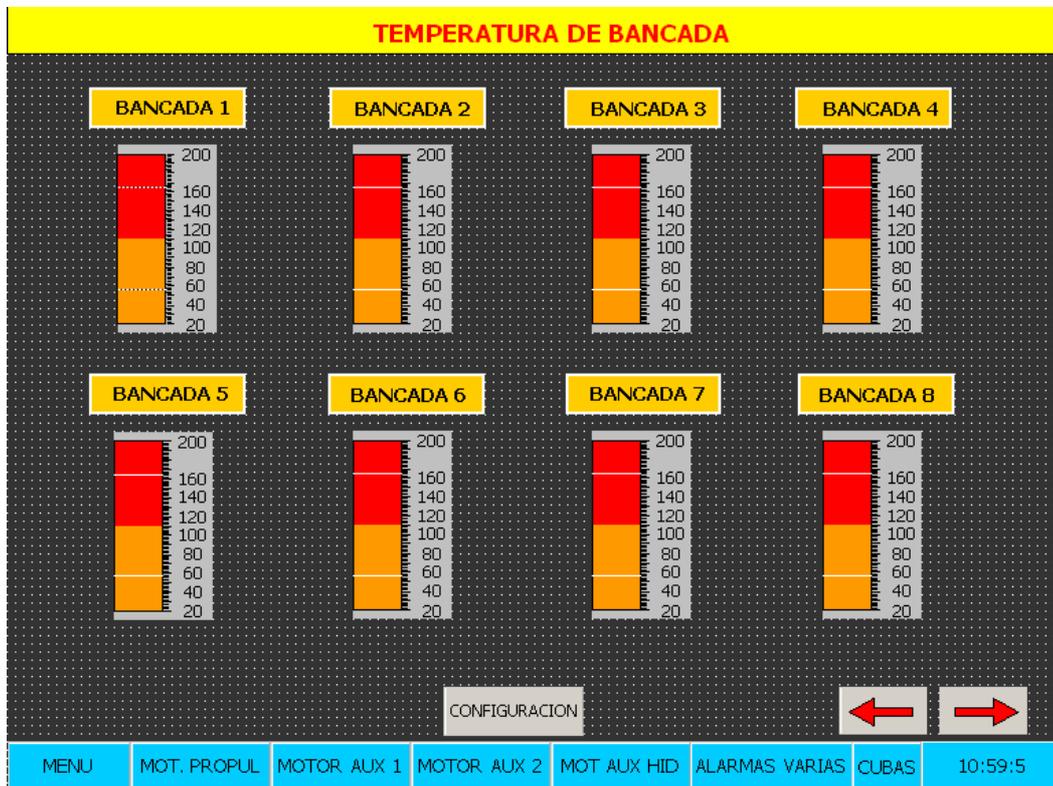
PARAMETROS DE LA MAQUINA PRINCIPAL																	
PRES.ACEITE		TEMP.ACEIT		PRES.AGUA		TEMP.AGUA		PRES.ACEITE REDUCTORA		TEMP.ACEITE REDUCTORA		PRES.ACEITE TURBO		TEMP.AGUA TURBO		TIEMP.DE OPERACION	TIEMP.OPER. FINAL
000	PSI	000	°F	000	PSI	000	°F	000	PSI	000	°F	000	°F	000	°F	000	H
MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MANTENIM	
CONFIGURACION																	
MENU	MOT. PROPUL	MOTOR AUX 1	MOTOR AUX 2	MOT AUX HID	ALARMAS VARIAS	CUBAS	10:59:5										

**Pantalla N° 5**

### 6.8.1 Pantalla Visualización Temperatura de Bancada.

Existe una pantalla para la visualización de las temperaturas de los gases de escape del motor principal.

En esta pantalla aparece la temperatura de cada cilindro de la máquina principal y la temperatura media. En la parte inferior aparece un botón de configuración mediante el cual podemos tener acceso a otra pantalla en la cual podemos visualizar los **Parámetros de la Máquina Principal**.



**Pantalla N° 6**

La indicación de las temperaturas se realiza mediante una barra.

La altura de dicha barra va desde -75 a 75 °C. En este caso existen dos setpoint de alarmas, uno para las temperaturas por encima y otro para las temperaturas por debajo de la media. Dichos setpoint se visualizan también a la altura correspondiente como triángulos.

En la figura siguiente podemos observar la pantalla **Parámetros de la Maquina Principal**.

PARAMETROS DE LA MAQUINA PRINCIPAL																	
PRES.ACEITE		TEMP.ACEIT		PRES.AGUA		TEMP.AGUA		PRES.ACEITE REDUCTORA		TEMP.ACEITE REDUCTORA		PRES.ACEITE TURBO		TEMP.AGUA TURBO		TIEMP.DE OPERACION	TIEMP.OPER. FINAL
000 PSI		000 °F		000 PSI		000 °F		000 PSI		000 °F		000 °F		000 °F		000 H	000 H
MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MANTENIM	
																CONFIGURACION	
MENU	MOT. PROPUL	MOTOR_AUX 1	MOTOR_AUX 2	MOT_AUX HID	ALARMAS VARIAS	CUBAS	10:59:5										

### Pantalla N° 7

En la parte inferior de estas pantallas aparece una barra de menú de color turquesa esta sirve para ir de una pantalla a otra además tenemos un botón de configuración y otro para ir a la pantalla anterior.



### 6.9.1 Campos que contiene.

- Timestamp. Fecha y hora de grabación.
- Mensaje de alarmas. Es el texto que indica que alarma es la que se ha producido.
- Grupos. Es el grupo de señales al que pertenece la alarma.
- Log\_Action. Muestra el evento que provoca el registro. Es una letra cuyo significado es el siguiente:
  - N. Normal
  - G. Generada
  - A. Reconocida
  - R. Reseteada
  - D. Borrada

#### 6.9.1.1 Alarmas de fallo de canal.

Estas alarmas se registran cuando se detecta que existe algún problema en el hardware asociado a la señal correspondiente. Se llaman con el nombre de la magnitud que las genera, y el sufijo FC.

Se reconoce automáticamente cuando se genera.

El registro de estas alarmas es el siguiente:

**Tabla N° 19**

Acción	Log_action
Cuando se genera	G
Cuando desaparece	R

### 6.9.1.2 Alarmas de la instalación.

Estas alarmas son las principales de la aplicación. Se registra cuando se produce alguna anomalía en la instalación (alta o baja temperatura, alta o baja presión, etc).

El registro de estas alarmas es el siguiente:

**Tabla N° 20**

Acción	Log_action
Cuando se genera	G
Cuando desaparece	R

Para reconocerlas es necesario pulsar un pulsador situado en la sala de máquinas el cual para automáticamente la bocina.

Debido a las peculiaridades de este sistema estas alarmas provocan un registro diferente cuando son reconocidas. Es una nueva señal con el nombre anterior más el sufijo ACK. El registro es el siguiente:

**Tabla N° 21**

Acción	Log_action
Cuando se genera	G
Coincide con el reconocimiento de la anterior	

### 6.9.1.3 Alarmas de mantenimiento.

Las alarmas de mantenimiento se generan cuando las horas acumuladas de marcha de un determinado equipo alcanzan el setpoint de mantenimiento fijado por los responsables.

Para borrar estas alarmas se debe pulsar el botón “RESET” correspondiente.

Como estas alarmas pueden ser borradas antes de ser reconocidas el registro que aparece en cada caso es el siguiente:

**Tabla N° 22**

<b>Accion</b>	<b>Log_action</b>
Cuando se genera	G
Cuando se reconocen	A
Cuando se borran	G

### 6.9.1.4 Alarmas del sistema.

Las alarmas del sistema son las propias del WinCC flexible, se producen cuando algún proceso propio deja de funcionar o cuando se produce un fallo de comunicación ETHERNET, etc.

La mayoría de estas alarmas se borran cuando se reconocen mediante el pulsador “ACK ALL”, siempre que ya no estén activas.

El registro depende de la alarma.

### 6.9.1.5 Operación “runtime”.

Esta nos permite un mejor estudio de las alarmas, en la parte superior de la pantalla se puede seleccionar la fecha y hora de inicio y de final de las alarmas que se requieren visualizar. El sistema efectúa un filtro automático.

STAR DATE-TIME:	END DATE-TIME
31/12/2000 10:59:59	31/12/2000 10:59:59

En la figura siguiente aparece la pantalla descrita.

LISTA DE ALARMAS						
Nº	FECHA	TIEMPO	MENSAJE	GRUPOS	CLASE	ACK
Nº1			B.NIVEL TANQUE COMPEN:AGUA DULCE	MOTOR PROPUL	ALARMA	Y
Nº2						
Nº3						
Nº4						
Nº5						
Nº6						
Nº7						
Nº8						
Nº9						
Nº10						
Nº12						
Nº13						
Nº14						
Nº15						
Nº16						
Nº17						
Nº18						
Nº19						

000
ACK
DELETE
ACK ALL
HISTORICO ALARM

MOT.PROPUL	MOTOR AUX.1	MOTOR AUX.2	MOTOR AUX HIDRAULICO	ALARMAS VARIAS	CUBAS	10:59:5
------------	-------------	-------------	----------------------	----------------	-------	---------

**Pantalla N° 9**

## 6.10 Configuración Alarmas de Mantenimiento.

Para una mejor optimización de la instalación se ha implementado un sistema de avisos y alarmas para efectuar los mantenimientos oportunos de todos aquellos elementos de los que se tiene señal de marcha.

Con dicha señal se cuenta las horas de funcionamiento de cada elemento y se comparan con un valor en horas que se fijará en esta pantalla.

INTERVALOS MANTENIMIENTO							
	MENSAJE	TIEMP.OPER.	ULTIM.REV	RESET	H.H:MMFUNC.	INTERV.	
Nº1	MANTENIMIENTO MOTOR PROPULSOR	00000	31/12/200210	REINICIO	0000	0	
Nº2	MANTENIMIENTO MOTOR AUXILIAR 1	00000	31/12/200210	REINICIO	0000	0	
Nº3	MANTENIMIENTO MOTOR AUXILIAR 2	00000	31/12/200210	REINICIO	0000	0	
Nº4	MANTENIMIENTO MOTOR AUX. HIDRAULICO	00000	31/12/200210	REINICIO	0000	0	
Nº5	MANTENIMIENTO DE CUBAS	00000	31/12/200210	REINICIO	0000	0	
Nº6	MANTENIMIENTO SENSOR NIVEL SENTINA	00000	31/12/200210	REINICIO	0000	0	
Nº7	MANTENIMIENTO TANQ. DIARIO COMBUSTIB.	00000	31/12/200210	REINICIO	0000	0	
Nº8	MANTENIMIENTO TANQ. AGUAS FECALES	00000	31/12/200210	REINICIO	0000	0	
Nº9	MANTENIMIENTO BATERIAS	00000	31/12/200210	REINICIO	0000	0	
Nº10	MANTENIMIENTO A CONDENSADOR 1	00000	31/12/200210	REINICIO	0000	0	
Nº12	MANTENIMIENTO A BOMBA CONDENSADOR 1	00000	31/12/200210	REINICIO	0000	0	
Nº13	MANTENIMIENTO CONDENSADOR 2	00000	31/12/200210	REINICIO	0000	0	
Nº14	MANTENIMIENTO A BOMBA SERVOMOTOR	00000	31/12/200210	REINICIO	0000	0	
Nº15	MANTENIMIENTO A SEPARADOR DE SENTINA	00000	31/12/200210	REINICIO	0000	0	
Nº16	MANTENIMIENTO COMPRESOR FRIO Nº1	00000	31/12/200210	REINICIO	0000	0	
Nº17	MANTENIMIENTO COMPRESOR FRIO Nº2	00000	31/12/200210	REINICIO	0000	0	
Nº18	MANTENIMIENTO COMPRESOR FRIO Nº3	00000	31/12/200210	REINICIO	0000	0	
MOT.PROPUL	MOTOR AUX. 1	MOTOR AUX. 2	MOTOR AUX HIDRAULICO	ALARMAS VARIAS	CUBAS	10:59:5	

### Pantalla Nº 10

Cuando las horas de funcionamiento sean iguales o superiores a dicho valor se dará una alarma de mantenimiento.

Una vez efectuado el mantenimiento correspondiente a cada elemento se deberá pulsar el botón de reset de dicho elemento. Este reset pondrá a cero los contadores de horas y de minutos y por tanto la alarma podrá ser borrada del display. El sistema pedirá confirmación.

Para fijar el setpoint de alarma, pulsar con el ratón sobre el valor correspondiente e introducir un nuevo valor pulsando después la tecla intro. Aumentando el setpoint de alarma por encima de las horas acumuladas también se pueden borrar las alarmas correspondiente.

**CAPITULO VII**  
**INSTALACION DE HARDWARE Y SOFTWARE**

## **7.1 Parámetros de funcionamiento.**

El terminal de diálogo permite hacer las siguientes funciones básicas:

Muestra el estado actual de la instalación

Indica al operador las alarmas existentes, así como un histórico de eventos pasados.

Permite el ajuste de parámetros de funcionamiento de la planta, como se describe en los siguientes apartados.

Se trata de un terminal táctil. Para interactuar con las pantallas es necesario únicamente recordar lo siguiente:

Los campos que aparecen indicados en la pantalla con forma de botón, fundamental para pasar de una pantalla a otra, funcionan simplemente pulsando sobre ellos.

Para cambiar los campos numéricos (ajuste de planta, etc), basta con pulsar también sobre el valor numérico. Al hacerlo, se abre una ventana que presenta un teclado para introducir el nuevo valor deseado. Para que el valor introducido sea aceptado es necesario pulsar la tecla “Enter” que aparece en esa pantalla. En caso contrario, el valor no se actualiza. Hay que tener en cuenta que no todos los valores permiten ser modificados.

## **7.2 Características de la Pantalla.**

Las pantallas están organizadas en una estructura tipo “árbol”, pudiendo pasar de unas a otras pulsando en zonas indicadas en cada pantalla. En la pantalla inferior de todas ellas se encuentran una barra de herramientas, comunes a

todas ellas, que cambia según el campo seleccionado por el operador en la pantalla.

En situación normal, la barra inferior de la pantalla existe una barra de menú en la cual podemos observar Menú, Lista de Alarma, Historia de Alarma, Sistema, Alarmas Digitales Agrupadas y también la Fecha y hora correctas para que la indicación que aparece en las alarmas, explicada posteriormente, sea de utilidad.



Pulsando el botón que se encuentra a la izquierda, se presenta nuevas opciones:



Pulsando en el botón con la flecha se cierra esta barra de herramienta y regresamos a la pantalla anterior, de igual manera si pulsamos cualquiera de los botones de la barra de herramienta visualizamos cualquiera de estas según las necesidades del operador.

### 7.2.1 Pantalla Menú del Terminal.

Las opciones más importantes de esta pantalla son las relaciones con las alarmas.

Concretamente hay dos “alarmas”, explicadas en este capítulo, que indica las alarmas presentes en el sistema, e “históricos”, que permite ver la lista de alarmas que han ocurrido en el sistema en el pasado.



Pantalla N° 11

### 7.2.2 Pantalla Lista de Alarmas.

Tecla “alarmas”, muestra una Lista de Alarmas activas en el sistema.

Pulsando en las teclas de desplazamiento que aparecen en la parte izquierda de la pantalla es posible moverse a través de la lista.

El botón marcado como “ACK” permite reconocer la alarma seleccionada en el terminal, pero esto únicamente cambia el color en el que se muestra dentro de la lista de alarma. El botón “ACK ALL” reconoce todas las alarmas activas dentro de la lista. Cuando desaparece una alarma por reconocimiento exterior o restablecimiento del error que produjo dicha alarma, desaparece de este listado de forma automática.

LISTA DE ALARMAS						
	FECHA	TIEMPO	MENSAJE	GRUPOS	CLASE	ACK
Nº1			B.NIVEL.TANQUE.COMPEN.AGUA.DULCE	MOTOR PROPUL.	ALARMA	Y
Nº2						
Nº3						
Nº4						
Nº5						
Nº6						
Nº7						
Nº8						
Nº9						
Nº10						
Nº12						
Nº13						
Nº14						
Nº15						
Nº16						
Nº17						
Nº18						
Nº19						

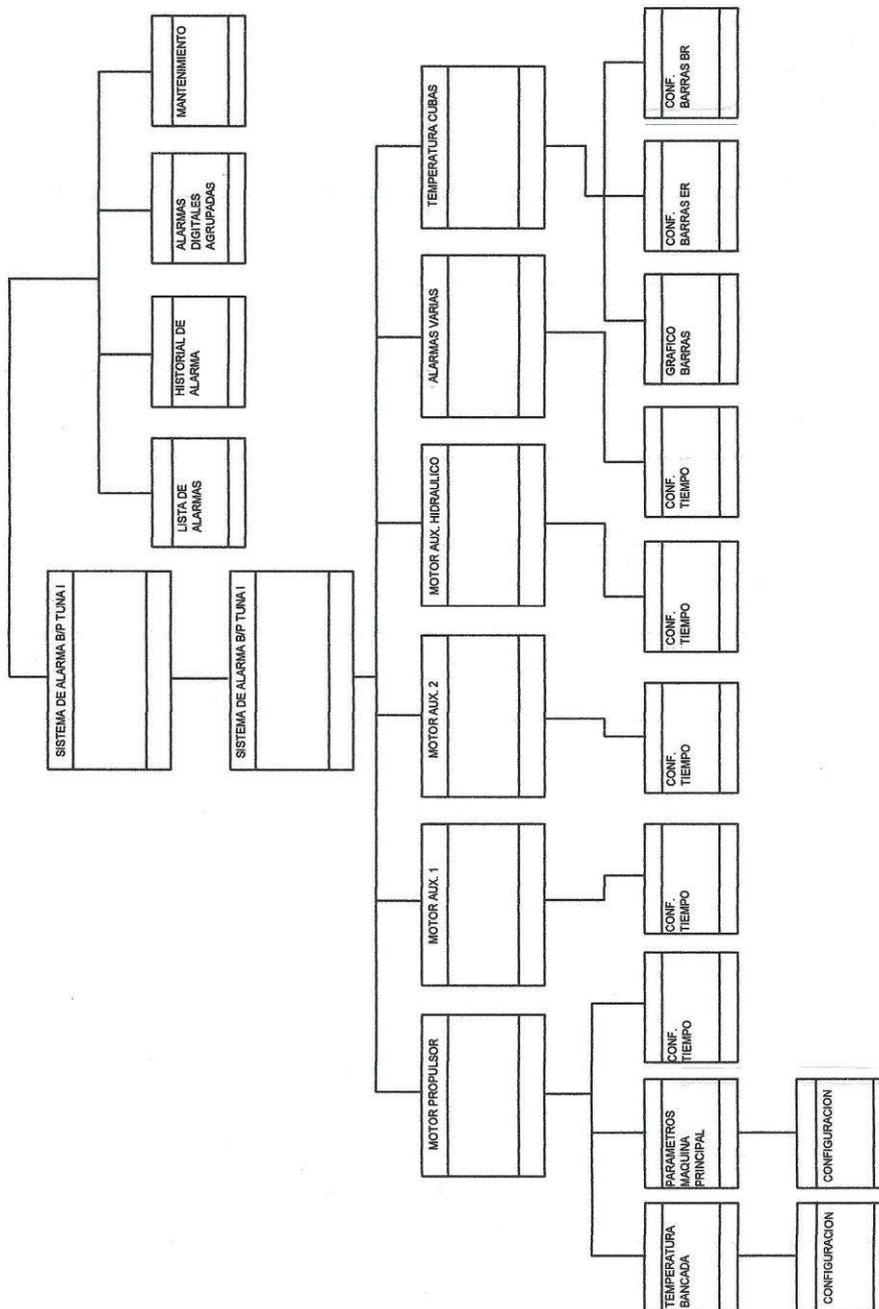
000    ACK    DELETE    ACK ALL    HISTORICO ALARM

MOT.PROPUL	MOTOR AUX.1	MOTOR AUX.2	MOTOR AUX HIDRAULICO	ALARMAS VARIAS	CUBAS	10:59:5
------------	-------------	-------------	----------------------	----------------	-------	---------



### 7.3 Diagrama en bloques de la secuencia de funcionamiento de las Pantallas.

Fig N° 28



#### **7.4 Modo de Operación.**

El modo de operación es básicamente la visualización de las alarmas, a través de un listado de alarma genérico explicado anteriormente, la visualización de alarmas por cada micro de control de la instalación modificada de los tiempos de las alarmas, así como la visualización de parámetros de valor y consigna, como temperaturas, presiones, etc.

El modo de actuación es el siguiente: Cada pantalla posee botones, pulsando en el botón correspondiente al acceso de la pantalla que se desee visualizar se accede a dicha pantalla.

Desde esta pantalla se puede acceder a las diferentes pantallas del terminal, así como la pantalla de modificación de tiempos de alarmas pulsando sobre los botones para este fin.



## Pantalla N° 12

La pantalla principal que representa las alarmas agrupadas de los diferentes equipos la interpretación de los pilotos de indicación de alarmas es la siguiente:

PILOTO INTERMITENTE: Alarma no reconocida.

PILOTO FIJO: Alarma reconocida y no reconocida.

PILOTO FC/FS INTERMITENTE: Representa un fallo de canal o sensor.

## 7.4.1 Motor Propulsor.



**Pantalla N° 13**

Accediendo a esta pantalla desde la principal se visualizan las alarmas y el estado correspondiente al motor propulsor desde esta pantalla se puede acceder a la pantalla de configuración de tiempos botón “Conf. Tiempos” o retroceder a la principal “Menú Principal”.

La interpretación de los pilotos de indicación de alarmas es la siguiente:

PILOTO INTERMITENTE: Alarma no reconocida.

PILOTO FIJO: Alarma reconocida y no reconocida.

PILOTO FC/FS INTERMITENTE: Representa un fallo de canal o sensor.

## 7.4.2 Motores auxiliares.



**Pantalla N° 14**

Accediendo a esta pantalla desde la principal se visualizan las alarmas y el estado correspondiente al “Motor Auxiliar 1” desde esta pantalla se puede acceder a las pantallas de configuración de tiempos botón “Conf. Tiempos” o retroceder a la principal, y a las alarmas de los diferentes motores auxiliares a través de cada uno de los botones de acceso en estas pantallas se ha generado un bucle que desde una se accede a cualquier otra y se puede retroceder a la anterior.

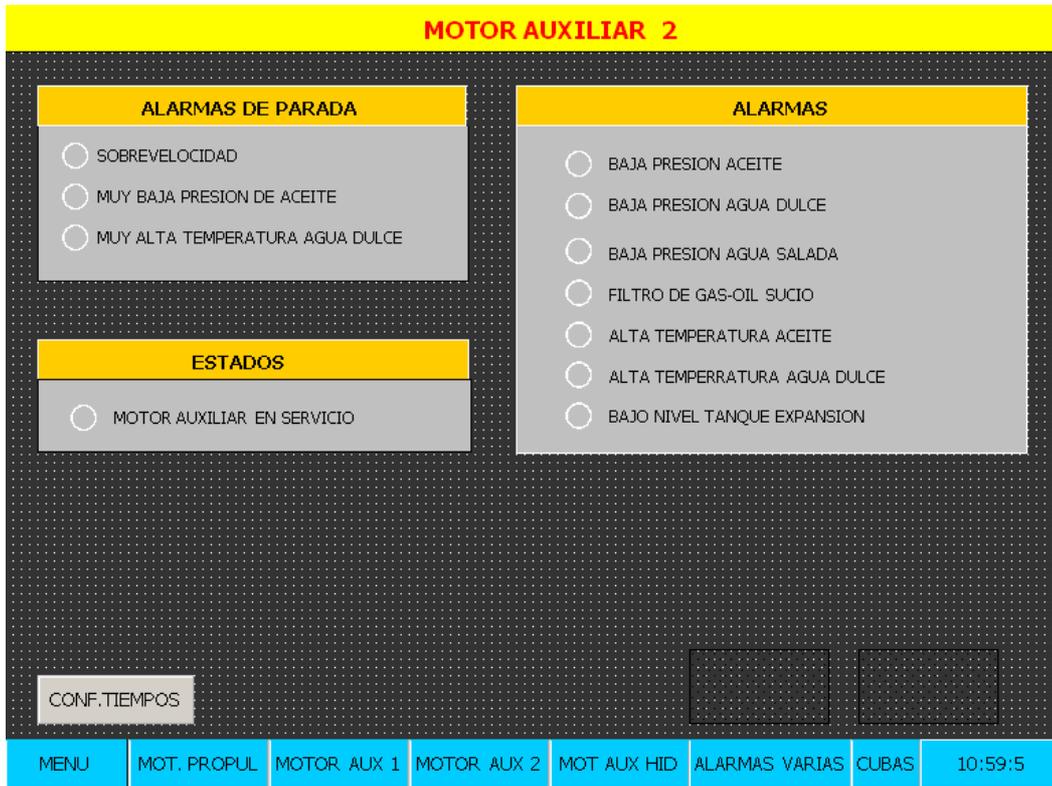
La interpretación de los pilotos de indicación de alarmas es la siguiente:

PILOTO INTERMITENTE: Alarma no reconocida.

PILOTO FIJO: Alarma reconocida y no reconocida.

PILOTO FC/FS INTERMITENTE: Representa un fallo de canal o sensor.

### 7.4.2.1 Motor Auxiliar 2.



**Pantalla N° 15**

Accediendo a esta pantalla desde la principal se visualizan las alarmas y el estado correspondiente al “Motor Auxiliar 2” desde esta pantalla se puede acceder a las pantallas de configuración de tiempos botón “Conf. Tiempos” o retroceder a la principal, y a las alarmas de los diferentes motores auxiliares a través de cada uno de los botones de acceso en estas pantalla, que están en la parte inferior de cada una de las pantallas

La interpretación de los pilotos de indicación de alarmas es la siguiente:

PILOTO INTERMITENTE: Alarma no reconocida.

PILOTO FIJO: Alarma reconocida y no reconocida.

PILOTO FC/FS INTERMITENTE: Representa un fallo de canal o sensor.

### 7.4.2.2 Motor Auxiliar hidráulico.



**Pantalla N° 16**

Accediendo a esta pantalla desde la principal se visualizan las alarmas y el estado correspondiente al “Motor Auxiliar Hidráulico” desde esta pantalla se puede acceder a las pantallas de configuración de tiempos botón “Conf. Tiempos” o retroceder a la principal, y a las alarmas de los diferentes motores auxiliares a través de cada uno de los botones de acceso en estas pantalla, que están en la parte inferior de cada una de las pantallas

La interpretación de los pilotos de indicación de alarmas es la siguiente:

PILOTO INTERMITENTE: Alarma no reconocida.

PILOTO FIJO: Alarma reconocida y no reconocida.

PILOTO FC/FS INTERMITENTE: Representa un fallo de canal o sensor.

### 7.4.2.3 Alarmas Generales.



**Pantalla N° 17**

Accediendo a esta pantalla desde la principal se visualizan las alarmas y el estado correspondiente alarmas varias, desde ésta pantalla se puede acceder a las pantallas de configuración de tiempos botón “CONF.TIEMPOS” o retroceder a la pantalla principal, y a las alarmas varias generales y fallo equipos a través de cada uno de los botones de acceso en estas pantallas se ha generado un bucle que desde una se accede a cualquier otra y se puede retroceder a la anterior.

La interpretación de los pilotos de indicación de alarmas es la siguiente:

PILOTO INTERMITENTE: Alarma no reconocida.

PILOTO FIJO: Alarma reconocida y no reconocida.

PILOTO FC/FS INTERMITENTE: Representa un fallo de canal o sensor.

### **7.5. Pantallas visualización de señales analógicas.**

Accediendo a esta pantalla desde la principal se visualizan los diferentes parámetros analógicos a través de unos gráficos de barras la forma de representación de estos gráficos es la siguiente:

Presiones: valor por encima de la consigna de alarma gráfico color verde.

Valor por debajo de la consigna de alarma gráfico color ámbar.

Temperaturas: valor por encima de la consigna de alarma gráfico color ámbar.

Valor por debajo de la consigna de alarma gráfico color verde.

Desde estas pantallas se puede acceder a las pantallas indicadas en la barra de la parte inferior, además tenemos un botón de configuración y uno que nos permite avanzar a la siguiente o retroceder a la anterior.



MOTOR PROPULSOR	MOTOR AUX	MOTOR AUX	MOTOR AUX HIDRAULICO	ALARM VARIAS	CUBAS	31/12/200010:59:59
-----------------	-----------	-----------	----------------------	--------------	-------	--------------------

### **7.5.1. Pantalla “Parámetros de la maquina principal” gases de escape.**

Accediendo a esta pantalla general desde la principal se puede seleccionar la pantalla a visualizar de las diferentes disponibles en esta sección, por tanto tendremos:

Visualización de temperatura y desviaciones de cilindros 1...4 de línea “A”.

Setpoint y alarmas cilindros 1...4 de línea “A”.

Visualización de temperaturas y desviaciones de cilindros 5...8 de línea “A”.

Setpoints y alarmas cilindros 5...8 de línea “A”.

Visualización de temperatura y desviaciones de cilindros 1...4 de línea “B”.

Setpoint y alarmas cilindros 1...4 de línea “B”.

Visualización de temperaturas y desviaciones de cilindros 5...8 de línea ”B”.

Setpoints y alarmas cilindros 5...8 de línea “B”.

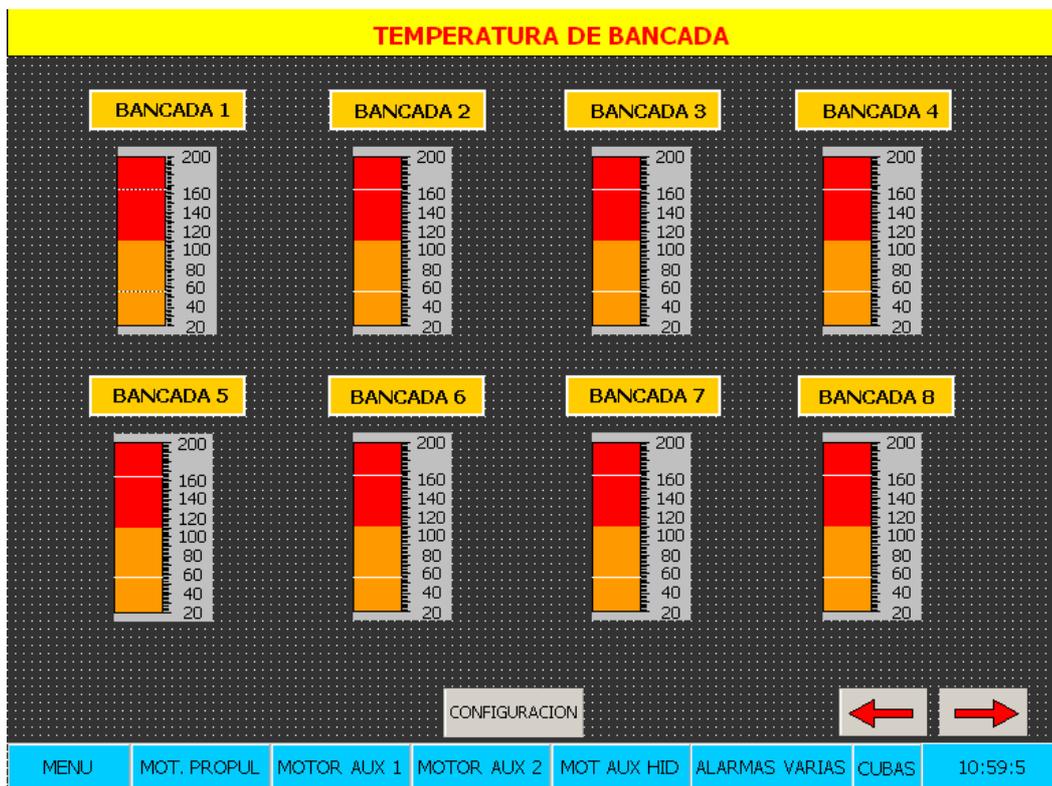
Visualización, setpoints y alarmas de T media y turbos.

En la figura siguiente aparece la pantalla “Parámetros de la máquina principal”. Gases de escape.

PARAMETROS DE LA MAQUINA PRINCIPAL																	
PRES.ACEITE		TEMP.ACEIT		PRES.AGUA		TEMP.AGUA		PRES.ACEITE REDUCTORA		TEMP.ACEITE REDUCTORA		PRES.ACEITE TURBO		TEMP.AGUA TURBO		TIEMP.DE OPERACION	TIEMP.OPER. FINAL
000 PSI		000 °F		000 PSI		000 °F		000 PSI		000 °F		000 °F		000 °F		000 H	000 H
MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MANTENIM	
CONFIGURACION																	
MENU	MOT. PROPUL	MOTOR AUX 1	MOTOR AUX 2	MOT AUX HID	ALARMAS VARIAS	CUBAS	10:59:5										

### 7.5.2. Pantalla “Temperatura de bancada”.

Las pantallas gráficos de barra visualizan los diferentes parámetros analógicos de temperatura y desviación de los cilindros. La forma de representación de estos gráficos es la siguiente:



**Temperaturas:** valor por encima de la consigna de alarma gráfico color rojo.

Valor por debajo de la consigna de alarma gráfico color naranja.

**Desviaciones:** es el valor resultante de restar la media de todos los cilindros con respecto a un cilindro en concreto, este valor puede ser positivo o negativo. Para representar gráficamente estos datos se han utilizado unos

gráficos con cursor en la parte central del gráfico, el cual se desplaza por encima o por debajo del punto DESV.0 según el resultado de dicha resta.

Desde esta pantalla se puede acceder a la pantalla de setpoints y a cualquiera de las pantallas de las alarmas con los botones que están en la barra de menú.

De la misma forma se visualiza las alarmas por temperatura o por desviación superior o inferior.

La interpretación de los pilotos de indicación de alarmas es la siguiente:

PILOTO INTERMITENTE: Alarma no reconocida.

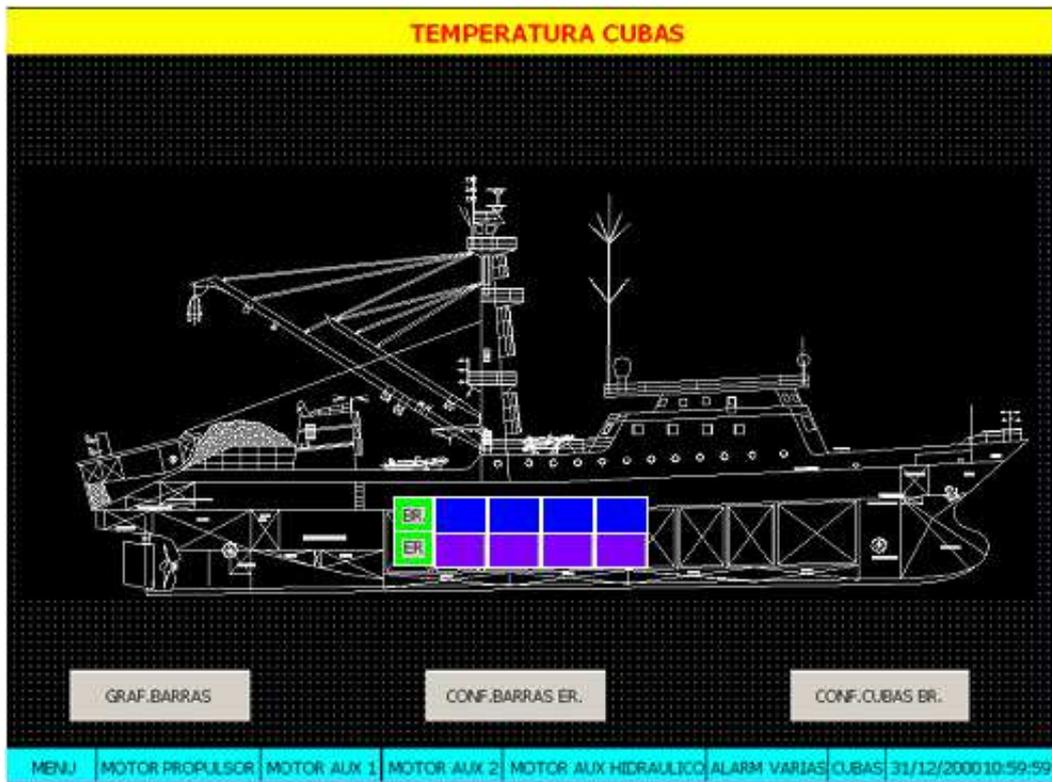
PILOTO FIJO: Alarma reconocida y no reseteada.

INDICACION FC/FS INTERMITENTE: Representa un fallo de canal o sensor.

Desde esta pantalla también se puede retroceder a la pantalla de “Parámetros de la Maquina Principal” o al menú principal.

### 7.5.3. Pantalla “Temperatura de cubas”.

Accediendo a esta pantalla desde la principal se representa una disposición general de la totalidad de las cubas que alberga el atunero, con el valor de la temperatura de cada cuba y el estado de estas (Habilitada, cuadro con fondo azul, o deshabilitada, en cuadro con fondo gris), también presenta un piloto de alarma en cubas, con el mismo tratamientos que el resto de alarmas.



**Pantalla N° 18**

Se han previsto una serie de botones con el fin de realizar el acceso a las diferentes pantallas relacionadas con la parametrización de cubas:

Gráficos de barras

Configuración de cubas ER. (Estribor)

Configuración de cubas BR. (Babor)

Vuelta a página principal del terminal.

Desde esta pantalla se puede acceder a pantallas de visualización de los diferentes parámetros analógicos a través de unos gráficos de barras la forma de representación de estos gráficos es la siguiente:

Temperaturas, para este tipo de datos se ha previsto un gráfico de barras con escala (-60 - 0 - +60), siendo el punto 0 la parte media de gráfico, y el origen del gráfico la parte inferior del mismo, por lo tanto la forma de interpretación del gráfico será la siguiente basándonos en los siguientes dibujos:



Dibujo 1



Dibujo 2

Podemos ver que para una consigna de alarma de **8°C**.

En el caso de la figura 1 la temperatura es de **6°C** por lo tanto está por debajo del punto de alarma, entonces en la barra de color azul que es la que nos indica la temperatura se visualiza un pequeño incremento lo cual nos indica

que está por debajo del punto de alarma, es decir tenemos una temperatura **OK**.

En el caso de la figura 2 la temperatura es de **35°C**, podemos ver un incremento en la franja azul lo cual indica que la temperatura está por encima del punto de alarma, por lo tanto tenemos una temperatura **NO OK**.

#### 7.5.4. Pantalla “Gráfico de Barras”.



#### Pantalla N° 18

En esta pantalla podemos visualizar la barras de cada una de las cubas en ellas podemos ver las temperaturas de las mismas, para valores negativos de temperatura la interpretación es la misma que la explicada anteriormente.

Desde esta pantalla se puede acceder a las pantallas de consignas “Configuración” o retroceder a la principal, además tenemos acceso a cualquiera de las pantallas que están en la barra de menú que se encuentra en la parte inferior de la misma.

### **7.5.5 Configuración de tiempos”**

La mayoría de las alarmas digitales disponen de la posibilidad de asignarles un tiempo de confirmación antes que se produzca dicha alarma, para este fin se ha previsto una pantalla a la que se accede desde cada una de las pantallas de alarmas digitales y se sale pulsando “Menú”.

El modo de actuación sobre este listado es el siguiente:

En la pantalla para este fin hay un rectángulo amarillo, asociado a la lista de alarmas, pulsando sobre este campo se habilita; entonces con los cursores que aparecen en la parte inferior se busca dentro de la lista, la alarma que se desee consultar, una vez localizada se valida con “ENTER”. A continuación en el cuadro asociado a tiempo de alarma, aparecerá el tiempo que para la alarma seleccionada tiene asociado. Este parámetro se puede modificar, si se desea, desde el terminal.

### 7.5.6 Listado de alarmas del proyecto.

Listado de alarmas que se pueden modificar desde esta pantalla:

**Tabla N° 23**

Nº	ALARMA
1	ALARMA GASES DE ESCAPE
2	ALARMA TEMPERATURA DE CUBAS
3	FALLO CARGADOR DE BATERIAS
4	ALARMA EN COMPRESORES
5	ALARMA AGRUPADA TEMPERATURA DE CUBAS
6	SOBREVELOCIDAD MOTOR PROPULSOR
7	B.PRESION ACEITE DISTRI. Y TURBO MOTOR PROPUL.
8	B PRESION DE AGUA DULCE BABOR MOTOR PROPUL.
9	B.PRESION DE AGUA DULCE ESTRIBOR MOTOR PROPUL.
10	B. PRESION COMBUSTIBLE MOTOR PROPUL.
11	B. PRESION AIRE EMBRAGE MOTOR PROPULSOR.
12	ALTA TEMPERATURA AGUA DULCE M. PROPULSOR.
13	B. PRESION DE AGUA SALADA MOTOR PROPULSOR.
14	B. PRESION AIRE ARRANQUE MOTOR PROPULSOR.
15	ALTA PRESION CARTER MOTOR PROPULSOR.
16	FILTRO DE AIRE DE ADMISION SUCIO MOTOR PROPULSOR.
17	FILTOR DE GAS-OIL SUCIO MOTOR PROPULSOR.
18	BAJA PRESION ACEITE MOTOR PROPULSOR.
19	SOBRECARGA MOTOR PROPULSOR.
20	RESERVA 1 MOTOR PROPULSOR.
21	RESERVA 2 MOTOR PROPULSOR.
22	SOBREVELOCIDAD MOTOR AUX. 1
23	MUY BAJA PRESION ACEITE PARADA MOTOR AUX. 1
24	MUY ALTA Tª AGUA DULCE PARADA MOTOR AUX. 1
25	BAJA PRESION ACEITE MOTOR AUX. 1
26	BAJA PRESION DE AGUA DULCE MOTOR AUX. 1
27	ALTA Tª ACEITE MOTOR AUX. 1
28	ALTA Tª AGUA DULCE MOTOR AUX. 1
29	FILTRO GAS-OIL SECUND. SUCIO MOTOR AUX. 1
30	BAJA PRESION AGUA SALADA MOTOR AUX. 1

<b>Nº</b>	<b>ALARMA</b>
31	BAJO NIVEL TANQUE EXPANSION MOTOR AUX. 1
32	SOBREVELOCIDAD MOTOR AUX. 2
33	MUY BAJA PRESION ACEITE PARADA MOTOR AUX. 2
34	MUY ALTA Tª AGUA DULCE PARADA MOTOR AUX. 1
35	BAJA PRESION ACEITE MOTOR AUX. 2
36	BAJA PRESION DE AGUA DULCE MOTOR AUX. 2
37	ALTA Tª ACEITE MOTOR AUX. 2
38	ALTA Tª AGUA DULCE MOTOR AUX. 2
39	FILTRO GAS-OIL SECUND. SUCIO MOTOR AUX. 2
40	BAJA PRESION AGUA SALADA MOTOR AUX. 2
41	BAJO NIVEL TANQUE EXPANSION MOTOR AUX. 2
42	SOBREVELOCIDAD MOTOR AUX. HIDRAULICO
43	MUY BAJA PRESION ACEITE PARADA MOTOR AUX. HIGRAULICO
44	MUY ALTA Tª AGUA DULCE PARADA MOTOR AUX. HIDRAULICO.
45	BAJA PRESION ACEITE MOTOR AUX. HIDRAULICO
46	BAJA PRESION DE AGUA DULCE MOTOR AUX. HIDRAULICO
47	ALTA Tª ACEITE MOTOR AUX. HIDRAULICO
48	ALTA Tª AGUA DULCE MOTOR AUX. HIDRAULICO
49	FILTRO GAS-OIL SECUND. SUCIO MOTOR AUX. HIDRAULICO
50	BAJA PRESION AGUA SALADA MOTOR AUX. HIDRAULICO
51	BAJO NIVEL TANQUE EXPANSION MOTOR AUX. HIDRAULICO
52	BOMBA REFRIGERACION ACEITE AUX. HIDRAULICO
53	BAJA TENSION BATERIAS EMERGENCIA
54	ALARMA DE INCENDIO
55	BAJA PRESION AGUA SALADA CONDENSADOR 1
56	NIVEL DE SENTINAS MAQUINA PROA
57	ANOMALIA SERVO TIMON
58	ANOMALIA SEPARADOR SENTINA
59	BAJO NIVEL TANQUE DIARIO 1
60	ALTO NIVEL TANQUE DIARIO 1

<b>Nº</b>	<b>ALARMA</b>
61	B. NIVEL TANQUE COMPEN. AGUA DULCE MOTOR PROPUL.
62	B. NIVEL TANQUE ACEITE HIDRAULICO PROA
63	ALTO NIVEL SENTINA MAQUINAS
64	ALTO NIVEL SENTINA TUNEL
65	ALTO NIVEL SENTINA SONAR
66	A.P. SEPARADOR AMONIACO GOLPE LIQUIDO Nº 1
67	A.P. SEPARADOR AMONIACO GOLPE LIQUIDO Nº 2
68	BAJA PRESION ACEITE COMPRESOR FRIO Nº 1
69	BAJA PRESION ACEITE COMPRESOR FRIO Nº 2
70	BAJA PRESION ACEITE COMPRESOR FRIO Nº 3
71	ALTO NIVEL TANQUE AGUAS FECALES
72	ALTO NIVEL DE LODO
73	

## **7.6 Selección de equipos.**

Para este proyecto de tesis se utilizaron equipos de la marca SIEMENS de la gama S7-200.

Este sistema de alarma está basado en microprocesador, es un sistema modular programable de fácil manejo y mantenimiento.

El software de control es el programa de automatización desarrollado para los PLC de la serie S7. Este programa contiene instrucciones perfectamente acopladas a las necesidades de automatización del control de máquinas de este proyecto.

Para toda la familia de autómatas Simatic S7 se emplean los siguientes lenguajes de programación:

- Lista de instrucciones (AWL)
- Esquemas de contacto (KOP): se representa gráficamente con símbolos eléctricos, o también conocido como “ladder logic”.

Internamente el autómata solo trabaja con lista de instrucciones, KOP es traducido a AWL por Step7. Las instrucciones son las órdenes lógicas elementales que el sistema debe obedecer.

### **7.6.1 SIMATIC S7-200.**

El SIMATIC S7-200 es ciertamente un micro-PLC al máximo nivel, es compacto y potente; particularmente en lo que atañe a respuesta en tiempo real, rápido y ofrece una conectividad extraordinaria y todo tipo de facilidades en el manejo de software y del hardware.

Es por esta razón se escogió este equipo para realizar este proyecto además a continuación citaremos otras de las características importantes del mismo.

El micro-PLC SIMATIC S7-200 responde a una concepción modular consecuente que permite soluciones a la medida que no quedan sobredimensionadas y además puede ampliarse en cualquier momento.



**Fig N° 29**

El SIMATIC S7-200 está plenamente orientado a maximizar la rentabilidad.

En efecto, toda la gama ofrece

- Alto nivel de prestaciones,
- Modularidad óptima y
- Alta conectividad.

El SIMATIC S7-200 simplifica al máximo el trabajo: el micro-PLC puede programarse de forma muy fácil. Así podrá realizar rápida y simplemente aplicaciones; además, las librerías complementarias para el software facilitan aún más el trabajo con este equipo, haciéndolo de una manera simple y rápida.

Entre tanto, este micro-PLC ha probado su eficacia en millones de aplicaciones en todo el mundo, tanto funcionando aislado como integrado en una red.

### **7.6.2 Comunicación.**

Existen dos opciones de programación para conectar el PC al S7-200:

- 1.- Una conexión directa vía un cable PPI multimaestro.
- 2.- u procesador de comunicaciones (CP) con un cable MPI.

El cable de programación PPI multimaestro es el método más usual y más económico de conectar el PC al S7-200.

Este cable una el puerto de comunicación del S7-200 con el puerto serie del PC, además este cable también se puede utilizar para conectar otros dispositivos de comunicación al S7-200.

Las posibilidades de comunicación del micro-PLC SIMATIC S7-200 son únicas.

Los puertos estándar RS-485 integrados pueden operar con velocidades de transferencia comprendidas entre 0,3 y 187,5 kbits/s; a saber:

- Operando como bus de sistema con un máximo de 126 estaciones o nodos. Esto permite interconectar sin problemas p. ej. Programadoras, productos

SIMATIC HMI y CPUs SIMATIC. En el caso de redes compuestas únicamente por S7-200 se utiliza el protocolo PPI integrado. En una red con componentes de la gama TIA (SIMATIC S7-300/400 y SIMATIC HMI, etc.) las CPUs S7-200 se integran en calidad de esclavos MPI.

- En modo libremente programable (hasta máx. 115,2 kbaudios) con protocolos personalizados por el usuario (p. ej. protocolo ASCII).

Con ello el SIMATIC S7-200 ofrece conectividad para cualquier equipo, p. ej. módems, impresoras, lectores de código de barras, PCs, PLCs no Siemens y muchos más. El protocolo USS para accionamientos permite controlar sin necesidad de hardware adicional hasta 31 variadores SINAMICS.

- La librería Modbus RTU incluida en el suministro permite conectividad también a una red Modbus RTU.

### **7.6.3 Partes internas y complementarias del equipo (S7-200).**

Está compuesto básicamente por los siguientes elementos:

- Fuente de alimentación 24 VCC con un margen de + - 30%.
- Micro controlador o CPU.
- Memoria EPROM cuando recibe el programa de aplicación.
- Memoria RAM no volátil donde se almacena la configuración particularizada del equipo o alarma.
- Puerto serie de comunicación RS-232.
- Módulos de entrada o salida, todas ellas digitales.
- Sirenas
- Luces giroscópicas

### **7.6.3.1 Equipos complementarios óptimos.**

**Fuente de alimentación.-** Una fuente óptima adaptada al SIMATIC S7-200 es la SITOP power 27/3.5 A es la fuente de alimentación óptima cuando la CPU SIMATIC S7-200 estándar no tiene capacidad suficiente para alimentar todas las cargas. Esta fuente conmutada está plenamente adaptada, tanto para diseño como en funcionalidad, al micro-PLC. Puede ingresar en el conjunto como cualquier otro módulo S7-200.



**Fig N° 30**

Para aplicaciones rudas: SIPLUS additions Aplicación bajo condiciones extremas. Tanto si necesita componentes aptos para funcionar bajo las condiciones más hostiles, protección contra condensaciones o simplemente otros valores de tensión, la solución se llama: SIPLUS additions. Esta gama permite adaptar sus CPUs a los requisitos específicos.



**Fig N° 31**

### **7.6.3.2 Módulo de memoria.**

A más de la memoria interna que lleva este equipo (RAM, EPROM), se puede contar con un módulo EPROM opcional que permite ahorrar mucho tiempo y gastos. Sirve por ejemplo para copiar en el PLC el programa de usuario, actualizarlo o sustituirlo. Y, en caso de necesidad, sirve como recipiente para enviar el programa rápida y económicamente a otra persona a la que queramos enviar el programa. Una vez allí basta con desconectar la alimentación, enchufar el módulo y volver a conectar la alimentación, esto es todo lo que hay que hacer para actualizar el programa. Ya sea para documentar un proyecto, manipular recetas o registrar datos, estos módulos de memoria están disponibles con 64 KB ó 256 KB.

### **7.6.3.3 Modulo de pila.**

Y para no perder ni solo un dato de usuario hemos creado el módulo de pila opcional para respaldo a largo plazo con una autonomía total de 200 días, cifra muy superior a la que ofrece el respaldo integrado, que es de unos 5 días.

#### **7.6.3.4 Reloj en tiempo real**

Ya sea contar horas de funcionamiento, conectar con antelación la calefacción de salas o etiquetar con tiempo y hora los mensajes: el reloj de tiempo real del S7-200 corre, tras su ajuste por software, con precisión al segundo, incluso en años bisiestos. Incluye cambio automático al horario de verano o de invierno.

#### **7.6.3.5 Potenciómetros analógicos**

Los potenciómetros analógicos integrados en el S7-200 permiten optimizar prácticamente «con la punta de los dedos» las secuencias del proceso y ajustar con gran precisión valores en memoria, valores de tiempo, pre ajustes de contadores u otros parámetros, todo ello sin intervenir en el programa. Es muy práctico poder modificar directo un tiempo de soldadura o una temporización de desconexión.



**Fig N° 32**

## **7.7 Conexión eléctrica de los componentes.**

**PLANO N° 1**

**Fig N° 33**

**PLANO N° 2**

**Fig N° 34**

## **7.8 Configuración del Hardware.**

Para la configuración del Hardware de este proyecto se llevó a cabo una serie de procedimientos, como sabemos, WinCC es una aplicación software IHMI (Integrated Human Machine Interface) que integra el software de controlador de planta en el proceso de automatización. Los componentes de WinCC permiten integrar sin problemas aplicaciones nuevas o ya existentes.

WinCC combina la arquitectura de las aplicaciones de Windows con la programación entornos gráficos, e incluye varios elementos destinados al control y supervisión de procesos.

El entorno de ingeniería de este proyecto engloba lo siguiente:

**Dibujo-** Para diseñar representaciones gráficas de planta

**Estructura de archivos-** para guardar datos/eventos marcados con fecha en una base de datos SQL

**Generador de informes-** para generar informes sobre los datos solicitados

**Administración de datos-** para definir y recopilar datos de toda la planta

**Tiempo de ejecución de WinCC-** Permitirá a los operadores interactuar con la aplicación directamente en la máquina o en este caso desde un centro de control.

Para crear las pantallas de este proyecto fue necesario realizar los siguientes pasos:

**1.- Crear un proyecto WinCC,** cuando abrimos WinCC aparece un cuadro de diálogo el mismo que nos permite escoger el tipo de proyecto que deseamos realizar en este caso podría ser: monousuario, multiusuario, o abrir un proyecto ya existente.

**2.- Seleccionar o instalar un PLC o un controlador,** aquí es donde definimos que dispositivo vamos a utilizar como interfaz de comunicación entre el PLC y WinCC, que en este caso escogimos para este proyecto el SIMATIC S7-200

**3.- Definir los Tag,** en este proyecto se pudieron utilizar dos tipos de Tag (variables):

**Tag Internos:** que son asignaciones de memoria dentro de WinCC que cumplen la misma funcionalidad que un PLC real. Pueden calcularse y modificarse dentro de WinCC.

**Tag de proceso:** son asignaciones de memoria dentro del PLC conectado a nuestro proceso (de un dispositivo similar).

**4.- Crear las imágenes de proceso:** para diseñar las imágenes de este proyecto o las pantallas antes mencionadas, se abrió primero el diseñador gráfico (Graphics Designer), en el que para optimizar nuestro escritorio fue conveniente organizar la barra de menús para así poder escoger las diferentes herramientas para el diseño de estas pantallas, tales como:

\* Gama de colores, asigna colores a los objetos seleccionados.

\* Gama de objetos, contiene objetos como: polígono, elipse, rectángulo, etc. Objetos inteligentes como: campos de entrada y salida, control de OLE, elemento OLE, etc. Así como los objetos de ventana (botones, casillas de verificación, etc.)

\* Asistente dinámico, ayuda a crear objetos dinámicos tales como objetos que se muevan.

\* Funciones de alineamiento, permite cambiar la posición absoluta de uno o varios objetos, altura y ancho

\* Funciones de zoom, define factor de zoom.

\* Barra de menús, contiene todos los comandos de menú para el diseñador gráfico

\* Barra de herramientas estándar, contiene los botones para realizar rápidamente los comandos más frecuentes.

\* Barra de capas, se utiliza para visualizar una de las 16 capas

**5.- Definir las características de tiempo de ejecución**, ahora se define las características de tiempo de ejecución para nuestro proyecto, entre otros aspectos determinaremos como aparecerán las pantallas en tiempo real.

**6.- Activar las imágenes en tiempo de ejecución**, se define la característica de tiempo de ejecución para nuestro proyecto. Determinaremos como aparecerá las pantallas en tiempo de ejecución.

**7.- Utilizar el simulador para comprobar las imágenes de proceso,** antes de conectar el proyecto al PLC activo se puede utilizar el simulador para probar el proyecto.

Las pruebas para toda la programación se la realizo utilizando el simulador STEP 7, en el cual uno puede forzar las distintas variables existentes en toda la programación y asegurarse que todo el proceso de la programación es el correcto.

Es necesario trabajar con Tag (variable) interno, por lo que habrá que reasignar los elementos que utilizan “Nivel tanque” a “Internal Nivel Tanque”, para esto es necesario activar el proyecto (durante el tiempo de ejecución) para garantizar que el simulador funcione correctamente.

Las pantallas a las que nos referimos se pueden observar en el capítulo N°6 y N°7, para las que se utilizaron herramientas gráficas como líneas, rectángulos, botones, círculos, colores, y las variables internas y de proceso todo con su respectiva configuración explicada anteriormente.

Finalmente se obtuvo el objetivo trazado que en este caso fue el diseño de las pantallas para poder aplicarlas al barco TUNA II, y los resultados se lograron exitosamente ya que en la actualidad el buque se encuentra operativo realizando sus tareas de pesca.

## 7.9 Montaje y conexión física del sistema.

Para el montaje de este sistema de alarma se llevó a cabo un arduo trabajo en el barco y se tuvo que trabajar aplicando todas las normas técnicas y de seguridad con las que se debe ejecutar un trabajo abordo.

Comenzando por el riesgo que se toma para llegar a un barco que se encuentra en ubicación de fondeo, para lo que se utiliza una lancha para abordar el mismo, y el hecho de trabajar con constantes movimientos del barco no habituales en trabajos realizados en tierra firme, y las normas de seguridad que se debe aplicar para que no se produzcan situaciones de riesgo. Muchos días de trabajo tomo la implementación de este sistema, debido a que se hizo un análisis técnico de los equipos que necesitábamos proteger, y familiarizarnos con los dispositivos de instrumentación situados en determinados puntos específicos en todas las máquinas en este caso nos referimos a los sensores de varias características que son muy fundamentales para este proyecto, ya que estos son los que envían la señal al PLC y nos permiten enterarnos por medio de las alarmas y de la pantalla táctil del evento que se está dando y tomar las medidas necesarias del caso.

Los **Sensores** son instrumentos que detectan una magnitud física o una acción externa como temperatura, presión, nivel, etc. y la transforman en una magnitud eléctrica y la transmite adecuadamente.

En este proyecto, debido al grado de importancia y luego de haber realizado un análisis técnico se determinó que se debían implementar este sistema para

tomar la señal de los sensores ubicados en puntos específicos en las siguientes maquinarias:

- Motor Propulsor (maquina principal)
- Motor Auxiliar 1
- Motor Auxiliar 2
- Motor Auxiliar Hidráulico
- Cubas
- Alarmas varias:

**Sentina.**- Nivel de sentina maquina proa, maquinas túnel, sonar.

**Tanques.**- Combustible, agua dulce Motor Propulsor, Aceite Hidráulico, aguas fecales, lodos.

**Amoniaco.**- Separador de amoniaco Golpe Liq.1-Liq.2

**Alarmas.**- baja tensión de baterías, fallo cargador de baterías, baja presión de agua salada, anomalía servo timón, anomalía separador sentina, presión de aceite compresor de frio 1, 2, 3.

El montaje del PLC en este caso el STEP 7-200 fue en un tablero ubicado en el cuarto de máquinas cerca de la máquina propulsora, con sus extensiones correspondientes según el requerimiento del sistema.



**Fig N° 35**

Para este tablero se utilizaron elementos como: PLC, breakers, relés, borneras, fusibles, conductores, pulsadores, luz piloto, regletas, terminales, pantalla de visualización táctil (Multipanel Táctil Mp-277).



**Fig N° 36**



**Fig N° 37**

Para las señales analógicas se realizó el respectivo cableado que tenía la trayectoria desde los sensores hasta el tablero donde está el PLC, para luego después de su conexión respectiva poder ser visualizadas en la pantalla táctil.

En la **Maquina Propulsora**, se encuentran elementos de instrumentación situados en puntos específicos de la máquina como: sensor de velocidad, de temperatura de agua, aceite; de **nivel** de combustible, agua; **de presión** de aceite y turbo, agua salada,



**Fig N° 38**

En los motores auxiliares 1 y 2 podemos observar los sensores situados en puntos específicos de la máquina, como son los siguientes: sensores de velocidad, de presión de aceite, de nivel de agua, de temperatura de agua.



**Fig N° 39**



**Fig N° 40**

En la figura N° 39 podemos observar dos sensores de temperatura de agua uno para la medición de la temperatura del agua y otro para la alarma de apagado.

En la figura N° 40 observamos un generador de marca Hyundai con un actuador eléctrico acoplado a la bomba de inyección



**Fig N° 41**



**Fig N° 42**

En la figura N° 41 observamos dos sensores de temperatura de aceite, uno para la medición de la temperatura del mismo, y otro para la alarma de apagado; el dispositivo de mayor volumen es para la medición de la presión de aceite.

En la figura N° 42 observamos el panel de instrumentación de un generador.

En la figura N° 43 observamos el motor de arranque, que sirve para dar marcha al generador.

En la figura N° 44 podemos ver un alternador acoplado a la máquina corriente continua, sirve para suministrar voltaje de carga a la batería para el sistema de gobernación, alarma, protección, medición, y arranque.



**Fig N° 43**



**Fig N° 44**

Para el motor **Auxiliar hidráulico**, los sensores están situados en los mismos puntos específicos de los generadores y de todas las máquinas.



**Fig N° 45**

En la figura N° 45 vemos dos motores hidráulicos, estos mueven las bombas que sirven para realizar maniobras en el barco tanto en puerto para descargar el atún y otras maniobras como embarque y desembarque de materiales para el barco, en alta mar para las maniobras de pesca.

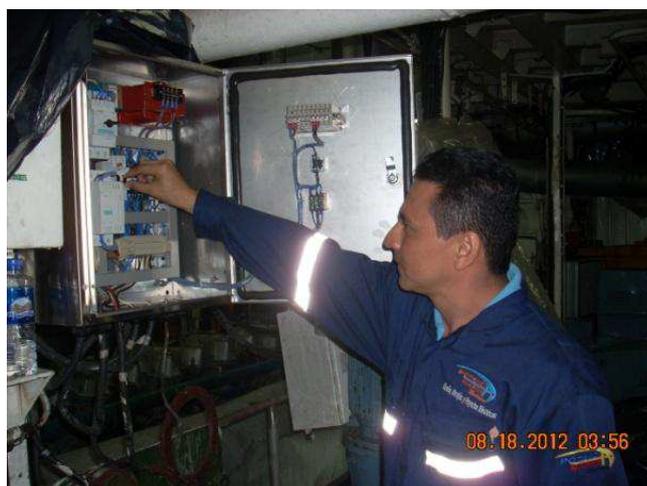
Para las alarmas varias se instalaron sensores de **nivel**, para controlar el nivel de sentina en la sala de máquina, sector del túnel, sonar, además para controlar el nivel de combustible del tanque diario, nivel del tanque de compensación de agua dulce del motor propulsor, nivel de tanque de aguas fecales y tanque de lodos.

También se instalaron sensores **de presión**: para supervisar la presión del separador de partículas (amoniac), presión de agua salada del condensador, presión de aceite de los compresores 1, 2, 3.



**Fig nº 46**

Todo este sistema abarca un proceso de trabajo para su correcto funcionamiento, desde el diseño de las pantallas, programación y activación de las variables del equipo hasta las diferentes calibraciones de los instrumentos que transmiten estas señales analógicas las mismas que llegan a las entradas del PLC y activan las salidas del mismo según su configuración permitiendo visualizarlas por medio del Multipanel Táctil.



**Fig N° 47**



**Fig N° 48**



**Fig N° 49**



**Fig N° 50**



**Fig N° 51**



**Fig N° 52**

**CAPITULO VIII**  
**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## **8.1 Conclusiones.**

La pesca sin lugar a dudas es el principal motor de desarrollo de la economía de toda la región es por eso que contamos con una muy numerosa flota de buques atuneros de diferentes características y tamaños en lo que a tonelaje se refiere, distribuidos estos en los principales puertos de nuestro país y en especial en el Puerto Internacional de Manta.

Es por esto la importancia que estos buques deben contar con toda la tecnología de punta en lo que a alarmas se refiere, sean aplicadas éstas en sistemas mecánicos, hidráulicos, frío, y como no decir en la parte fundamental e importante como lo es la generación eléctrica y su distribución por todas las partes del buque.

La implementación de sistemas modernos de alarmas permiten al personal técnico a bordo visualizar por medio de la pantalla táctil eventos de emergencia que se dan y poder tomar las acciones necesarias con fines de evitar algún percance mayor en el buque que provoque daños materiales, pérdidas humanas y hasta incluso evitar una colisión del mismo.

En esta tesis, se dio a conocer la importancia de la ingeniería eléctrica en los buques pesqueros, en donde se mostro que el desarrollo de la automatización a facilitado la operación y manejo de las máquinas más relevantes en un buque,

es así como en el caso de la generación eléctrica a bordo del buque TUNA II, se opta por el diseño de máquinas cada vez menos robustas, y con un mayor control de las variables presentes, gracias a un control automático unificado, en donde todos los eventos de averías o alarmas son almacenados en discos duros de los PC HMI, facilitando la mantención preventiva.

## **8.2 Recomendaciones**

Como recomendación puedo decir que es muy importante la implementación de estos sistemas de alarmas en toda clase de buques pero para efecto de esta tesis nos enfocamos en los buques atuneros, estos sistemas harán que su alto costo en lo que a inversión se refiere se transforme en beneficios para los armadores pesqueros debido a que estos permitirán a los Ingenieros de Maquinas ser más eficientes y confiar en sus maquinarias a bordo y, asociado a un buen plan de mantenimiento preventivo; dirigido a los sistemas electricos, mecanicos, hidráulicos, frio,etc habrá en el futuro ahorro en gastos de reparaciones.

## **MATERIAL DE REFERENCIA**

### **INDICE DE FIGURAS**

Figura 1 Buque Atunero Cerquero (Maniobra de cerco)

Figura 2 Buque atunero en maniobra

Figura 3 Diagrama Unifilar del buque

Figura 4 Módulo de Sincronismo ComAp Intelicompact Mint

Figura 5 Reglamento de luces para la navegación

Figura 6 luces de navegación I

Figura 7 luces de navegación II

Figura 8 Tipos de luces de Navegación

Figura 9 Laso principal de control del sistema de gobierno

Figura 10 Laso secundario de control

Figura 11 Estructura general del sistema de gobierno

Figura 12 Diagrama en bloques del sistema de gobierno

Figura 13 Gráfico de Demanda Energética

Figura 14 Gráfico de cortocircuito

Figura 15 Equivalente mecánico de la inercia de una máquina síncrona

Figura 16 Representación de dos generadores síncronos

Figura 17 Designación del generador

Figura 18 Generador autoexcitados con regulación por AVR

Figura 19 Generador excitado por imán permanente PMG controlados por  
AVR

Figura 20 Generadores controlados por transformador

Figura 21 Rótulos de advertencia en los generadores

Figura 22 Rotulos de generadores

Figura 23 AVR tipo SX 460

Figura 24 AVR tipo SX 440

Figura 25 AVR tipo SX 421

Figura 26 AVR tipo MX 341

Figura 27 AVR tipo MX 321

Figura 28 Diagrama en bloques de la secuencia de funcionamiento de  
las pantallas

Figura 29 Simatic S7 200

Figura 30 Fuente de alimentación SITOP POWER

Figura 31 Simatic S7 200 unidad central CPU

Figura 32 Potenciómetro analógico del S7 200

Figura 33 Conexión eléctrica de los componentes I

Figura 34 Conexión eléctrica de los componenetes II

Figura 35 Tablero de control del sistema de alarma

Figura 36 Tablero de control vista frontal I

Figura 37 Tablero de control vista frontal II

Figura 38 Motor propulsor ( máquina principal)

Figura 39 Sensores de temperatura de agua

Figura 40 Actuador eléctrico acoplado a la bomba de inyección

Figura 41 Sensores de temperatura de aceite

Figura 42 Panel de instrumentación

Figura 43 Motor de arranque

Figura 44 Alternador de corriente continua

Figura 45 Motor Auxiliar Hidráulico

Figura 46 Sala de Compresores

Figura 47 Calibración del Equipo

Figura 48 Prueba de instrumentación

Figura 49 Barco TUNA II

Figura 50 Parque de Pesca

Figura 51 Tanque de almacenamiento del atún (Cubas)

Figura 52 Banda Transportadora del atun hacia las cubas

## **INDICE DE TABLAS**

Tabla 1 Carga permisible en barras de cobre y sección transversal a 45°

Tabla 2 Nomenclatura y tipos de aislantes en conductores

Tabla 3 Clases de cables

Tabla 4 Intensidad máxima admisible

Tabla 5 Caudales mínimos y caídas de presión máximas de la aspiración  
de aire del generador

Tabla 6 Carga/fuerza lateral aplicada al eje

Tabla 7 Localización de averías AVR SX 460

Tabla 8 Localización de averías AVR SX 440

Tabla 9 Localización de averías AVR SX 421

Tabla 10 Localización de averías control por transformación

Tabla 11 Localización de averías AVR MX 341

Tabla 12 Localización de averías AVR MX 321

Tabla 13 Valores de resistencia del estator de excitación

Tabla 14 Resistencia de sección para generadores controlados por AVR

Tabla 15 Resistencia de sección para generadores controlados por trans-  
formador

Tabla 16 Tabla para el cálculo de perdididas térmicas

Tabla 17 Tabla de temperaturas varias

Tabla 18 Tabla para el cálculo de la planta de aire acondicionado

Tabla 19 Registro de alarma de fallo de canal

Tabla 20 Registro de alarma de instalación

Tabla 21 Registro de alarma reconocidas

Tabla 22 Registro de alarma reconocidas II

Tabla 23 Listado de alarma del proyecto

## **INDICE DE PANTALLAS**

Pantalla N° 1 Menú de la aplicación

Pantalla N° 2 Listado de Alarmas

Pantalla N° 3 Alarmas Digitales Agrupadas

Pantalla N° 4 Motor Auxiliar 1

Pantalla N° 5 Parámetros de la Máquina Principal

Pantalla N° 6 Temperatura de bancada

Pantalla N° 7 Parámetros de la Máquina Principal II

Pantalla N° 8 Histórico de Alarma

Pantalla N° 9 Listado de Alarmas “Operación Runtime”

Pantalla N° 10 Intervalo de mantenimiento

Pantalla N° 11 Pantalla Menú del terminal

Pantalla N° 12 Alarmas Digitales Agrupadas II

Pantalla N° 13 Motor Propulsor

Pantalla N° 14 Motor Auxiliar

Pantalla N° 15 Motor Auxiliar II

Pantalla N° 16 Motor Auxiliar Hidráulico

Pantalla N° 17 Alarmas Varias

Pantalla N° 18 Gráfico de barras

## **GLOSARIO.**

**Autonomía:** Capacidad que tiene un buque para permanecer en el mar por un periodo de tiempo y cubrir grandes distancias sin reabastecerse de combustible.

**Aparejos:** Aparato mecánico compuesto de dos motones o cuadernales por cuya cajera va pasando un cabo.

**AVR:** Regulador de voltaje.

**Babor:** La banda o costado izquierdo de un buque, mirando de popa a proa.

**Black Out:** Caída de la planta generadora a bordo de un buque.

**Bow thruster:** Hélice de maniobra ubicada en la proa del buque.

**Breaker:** Interruptor.

**Calado:** Distancia que hay desde la superficie del agua o Inca de flotación, al borde inferior de la quilla. Profundidad.

**Camarote:** Compartimiento usado a bordo para alojamiento.

**CEI:** Comision Electrotecnica Internacional.

**C.A:** Corriente Alterna.

**C.C:** Corriente Continua.

**Codaste:** Pieza de metal puesta verticalmente sobre extremo de la quilla.

**Colision:** Abordaje. Choque de un buque con otro.

**Crujía:** Espacio de proa a popa en medio de la cubierta del buque.

**SCADA:** Supervisión, control y adquisición de datos

**Diesel-Electric:** Combinación eléctrica diésel.

**Diesel-Mechanical:** Combinación mecánica diésel.

**Engine Rooms:** Sala de Máquinas.

Escorante. Inclinación del buque por efecto del viento, o por otras causas

Eslora: Longitud que tiene el buque sobre la primera cubierta desde el codaste a la roda ( popa a proa).

Estribor: La banda o costado derecho de un buque, mirando de popa a proa

Gambuza: lugar del buque donde se guardan alimentos. despensa, etc.

Gen: Generador

GenSet: Grupo de generadores diésel.

GTO (Gate Turn-off Thyristor): Tiristor con apagado por puerta.

HFO (Heavy Fuel Oil): Combustible pesado derivado del petróleo.

Installed Power: Potencia Instalada.

Low Temperature Control: Control de baja temperatura.

LNG (Liquid Natural Gas): Referido a los buques que transportan Gas Natural Líquido.

Manga: Anchura mayor del buque.

Manparo: Contrucción vertical de metal que separa un compartimiento en el buque.

Shaft Power, Alternador o Generador Shaft: Generador Eléctrico adosado al eje de la máquina principal de un buque.

PLC (Programable logic controller): Controlador lógico programable.

PMS (Power Management System): Administración de los Sistemas de Generación.

Puntal: Altura de la nave desde su plan hasta la cubierta principal o superior.

PWM (Pulse Width Modulation): Modulación por anchura de pulso.

Quilla: Pieza de hierro que va de proa a popa por la parte inferior del barco y en que se asienta toda su armazón.

Roda: Pieza gruesa y curva de hierro o madera que forma la proa del buque.

Snubber: Es un arreglo RC (resistivo, capacitivo) que se conecta en paralelo al tiristor en un circuito de conmutación, como una protección para el  $dv/dt$ .

Stern thruster: Hélice de maniobra ubicada en la popa de buque

Switchboard: Tablero de distribución eléctrica

SWITCHGEAR: interruptor de maniobra o seccionador de fuerza eléctrica.

THD (Total Harmonic Distortion): Distorsión armónica total.

UMS (unattended machinery space). Espacio de maquinaria desatendida.

UNIC (Unified Control): Control unificado,

UPS (Uninterruptible Power Supply): Es un sistema que suministra energía eléctrica, en caso de que el suministro principal de energía se pierda.

## **BIBLIOGRAFIAS**

1. Luis Santos Rodrigues, José fernando Nuñez Basañez “ Fundamentos de pesca”
2. Reglamento de la sociedad clasificación Bureau Veritas, 2002
3. OMI. SOLAS (convenio internacional para la seguridad de la vida humana en el mar). Edición Refundida 2001
4. IEC. Electrical Instalación of ships and Mobile and fixed of shore Units Part 1: Procedure for calculating short-circuit currents in three phase AC. IEC, 1998
5. Manuel Baquerizo Pardo “ Lecciones de electricidad aplicada al buque” Segunada edición 1976
6. Alfonzo Martinez Pedro Valera