ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

" DESCRIPCION, VERIFICACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LOS TABLEROS DE DISTRIBUCION Y CONTROL DE LAS LANCHAS MISILERAS CLASE QUITO "

TESIS DE GRADO

Previa la obtención del Título de:

INGENIERO EN ELECTRICIDAD

ESPECIALIZACIÓN POTENCIA

Presentada por:

Guido Fernando Simbaña Quintana

GUAYAQUIL-ECUADOR

AÑO

2002

AGRADECIMIENTO

A mis padres por sus invaluables consejos e inmesurado apoyo.

A mis hermanas por su plena confianza

Y muy especialmente al Ing. Jorge Chiriboga V. por su incondicional apoyo.

DEDICATORIA

A LA VIRGEN DEL GUAYCO

A MIS PADRES

A MIS HERMANAS

A MIS SOBRINOS.

A MI FAMILIA

TRIBUNAL DE GRADUACION

ING. CARLOS MONSALVE

SUBDECANO DE LA FIEC

ING. JORGE CHIRIBOGA

DIRECTOR DE TESIS

ING. JUAN GALLO

MIEMBRO

ING. ALBERTO HANZE

MIEMBRO

Escaneado con CamScanner

DECLARACION EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL".

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).

Guido Fernando Simbaña Quintana

Escaneado con CamScanner

RESUMEN

Este trabajo de tesis esta orientado, a efectuar un estudio del estado actual de los tableros de distribución y control, así como establecer el estado operativo de cada uno de los elementos componentes, tomando en cuenta que factores como salinidad, corrosión, humedad, entre otros, pueden haber afectado a dichos dispositivos.

Además contempla el conocimiento de normas de construcción e instalación de cuadros eléctricos a bordo, y de esta forma tener la capacidad de sustituir a futuro los elementos de protección, medición y control de los tableros.

El software de cortocircuito, se caracteriza, ya que mediante el ingreso de datos característicos tanto de fuentes como de cargas, permite el correcto dimensionamiento de las protecciones eléctricas para baja tensión.

INDICE GENERAL

RESUMEN_____ VI

INDICE GENERAL_____ VII

ABREVIATURAS_____ XV

INDICE DE FIGURAS_____ XVII

INDICE DE TABLAS_____ XX

INDICE DE ANEXOS_____ XXI

INTRODUCCION_____ XXII

1. CARACTERISTICAS DE LOS TABLEROS DE SINCRONIZACION Y DISTRIBUCION_____ 1

1.1. Antecedentes_____ 1

1.2. Descripción general del sistema eléctrico_____ 3

1.2.1. Tableros principales_____ 4

1.3. Disyuntor de Protección de los generadores___ 7

1.3.1. Circuito básico del disyuntor_____ 7

1.3.2. Bloque de Medida_____ 10

1.3.3. Componentes Electrónicos_____ 11

1.4. Disyuntor de protección de las cargas_____ 12

2. CARACTERISTICAS DE LOS DISPOSITIVOS INSTALADOS_____ 15

2.1. Tipos y sistemas de distribución_____ 15

2.1.1. Conductor único con retorno por el casco_ 16

2.1.2. Distribución bifilar con generadores acoplados_____ 18

2.1.3. Distribución en corriente alterna_____ 20

2.2. Filosofía de funcionamiento de equipos de medición_____ 21

2.2.1. Escalas e índices_____ 24

2.2.2. Magnitudes de influencia en la precisión_ 27

2.3. Tipos de Equipos de medición_____ 30

2.3.1. Amperímetros_____ 30

2.3.2. Voltímetros_____ 30

2.3.3. Vatímetros_____ 31

2.3.4. Frecuencímetros_____ 32

2.3.5. Medidores de aislamiento_____ 35

2.3.6. Características técnicas de equipos analógicos instalados_____ 36

2.3.7. Características técnicas de equipos digitales a instalarse_____ 39

2.3.7.1. Analizador de redes_____ 39

2.4. Equipos de control y medición_____ 42

2.4.1. Sincronoscopio_____ 42

2.4.2. Protecciones de sobrecorriente y cortocircuito_____ 45

2.5. Elementos de conexión_____ 56

2.5.1. Cables eléctricos_____ 56

2.5.2. Barras de distribución_____ 57

3. NORMAS Y ESPECIFICACIONES PARA DISPOSITIVOS E INSTALACIONES ELÉCTRICAS___ 59

3.1. Montaje de armarios_____ 59

3.1.1. Grado de protección_____ 60

3.2. Instalación de aparellaje_____ 62

3.2.1. Implantación de aparatos_____ 62

3.3. Barras de distribución_____ 64

3.4. Conductor de protección_____ 65

3.4.1. Conductor de tierra_____ 65

3.4.2. Conductor tierra – neutro_____ 66

3.5. Transformadores de corriente_____ 66

3.6. Conexión de potencia_____ 67

3.6.1. Conexión por juego de barras_____ 67

3.6.2. Conexión por cables_____ 68

3.7. Circuitos auxiliares y de baja intensidad_____ 70

3.8. Etiquetado e indicaciones_____ 71

3.9. Verificaciones y ensayos_____ 72

3.9.1. Inspección del conjunto: examen del cableado_____ 72

3.9.2. Verificación del aislamiento_____ 74

3.9.3. Medida de protección_____ 75

4. DETERMINACION DEL ESTADO ACTUAL DEL SISTEMA INSTALADO_____ 76

4.1. Criterios que rigen la prueba de disyuntores____ 76

4.1.1. Pruebas mecánicas_____ 77

4.1.2. Pruebas térmicas_____ 77

4.1.3. Pruebas de aislamiento_____ 77

4.1.4. Pruebas de cortocircuito o interrupción__ 78

4.2. Pruebas en disyuntores de a bordo_____ 78

4.3. Criterios que rigen las pruebas de cables eléctricos_____ 81

4.4. Aislamiento eléctrico_____ 83

4.4.1. Propiedades del aislamiento_____ 84

4.4.2. Medida de la resistencia de aislamiento_ 84

4.4.3. Factores que afectan la resistencia de aislamiento_____ 85

4.4.4. Medidas de precaución_____ 87

4.5. Procedimiento de medición_____ 89

4.6. Mediciones realizadas en cables de a bordo____ 91

4.7. Barras de distribución_____ 95

4.7.1. Supervisión del estado físico_____ 97

5. DIMENSIONAMIENTO Y COORDINACION DE PROTECCIONES_____ 98

5.1. Poder de limitación de un interruptor automático_ 98

5.2. Curvas de limitación_____ 99

5.3. Filiación_____ 100

5.4. Selectividad de las protecciones_____ 102

5.5. Corrientes de cortocircuito_____ 104

5.6. Cálculo de rangos de operación y Curvas de disparo de protecciones_____ 106

CONCLUSIONES_____ 122

RECOMENDACIONES_____ 123

BIBLIOGRAFIA_____ 160

ABREVIATURAS

A/A	Aire acondicionado
Fp	Factor de potencia
KVA	Kilovoltioamperio
TC	Transformador de corriente
mA	Miliamperios
In	Corriente nominal
c.c.	Corriente continua
a.c.	Corriente alterna
Un	Voltaje nominal
Hz	Hertzios
KΩ	Kilohmnios
TD	Dial de tiempo

Icc	Corriente de cortocircuito de cresta real limitada
Icu	Corriente o poder de corte último
A^2S	Energía térmica
Ik	Corriente de cortocircuito permanente
Ik"	Corriente alterna inicial de cortocircuito
Xo	Reactancia inductiva sincrónica
Ics	Poder de corte excepcional
4P3d	Cuatro polos sin protección para el neutro
4P3d+Nr	Cuatro polos con protección del neutro a 0.5 In
4P4d	Cuatro polos con protección del neutro a In
Tri + N	Circuito trifásico con neutro
TT	Régimen de neutro a tierra

INDICE DE FIGURAS

Fig. 1.1 Vista de los compartimentos de Sala de Máquinas, Ubicación de generadores y tableros eléctricos____ 3

Fig. 1.2 Relé de señal de corriente y Relé de Bajo voltaje__ 8

Fig. 1.3 Diagrama de conexiones del circuito básico del disyuntor_____ 9

Fig. 2.1 Distribución tipo conductor único con retorno por el casco_____ 17

Fig. 2.2 Distribución bifilar con generadores acoplados____ 19

Fig. 2.3 Distribución a tres hilos alimentada con dos generadores dispuestos para su acoplamiento____ 20

Fig.2.4 Filosofía de funcionamiento de equipo de medición tipo analógico_____ 21

Fig. 2.5 a) Amortiguamiento electromagnético

b) Amortiguamiento por aire_____ 23

Fig. 2.6 Mecanismo de hierro móvil_____ 26

Fig. 2.7 Mecanismo de bobina móvil_____ 27

Fig. 2.8 Frecuencímetro de sistema de láminas_____ 33

Fig. 2.9 Frecuencímetro de sistema de aguja o inductancia_ 34

Fig. 2.10 Principio de conexión de relé diferencial en un generador trifásico_____ 47

Fig. 2.11 Esquema de conexión de un relé de máxima y mínima tensión_____ 50

Fig. 2.12 Esquema de conexión de un relé de sobrecorriente 52

Fig. 4.1 Conexión del equipo de medición de aislamiento__ 91

Fig. 4.2 Ubicación de los tableros secundarios, donde se realizaron las mediciones_____ 94

Fig. 5.1 Curva de poder de limitación_____ 100

Fig. 5.2 Selectividad de protecciones_____ 102

Fig. 5.3 Evolución de la corriente de cortocircuito en función del tiempo_____ 106

Fig. 5.4 Curvas de operación de disyuntores de protección de generadores y cargas de tableros principales___ 117

INDICE DE TABLAS

Tabla I	Tableros de control para generadores_____	5
Tabla II	Dispositivos de los tableros_____	5
Tabla III	Cargas alimentadas automática y manualmente___	6
Tabla IV	Componentes del circuito básico_____	10
Tabla V	Elementos del bloque de medida_____	11
Tabla VI	Tablero de distribución V: Sala de Máquinas Proa	79
Tabla VII	Tablero de distribución IV: Sala de Máquinas Popa	79
Tabla VIII	Tablero de distribución V: Medida de aislamiento__	92
Tabla IX	Tablero de distribución IV: Medida de aislamiento_	93
Tabla X	Valores tabulados para dimensionar barras de distribución_____	96

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Componentes del disyuntor de protección de los generadores_____ 124

Anexo 2 Disposición de tableros de control de generadores 125

Anexo 3 Funciones de la tarjetas electrónicas_____ 1126

Anexo 4 Dispositivos instalados a bordo_____ 129

Anexo 5 Diagrama unifilar del sistema eléctrico de la Lancha clase “QUITO”_____ 130

Anexo 6 Resultados obtenidos de la ejecución del programa 132

INTRODUCCION

- Las Lanchas Misileras Clase “QUITO”, poseen dos tableros de distribución que le permiten recibir y entregar la energía eléctrica que requieren los diferentes equipos de la unidad.

- La unidad cuenta con tres generadores cada uno, con una capacidad de 135 KVA, 1800 RPM 440V, los cuales pueden operar individualmente o en paralelo con el fin de solventar los requerimientos de energía de la unidad.

- Tomando en cuenta si la unidad se encuentra en condiciones de navegación normal o de combate, donde las diversas cargas de a bordo funcionan en forma parcial o total respectivamente.

Capítulo 1

1. CARACTERISTICAS DE LOS TABLEROS DE SINCRONIZACION Y DISTRIBUCION

1.1. Antecedentes

Las Lanchas Clase "QUITO" fueron construidas en Alemania, en la década de los años 70, e incorporadas a la Armada del Ecuador a mediados de la misma, tienen un tiempo de servicio de alrededor de 25 años, periodo durante el cual se ha podido observar eficiencia, confiabilidad y seguridad en todos los aspectos y específicamente en lo que se trata al área de electricidad, la cual se ha caracterizado

por su desempeño adecuado frente a cualquier requerimiento de a bordo.

Cabe anotar que con el transcurrir del tiempo todos los equipos y materiales eléctricos se han visto afectados debido a que se desenvuelven en un ambiente salino y donde la corrosión y la humedad son factores que afectan a la operatividad de los mismos, a pesar de que son sometidos a planes de mantenimiento tanto preventivos como correctivos.

Los planes de mantenimiento preventivos tienen como finalidad alargar la vida útil de un equipo o dispositivo, como pueden ser: limpieza de contactos, borneras, terminales, medición de aislamiento, y los correctivos, aquellos mediante los cuales se procede a cambiar elementos en mal estado.

La estructura física de los tableros no ha sido cambiada, no así con los dispositivos de medición, control y protección. En cuanto a los disyuntores de protección de las cargas no existen actualmente repuestos con las mismas características físicas y se han cambiado aleatoriamente, lo cual a hecho que la disposición física del tablero varíe y la coordinación de las protecciones se alteren.

Los equipos de medición son de tipo analógicos, los cuales son encerados periódicamente.

1.2. Descripción general de sistema eléctrico

A bordo se tiene tres generadores, a 440V, 60Hz, tres fases. Dos de ellos se encuentran en la sala de máquinas V y el otro en la sala de máquinas IV, alimentando sus respectivos tableros, como se indica en la figura:

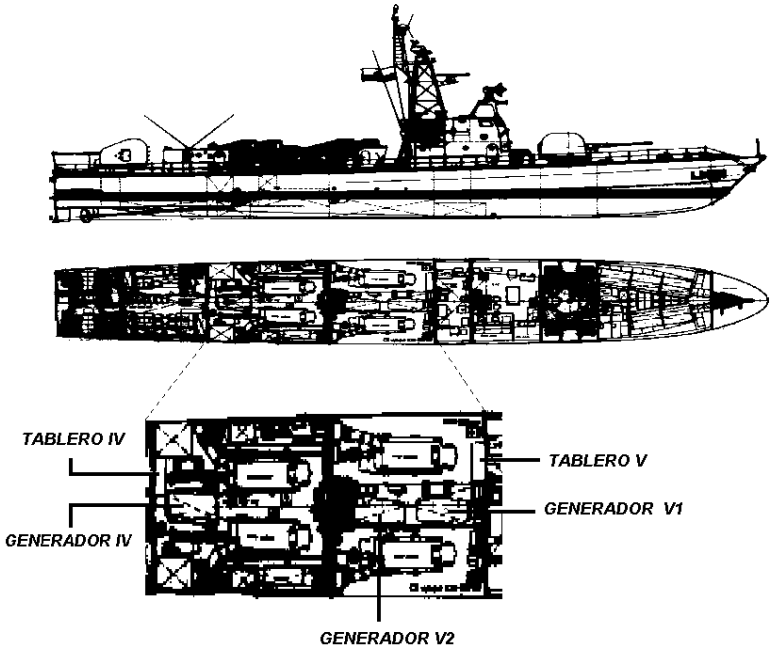


FIGURA 1.1 VISTA DE LOS COMPARTIMENTOS DE SALA DE MAQUINAS, UBICACIÓN DE GENERADORES Y TABLEROS ELECTRICOS

1.2.1. Tableros principales

Cada uno de los tableros están constituidos por la sección de control y la sección de distribución o fuerza, conectadas entre sí mediante disyuntores de un mismo tipo y que cumplen las funciones de toma de poder de tierra, transferencia de carga, y, protección de generadores, y pueden ser usados para capacidades comprendidas entre 10 KVA y 150 KVA.

Para colocar los generadores en paralelo se tiene:

Sincronoscopio

Lámparas de sincronismo

Los generadores de a bordo tienen las siguientes características:

Fabricante:	SIEMENS - ALEMANIA
Rotor:	polos salientes
# polos:	4 polos
Conexión:	Y 440V - 173 A - 135 KVA
Factor de potencia:	0.8
Peso:	0.72 Ton.
Excitación:	80V - 3 A

Velocidad: - en vacío: 1836 RPM

- plena carga: 1746 RPM

Se indica la ubicación del control de los generadores desde los respectivos tableros:

	Generador V1	Generador V2	Generador IV
Tablero V	X	X	X
Tablero IV	-	-	X

TABLA I TABLEROS DE CONTROL PARA GENERADORES

Cada tablero tiene los siguientes equipos de medición:

	TABLERO V	TABLERO IV	PODER DE TIERRA
AMPERÍMETRO	X	X	X
VOLTÍMETRO	X	X	X
FRECUENCIMETRO	X	X	X
VATIMETRO	X	X	
SELECTOR VOLTAJE	X	X	X
CONTADOR HORAS SERVICIO	X	X	
SWITCH CONTROL RPM	X	X	
LAMPARAS INDICADORAS	X	X	X
SELECTOR DE PODER	X	X	X
INDICADOR SECUENCIA FASE			X

TABLA II DISPOSITIVOS DE LOS TABLEROS

Se puede observar que en el tablero de poder de tierra no se necesita de contador de horas de servicio y control de velocidad, ya que se trata de una fuente externa, y es muy

necesario el uso de un indicador de secuencia de fase, para evitar malas conexiones y con esto daño de equipos.

La distribución de poder de 440V, 60Hz, trifásico se hace directamente desde los tableros principales, (anexo 2) existiendo la particularidad que cuando se navega con dos generadores en paralelo, y, se presenta alguna falla en uno de estos, el que queda en servicio absorbe toda la carga; dando prioridad a mantener en funcionamiento a equipos de vital importancia y para los dispositivos restantes su puesta en servicio se la hace manualmente, como se indica en la siguiente tabla:

EQUIPO	AUTOMATICA	MANUAL
SERVOMOTOR	X	
GRUPO 440 V	X	
Grupo 115 V	X	
Bombas contra Incendio		X
Cañones (35 mm y 76 mm)		X
Transformadores		X
A/A y ventilación		X
Caja de conexión de A/A		X

TABLA III CARGAS ALIMENTADAS AUTOMATICA Y MANUALMENTE

Como es el caso del servomotor, grupo 440 V, y grupo 115 V, ya que al producirse una perdida de poder total en alta mar es

muy importante mantener el rumbo de la unidad y los equipos de navegación y comunicaciones en servicio.

1.3. Disyuntor de protección de los generadores

Son de modelo MC 400, de la AEG, están provistos de una bobina de cierre para operación remota y adicionalmente provista de palanca de accionamiento manual en caso de emergencia (anexo 1). A bordo de estas unidades se los utiliza para la protección de generadores y como medio de transferencia para conexiones finales.

Este disyuntor tiene dos partes constitutivas (anexo 1):

a) Circuito básico del disyuntor, y,

b) Bloque de medida.

1.3.1. Circuito básico del disyuntor

Consta de un relé de disparo de bajo voltaje (r) para control de generadores para asegurar su operación ya que la impedancia sincrónica de los generadores bordea 1 p.u. y de un relé de disparo de señal de corriente (a) para transferencia, los cuales actúan en forma separada, como se indica en la figura1.2.

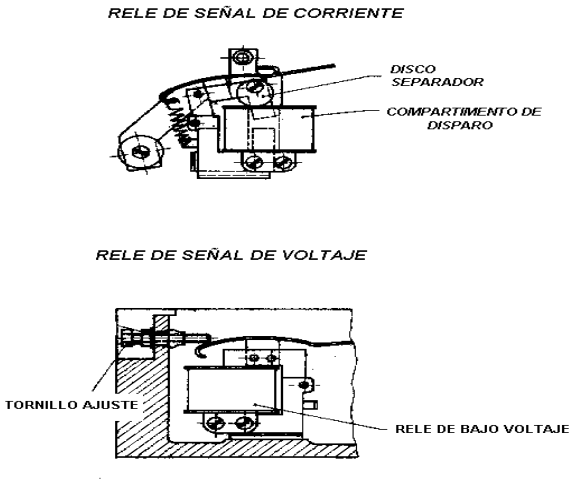


FIGURA 1.2 RELÉ DE SEÑAL DE CORRIENTE Y RELE BAJO VOLTAJE

El disyuntor tiene los siguientes datos técnicos:

Voltaje:	500V trifásico
Rango de corriente:	35 °C 400 A
	35 °C - 45 °C 380 A
	45 °C - 55 °C 340 A
Frecuencia:	60 Hz
Capacidad de interrupción	
Instantánea Simétrica:	25 KA 500V; fp: 0.25

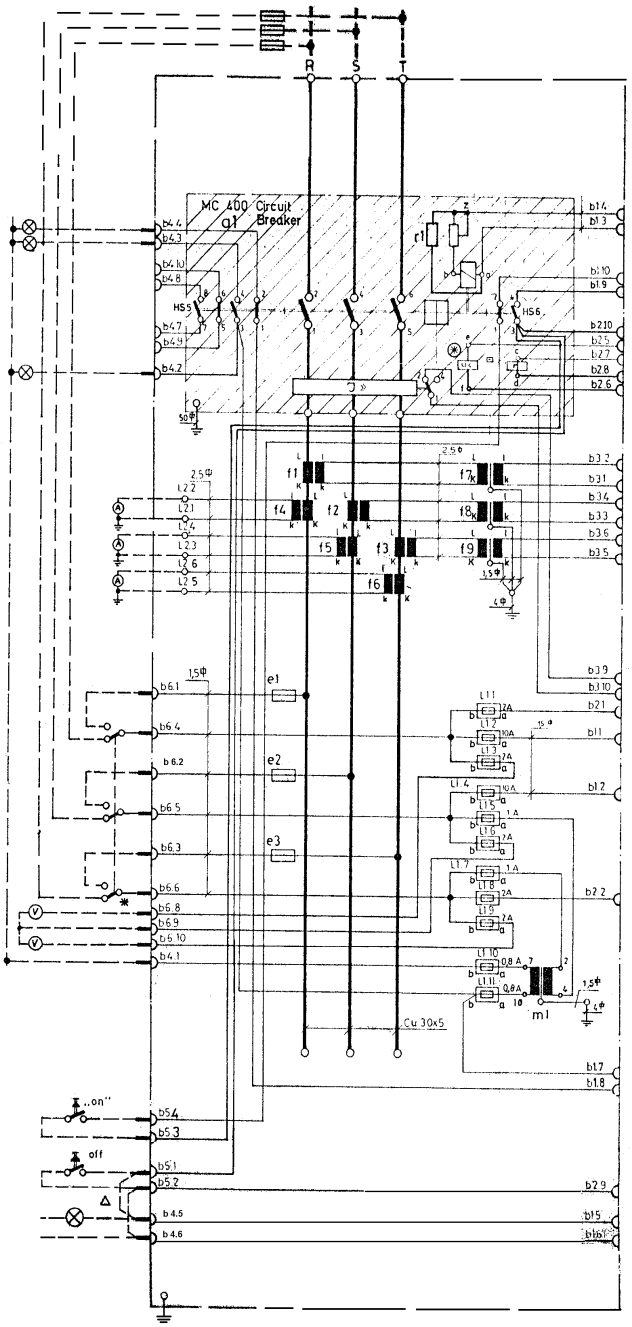


FIGURA 1.3 DIAGRAMA DE CONEXIONES DE CIRCUITO BASICO DEL DISYUNTOR

Tiene los siguientes componentes:

Elemento	Notación	Operación
Bobina	f	Cierra o interrumpe el circuito
2 Interruptores auxiliares	HS5	2 contactos normalmente abiertos y 2 normalmente cerrados mecánicamente enlazados para la interrupción del disyuntor y además se los usa para enclavamiento
1 Interruptor auxiliar	HS6	1contacto normalmente abierto y 1normalmente cerrado mecánicamente enlazados para ejecución del mecanismo, usado para el control de enclavamiento
1 microinterruptor	Y6	Retrasa la descarga magnética, originada por la liberación del cortocircuito
Relé señal de corriente	a	Abre con sobrecorriente
Relé bajo voltaje	r	Abre con bajo voltaje

TABLA IV COMPONENTES DEL CIRCUITO BASICO

Del lado derecho del circuito base se encuentra el mecanismo de operación manual para casos de emergencia.

1.3.2. Bloque de Medida

Está ubicado bajo el circuito básico del disyuntor (figura 1.3), es el encargado de receptar los diferentes parámetros para el control de los generadores y tiene los siguientes componentes:

Elemento	Notación	Operación
3 fusibles	e1, e2, e3	Protege cada una de las fases
3 TC 200/5 A	f4, f5, f6	Transforman las señales de corriente de cada una de las fases, a valores numéricos, que estén acordes con las capacidades de los equipos de medición
3 TC 200/5 A	f1, f2, f3	Sirven como elementos intermedios de transformación de señales de corriente
3 TC 5 A /10 mA	f7, f8, f9	Transforman las señales de corriente en valores acordes con las capacidades de los elementos electrónicos
1 Transformador 440/24 V	m1	Transforma la alimentación de voltaje para señales de relés
3 conectores	b1, b2, b3	Usados en la conexión del circuito del disyuntor con los componentes electrónicos
3 conectores	b4, b5, b6	Usados para la conexión con: dispositivos de medida, indicadores luminosos

TABLA 1.5 ELEMENTOS DEL BLOQUE DE MEDIDA

Además se tiene un grupo de fusibles, usados para protección de los componentes electrónicos, voltímetros, transformadores.

1.3.3. Componentes electrónicos

El monitoreo y control de la conexión del circuito del disyuntor son desarrollados a través de cuatro tarjetas electrónicas, de igual designación para todos los disyuntores diferenciándose

solamente en el número de tarjetas electrónicas de acuerdo al uso.

Los disyuntores de protección de los generadores están equipados con cuatro tarjetas electrónicas (U1,U2,U3,U4) y con relé de señal de bajo voltaje.

Los disyuntores usados para transferencia están equipados con tres tarjetas electrónicas (U1,U2,U4) y con relé de señal de corriente, igual usan los disyuntores para la toma de poder de tierra con la diferencia de que tienen relé de señal de bajo voltaje.

Las funciones de las tarjetas electrónicas se muestran en el anexo 3.

1.4. Disyuntor de protección de las cargas

Este disyuntor es de tipo Z63-Z100 de la casa italiana SACE BERGANO, se caracteriza porque se acciona únicamente cuando esta acoplado a la base fija.

Tiene los siguientes datos técnicos:

Voltaje nominal:	500 V ac
Corriente nominal:	63-100 A 45 °C
Frecuencia nominal:	50-60 Hz
Tensión de prueba:	300 V (1 min, 60 Hz)
Capacidad de interrupción	
Instantánea Simétrica:	8 KA 500V/440V
	fp 0.5

Las características funcionales del disyuntor son:

a) Protección térmica contra sobrecarga (regulable e intercambiable).
b) Protección electromagnética contra la corriente de cortocircuito de media intensidad.
c) Insensibilidad al cabeceo, balanceo y vibraciones.
d) Alta resistencia al ambiente húmedo salino.
e) Alto grado de aislamiento.
f) Elevada robustez mecánica y física.

Tiene los siguientes componentes:

a) Disipadores de fuego: son aquellos por medio de los cuales se descarga toda la energía liberada al momento del disparo del disyuntor.
b) Bloque termomagnético: sirven para detectar la corriente de cortocircuito y mandar la señal de disparo al circuito de desconexión, es regulable para diferentes rangos de corriente en función de la temperatura ambiente en la cual está trabajando.
c) Relé de bajo voltaje: dispara el disyuntor cuando detecta un bajo voltaje.
d) Interruptores auxiliares: desacoplan el disyuntor de la base fija.
e) Base fija: lugar donde se alojan los polos del disyuntor.

Cabe recalcar que las curvas de operación del disyuntor tienen cuatro opciones de trabajo, que son:

a) En condiciones frías.
b) En condiciones de servicio.
c) En función del relé magnético

Capítulo 2

2. CARACTERISTICAS DE LOS DISPOSITIVOS INSTALADOS

2.1. Tipos de sistemas de distribución

El sistema instalado a bordo, se encuentra formado por los tableros principales, los tableros de sección y derivación, conductores y barras de distribución.

Los tableros de distribución a bordo, permiten el acoplamiento de los generadores, seccionar los circuitos, proteger las cargas, así como alimentar a los circuitos finales; de acuerdo al servicio prestado a

bordo pueden ser principales y secundarios, llamados también cajas de sección y derivación.

Los tableros principales, son aquellos desde los que se manda y distribuye toda la energía eléctrica de que se dispone en la unidad, lugar en el cual se alojan los disyuntores que protegen los generadores.

2.1.1. Conductor único con retorno por el casco

Este sistema solo puede ser considerado en buques de casco de acero, donde utiliza dicho casco como conductor para el transporte de corriente continua, por lo que bastará con un solo conductor aislado para unir los generadores con las cargas.

Es muy económico, pero desde el punto de vista eléctrico, tiene un mayor riesgo de cortocircuitos y peligroso, ya que al entrar en contacto una persona con el conductor activo, es sometida a la tensión de distribución.

En este tipo de instalación cada generador dispone de su barra, pudiendo alimentarse cada carga de uno u otro por medio de interruptores de doble vía.

El conductor de retorno no lleva ningún tipo de protección, sea fusible o disyuntor, como se indica en la figura:

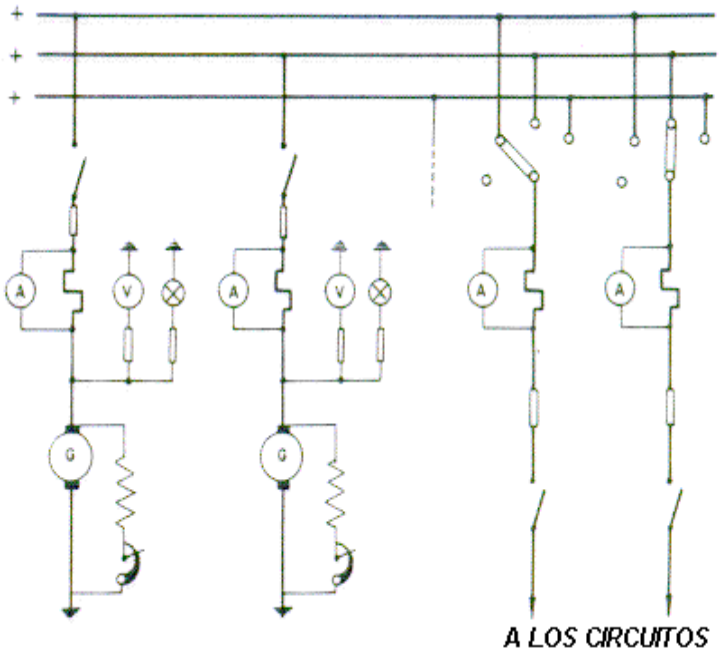


FIGURA 2.1 DISTRIBUCIÓN TIPO CONDUCTOR ÚNICO CON RETORNO POR EL CASCO

2.1.2. Distribución bifilar con generadores acoplados

Este sistema es empleado en la distribución de buques grandes y medianos, en él, los dos conductores aislados son conectados a las barras positiva y negativa, las cuales recogen toda la energía producida por los diferentes generadores, y a través de las mismas se realiza el acoplamiento.

Cuando los generadores son excitados en derivación, el reparto de la carga se la hace manualmente o por medio de reguladores automáticos de tensión, cuando los generadores son de excitación compuesta, la dificultad de acoplamiento radica en la presencia del campo serie, por lo que es necesario la disposición del hilo de equilibrio que uniendo los polos negativos de los generadores, permiten un reparto correcto de la carga, donde la resistencia del hilo de equilibrio debe ser muy pequeña lo que exige que el cable sea de una gran sección (mínimo la mitad de la sección de los mayores conductores principales).

El reparto incorrecto de carga puede es causado por:

a) La desigualdad en las curvas de tensión de los generadores acoplados, la cual se corrige mediante el empleo del cable de equilibrio, si las dos curvas son muy diferentes es imposible el acoplamiento de los generadores

b) Las diferencias en la caída de tensión a través de los campos serie, más su conexión a las barras, para lo cual es preciso calcular la sección de los conductores que unen los polos negativos a la barra de equilibrio, o añadir varias resistencias de modo que las tensiones sean prácticamente idénticas.

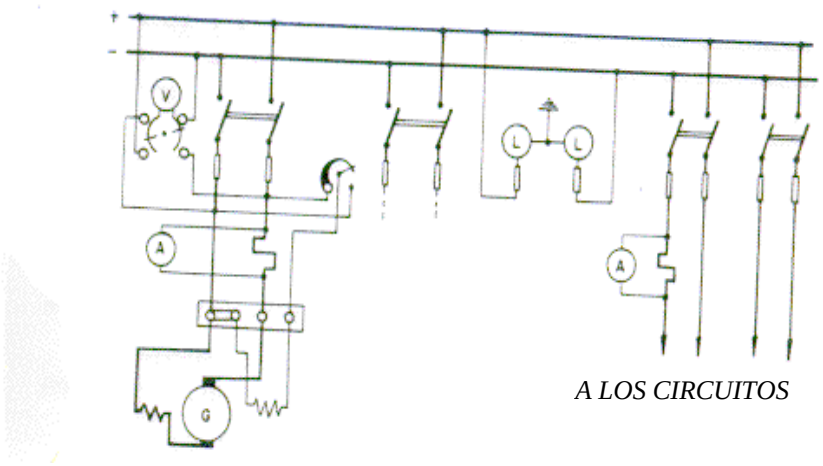


FIGURA 2.2 DISTRIBUCION BIFILAR CON GENERADORES ACOPLADOS

2.1.3. Distribución en corriente alterna

En este sistema la distribución de corriente puede ser monofásica o trifásica, la última mencionada puede realizarse mediante cuatro o tres conductores es decir con o sin neutro. Al ser un sistema en estrella el conductor neutro permite disponer de dos tensiones alternas: una trifásica de valor V y otra monofásica de valor V/1.73, que suele ser utilizada para los servicios de alumbrado.

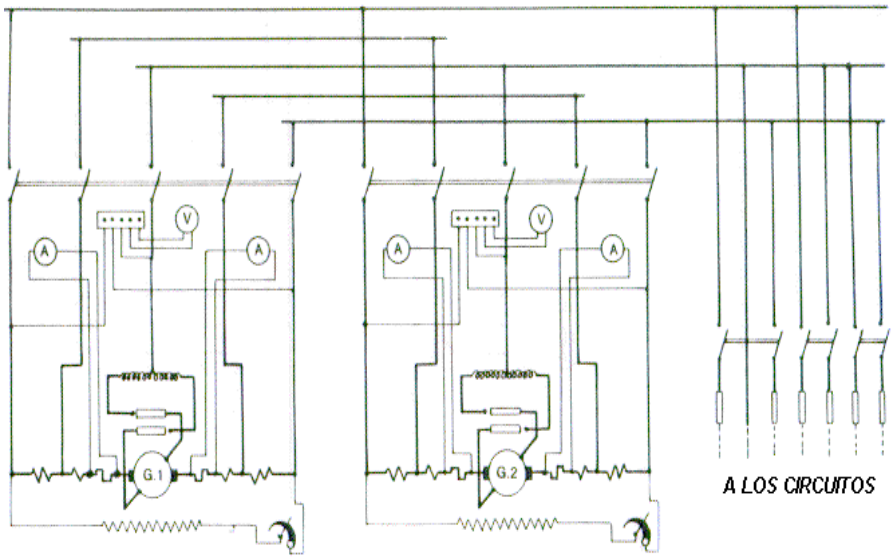


FIGURA 2.3 DISTRIBUCION A TRES HILOS ALIMENTADA CON DOS GENERADORES DISPUESTOS PARA SU ACOPLAMIENTO

2.2. Filosofía de funcionamiento de equipos de medición.

Los equipos de medición utilizados a bordo son de tipo analógico donde su sistema de medida en sí, consta de los elementos productores del movimiento y el elemento móvil propiamente, cuyo desplazamiento depende del valor de la magnitud mensurable.

Esta magnitud produce, en la parte móvil, una fuerza motriz que tiende a desplazarlo de su posición de reposo a otra posición, en la que actuará una fuerza antagónica proporcionada por un muelle, el elemento móvil se detendrá en un punto tal que la fuerza motriz sea igual a la fuerza antagónica, y, la lectura de la medición la dará un índice sobre una escala graduada. Como se indica en la figura:

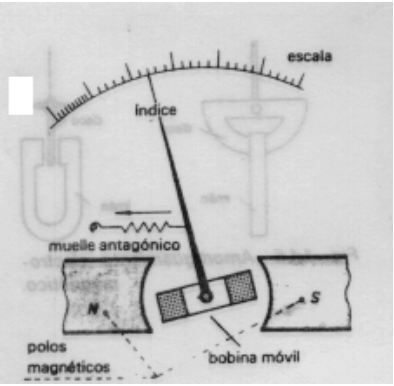


FIGURA 2.4 FILOSOFIA DE FUNCIONAMIENTO DE EQUIPO DE MEDICION TIPO ANALÓGICO

Al conectar un equipo de medición a un circuito eléctrico se produce el movimiento del órgano móvil hasta sobrepasar el punto de equilibrio teniendo que retroceder de nuevo, y así sucesivamente, de forma que se necesita un tiempo elevado para alcanzar el punto de equilibrio entre la fuerza motriz y la antagónica.

Para evitar estas oscilaciones, los equipos disponen de sistemas de amortiguamiento, bien sean electromagnéticos o bien de aire.

El amortiguamiento electromagnético esta basado en el frenado por corrientes parásitas, para ello el eje del equipo dispone de un disco metálico que se desplaza entre los polos de un imán permanente, induciéndose en el disco corriente que provoca el frenado del eje (figura 2.5-a).

El amortiguamiento de aire consiste de una pala de material ligero, que se desplaza en el interior de una cámara cerrada de aire.

(Figura 2.5-b)

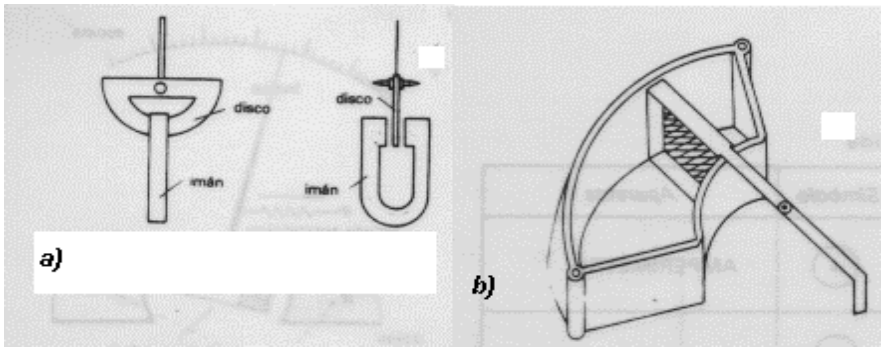


FIGURA 2.5 a) AMORTIGUAMIENTO ELECTROMAGNÉTICO
b) AMORTIGUAMIENTO POR AIRE

El elemento móvil se caracteriza porque tiene apoyos los cuales pueden ser de cinta, formado por dos cintas de platino aleado muy finas adecuado para instrumentos muy sensibles, de pivotes, los cuales se apoyan sobre asientos de bronce, con cavidad cónica, en los aparatos industriales y sobre una piedra dura (ágata, zafiro, rubí), en los equipos de precisión, y, de cojinetes, utilizados en instrumentos registradores y aquellos destinados para vehículos, en donde los extremos de los ejes de acero, descansan sobre un cojinete formado por dos piedras, la guía y la del asiento, esta disposición de montaje les permite soportar esfuerzos en varias direcciones.

2.2.1. Escalas e índices

La escala es un cuadrante graduado, en el cual se indica la lectura por medio de la posición del índice, y pueden ser lineales, cuadráticas, ensanchadas, logarítmicas.

El índice es la parte del equipo que señala el valor de la medición sobre la escala, según la precisión del aparato puede ser de cuchilla o de hilo en los aparatos de precisión, y, de varilla o lanza en los aparatos industriales.

Normalmente todos los dispositivos disponen de un tornillo para encerar el índice en el punto de reposo.

Un concepto muy importante en estos equipos de medición es la constante del instrumento, definida como el cuociente entre el fondo de escala y el número de divisiones, cuando un aparato disponga de varios fondos de escala, tendrá varias constantes.

Los equipos de medición analógicos pueden ser de dos tipos: de hierro móvil y de bobina móvil.

Los dispositivos de hierro móvil se basan en la fuerza de repulsión entre dos láminas de hierro dulce sometidas a una imanación del mismo sentido, la parte fija del instrumento la constituye una bobina circular arrollada sobre un tubo que soporta una de las láminas de hierro dulce, la parte móvil la forma la segunda lámina que va unida al eje de acero y al índice. El eje de la aguja se apoya sobre pivotes, cojinetes o cintas tensas, (figura 2.6).

En la posición de reposo, las dos láminas están casi frente, pero al circular una corriente por la bobina, se crea un campo magnético que provoca la repulsión de las láminas y desplaza el índice sobre la escala. La posición de equilibrio se logra por la fuerza antagónica que ejerce un muelle en espiral, montado sobre el eje. El eje de la aguja está unido a una palanca de freno que se mueve dentro de una cámara cerrada para amortiguar el movimiento.

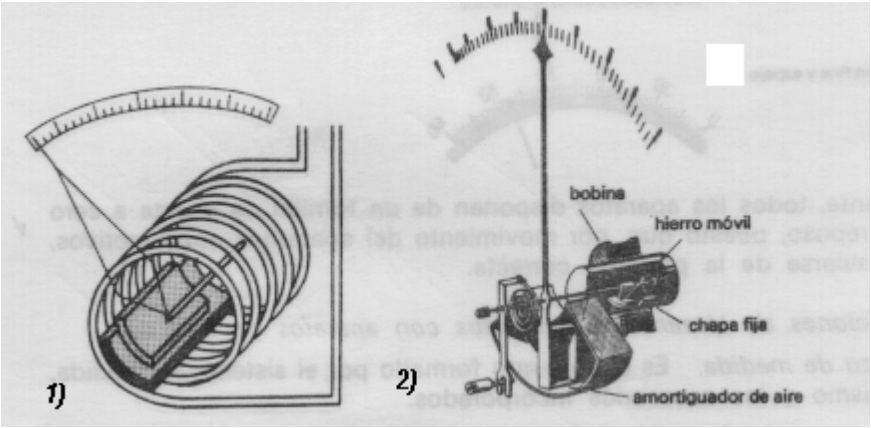


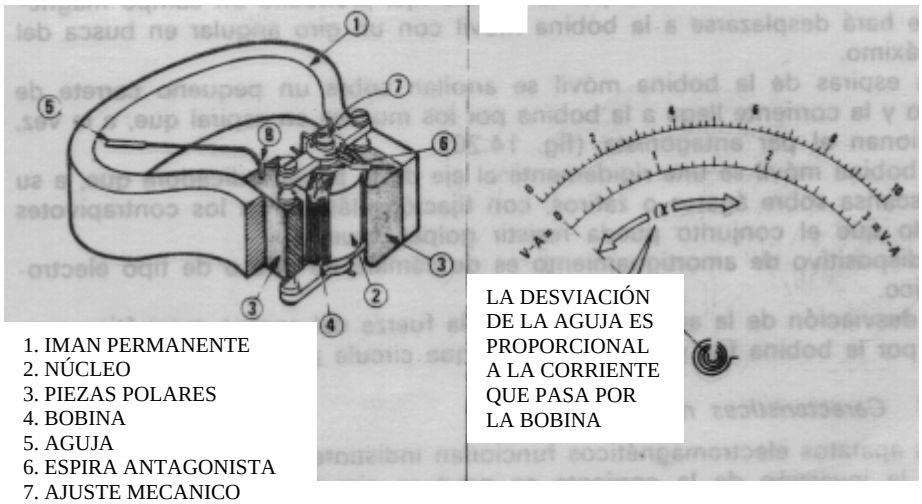
FIGURA 2.6 MECANISMO DE HIERRO MÓVIL:

1) SISTEMA EN REPOSO
2) SISTEMA DE MEDICIÓN

Aquellos de bobina móvil, se caracterizan porque dentro del campo magnético de un imán permanente se encuentra suspendida una bobina que puede girar libremente. Al circular por ella una corriente, en cada conductor de la bobina se produce una fuerza que da lugar a un par de giro, y éste desplaza el índice.

La bobina móvil dispone de 20 a 2000 espiras de hilo muy fino de cobre, las cuales están arrolladas sobre un carrete de aluminio el cual amortigua el movimiento de la aguja por medio de corrientes parásitas lo que obliga al índice a ocupar rápidamente la posición de equilibrio, en la parte interior se

encuentran fijados al carrete dos pivotes de acero sobre los que se apoya la bobina, como se indica en la figura:



1. IMAN PERMANENTE
2. NÚCLEO
3. PIEZAS POLARES
4. BOBINA
5. AGUJA
6. ESPIRA ANTAGONISTA
7. AJUSTE MECANICO
8. TOPE

FIGURA 2.7 MECANISMO DE BOBINA MÓVIL

2.2.2. Magnitudes de influencia en la precisión

Posición de montaje:

Todos los dispositivos de medición están diseñados para ser montados en posición vertical, con una tolerancia máxima de ±5°, para montaje inclinado.

Temperatura ambiente:

El efecto de la temperatura sobre la clase de precisión depende del alcance de medida. En general, estos instrumentos mantienen su clase de precisión entre +10°C y +30°C. Este intervalo puede ser inferior para alcances de medida especialmente bajos, en estos casos los valores límites son indicados en la escala, además estos instrumentos pueden ser ajustados para temperaturas que estén fuera del intervalo antes mencionado

Humedad relativa:

La clase de precisión se mantiene dentro del intervalo del 25% al 80% de humedad relativa no condensada.

Alimentación auxiliar:

La tolerancia aceptada para los valores nominales de la alimentación auxiliar es de:

tensión : +10% / –15%

frecuencia : 45 Hz... 65 Hz

Límites de temperatura:

Los instrumentos de medida y sus accesorios, soportan variaciones de temperatura de –25°C a +40°C (55 °C en versión tropicalizada) sin defecto permanente.

Tropicalización:

Los instrumentos están protegidos contra ambientes corrosivos y soportan temperaturas entre –25°C y 55°C, con una humedad relativa del 95%, esta humedad está referida a una temperatura máxima de 30°C y 30 días al año.

Vibraciones:

Los instrumentos están en la capacidad de soportar como mínimo una vibración de ±0.25 mm de amplitud a una frecuencia de 60 Hz.

Grado de Protección:

Las cajas de los instrumentos tienen un grado de protección IP 52, y, como opcional las cajas cumplen con IP 54 ó IP 55.

2.3. Tipos de equipos de medición

2.3.1. Amperímetros

Es aquel equipo que mide intensidades, se conecta en serie en el circuito que ha de medirse, la medición de la intensidad se hará, una vez seccionado el alcance del aparato, por aproximación a la corriente que va a circular por él, de forma que la aguja quede situada de la mitad hacia el final de la escala.

Las mediciones de intensidades elevadas en c.a. se hacen a través de transformadores de intensidad, que las reducen a valores inferiores.

2.3.2. Voltímetros

Las medidas de tensión se las hace a través de los voltímetros, y se caracterizan por su conexión en derivación en el circuito por medir, cuando se realizan mediciones en alta tensión en c.a., es necesario hacerlo a través de un

transformador de medida, que separará el circuito de alta tensión con el de baja tensión.

2.3.3. Vatímetros

Estos equipos de medición se conectan tanto para corriente continua como para corriente alterna.

La potencia de un circuito eléctrico conectado a una red de corriente continua es el producto de la tensión por la intensidad, el voltímetro puede conectarse antes o después del amperímetro, dándose en ambos casos, un error de medición que debe tenerse en cuenta en las medidas de cierta medición, normalmente basta utilizar un vatímetro en un sistema cualquiera, son de tipo electrodinámico, poseen una bobina amperimétrica, conectada en serie con el circuito y de una bobina voltimétrica en derivación.

En una red de corriente alterna, se pueden presentar los casos siguientes:

a) Carga equilibrada con neutro: en este caso la potencia activa por fase puede medirse con un solo vatímetro conectado entre fase y neutro, donde la potencia total será la suma de las tres potencias activas de cada fase.

b) Carga equilibrada sin neutro: se debe conseguir un neutro artificial mediante tres resistencias en estrella, las cuales deben ser iguales, teniendo en cuenta la resistencia de la bobina voltimétrica.

c) Carga desequilibrada: la cual puede estar en estrella o triángulo, la potencia activa total se la obtiene con tres vatímetros monofásicos, sumando los resultados o con un vatímetro trifásico directamente.

2.3.4. Frecuencímetros

Este equipo se conecta en derivación a la red, puede ser de dos tipos:

a) De láminas: basado en un electroimán, en cuyo campo vibran una serie de lengüetas que entran en resonancia con la corriente alterna que excita al electroimán, siempre

vibra una lengüeta del peine al coincidir la frecuencia propia de vibración con la frecuencia de la corriente alterna aplicada.

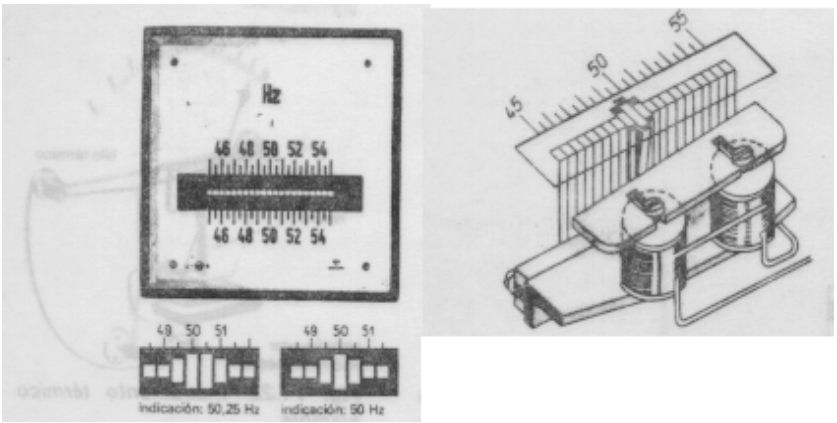


FIGURA 2.8 FRECUENCÍMETRO DE SISTEMA DE LÁMINAS

b) De aguja o inductancia: está constituido por una bobina fija y una móvil con dos arrollamientos conectados en serie con un condensador y una inductancia respectivamente, para la frecuencia de resonancia circula una intensidad que desplaza a la aguja, señalando el valor de la medición sobre la escala.

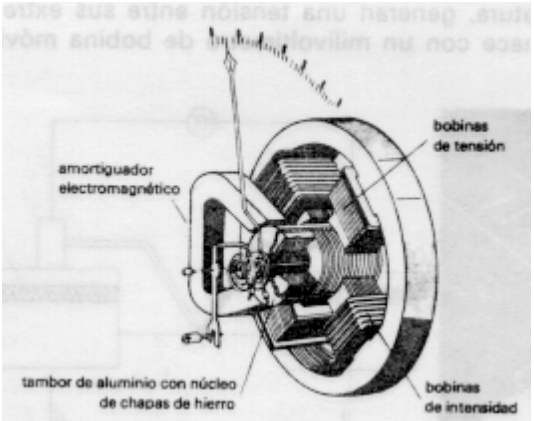


FIGURA 2.9 FRECUENCÍMETRO DE SISTEMA DE AGUJA O INDUCTANCIA

Cabe señalar que todos estos equipos de aguja, se basan en el principio de inducción electromagnética, formado por un disco o tambor de aluminio unido a un eje apoyado, cuyo eje dispone del índice y del muelle antagonista, la parte fija la constituyen varios electroimanes de chapa magnética, cuyas bobinas están conectadas en serie (bobinas de intensidad) o en derivación (bobinas de tensión) con el circuito a medir. Al conectar las bobinas al circuito, producirán un campo magnético que atravesará el tambor, induciendo corrientes parásitas, la existencia simultánea de un campo magnético y de corrientes en el disco da lugar a una fuerza que lo pone en movimiento, arrastrando a su vez al índice.

2.3.5. Medidores de aislamiento

Este equipo mide la resistencia de aislamiento entre una fase y tierra, en una línea de neutro aislado o impedante. El valor de la resistencia de aislamiento se puede visualizar en un indicador galvanométrico situado en el frontal del aparato cuya escala está en kΩ.

Para efectuar la medida el equipo aplica una tensión continua de 24 V entre la fase y tierra, midiendo la intensidad de fuga que circula a través de las resistencias de aislamiento de la red. Esta intensidad es la que determina la resistencia de aislamiento.

El equipo dispone de dos relés de salida temporizados, uno que actúa de máximo (dispara cuando la resistencia supera un determinado valor) y otro que actúa de mínimo (dispara cuando la resistencia de aislamiento es inferior a otro determinado valor). En ambos relés el punto de disparo y el tiempo de retardo a la conexión se pueden ajustar mediante

unos potenciómetros situados en la parte posterior del aparato (anexo 4).

2.3.6. Características técnicas de equipos analógicos Instalados

Sistema de medida:

Amperímetros y voltímetros:

Sistema de hierro móvil formado por dos hierros; uno fijo y otro móvil solidario por medio de un eje a la aguja de indicación, el arco de giro del hierro móvil depende de la corriente que pasa por la bobina. El frenado, que elimina prácticamente sobrealcances, se produce por la acción de un fluido viscoso de silicona.

Vatímetros:

Consiste de un circuito electrónico formado por transformadores de corriente de 1 ó 5 A, un multiplicador por fase, un amplificador sumador y un filtro, la salida se aplica a un instrumento de bobina móvil, el desplazamiento de la aguja corresponde a los productos: $VICos\phi$ para circuitos monofásicos, $3VICos\phi$ para circuitos trifásicos equilibrados y

$V_1I_1Cos\phi_1 + V_2I_2Cos\phi_2 + V_3I_3Cos\phi_3$ para circuitos trifásicos desequilibrados.

Frecuencímetros:

Formado por sistema de bobina móvil de 90° y circuito convertidor electrónico incorporado en la misma caja

Clase de precisión:

Amperímetros y voltímetros:

Referida al valor final de la escala: para C.A. y C.C. ±1.5%

Vatímetros:

La precisión se mantiene para variaciones de tensión de ±15% U_n

Consumos:

Voltímetros: de 1 a 4 VA

1.8 VA para 250 V

3.3 VA para 500 V

Amperímetros: de 0.3 a 1.5 VA

0.7 VA para 1 A

1.2 VA para 5 A

Vatímetros:

Circuito de tensión: 3 a 10 mA

Circuito de Intensidad: 0.2 a 0.5 VA

Frecuencímetros: 2-3 VA según frecuencia o tensión

Sobrecargas:

Voltímetros: 1.5 U_n permanente

2 U_n durante 5 segundos

Amperímetros: 1.2 I_n permanente

5 I_n durante 30 segundos

10 I_n durante 5 segundos

40 I_n durante 1 segundo

Vatímetros:

circuitos de tensión: 1.2 U_n permanente

2 U_n durante 5 segundos

circuitos de intensidad: 1.2 I_n permanente

5 I_n durante 30 segundos

10 I_n durante 5 segundos

40 I_n durante 1 segundo

Frecuencímetros: 1.2 U_n permanente

2 U_n durante 5 segundos

Temperatura:

Temperatura de referencia: + 20°C

Intervalo nominal de uso: 20°C ± 10°C

Limites: -25°C / +40°C

Tensión de aislamiento:

2 KV durante un minuto entre mecanismo y caja y entre terminales aislados eléctricamente.

Grado de protección:

Las cajas de los instrumentos tienen un grado de protección IP 52.

2.3.7. Características técnicas de equipos digitales a Instalarse

2.3.7.1. Analizador de redes

Es un equipo programable, que mide calcula y visualiza los principales parámetros eléctricos en redes trifásicas equilibradas o desequilibradas.

Medida:

La medida se realiza en verdadero valor eficaz, mediante tres entradas de tensión C.A. y tres

entradas de corriente C.A. La medida se realiza con transformadores de corriente ... / 5 A

Pueden medir 30 parámetros eléctricos, entre los que se puede nombrar: voltaje(fase-neutro y fase-fase), corriente, potencia (activa, reactiva y aparente), factor de potencia, frecuencia, energía (activa, inductiva y capacitiva).

Descripción

- Medición en verdadero valor eficaz.
- Memorización de los valores máximos y mínimos
- Visualización de los parámetros con escala automática de unidades.
- Teclado de membrana, con 4 teclas, para el control y programación
- Dispone de LEDS luminosos (rojos), para indicar el parámetro visualizado en pantalla.

Circuito de alimentación del equipo:

Monofásico	115 V, 220 V, 440 V a.c.
Tolerancia tensión	+10% / -15%

Frecuencia	60 Hz
Consumo	3 a 6 VA
Temperatura de trabajo	0 / +50 °C

Circuito de medición:

Tensión nominal	440 V a.c.
Corriente nominal	In 5A
Sobrecarga permanente	1.2 In
Consumo circuito corriente	0.6 VA

Clase precisión:

Tensión:	0,5 % de la lectura +/- 2 dígitos
Corriente:	0,5 % de la lectura +/- 2 dígitos
Potencias:	1 % de la lectura +/- 2 dígitos

2.4. Equipos de control y protección

2.4.1. Sincronoscopio

Indica la variación de frecuencia y ángulo de fase entre dos generadores o un generador y red, cuando se conectan en paralelo. Si la diferencia es cero, la aguja del instrumento permanece estacionaria en la marca del sincronismo situada en el centro de la escala.

La escala del instrumento se divide en dos áreas marcadas con los signos (+) (-), estos signos indican si la máquina para conectar está a mayor o menor frecuencia que la otra, respectivamente.

El ajuste se efectúa hasta que la aguja está en el lado (-), pero girando muy lentamente en la dirección (+), si la aguja se detiene fuera de la marca de sincronismo, ambas máquinas están a la misma frecuencia pero las tensiones no se encuentran en fase. (anexo 4).

Existen equipos automáticos de sincronización para generadores, los cuales tiene las siguientes características:

- opción de límite de voltaje (voltage-limit option)
- opción de emparejamiento de velocidades (speed matching)
- opción de emparejamiento de velocidades (voltage matching).

Se lo conoce en forma abreviada como sistema XASV, que significa:

X: Sincronoscopio automático

Esta función se usa para cerrar la conexión entre dos generadores, cuando se encuentran a una frecuencia ligeramente diferente, este dispositivo cierra el circuito de conexión un instante antes de que el punto de sincronismo es alcanzado, también limita el ángulo de fase máximo al cual el sincronismo puede darse.

A: Aceptador de voltaje

Esta opción vuelve inactivo el Sincronoscopio, si el voltaje de los generadores están fuera del valor de sincronización, mediante tres ajustes:

- limite de bajo voltaje
- limite de alto voltaje
- limite de diferencia de voltaje

S: velocidad de emparejamiento

Esta opción proporciona, señales altas o bajas de la velocidad de control del generador a la correcta frecuencia, respecto al generador con el cual va a entrar en paralelo, cuando opera a una frecuencia del ± 10% de la frecuencia debida, son las siguientes:

- señal de tiempo de cierre al aumento de velocidad (0.1 a 0.4 segundos)
- señal de cierre de tiempo a la más baja velocidad (0.1 a 0.4 segundos)
- señal de variación brusca de generador de pulso, (10 a 40 segundos)

V: Voltaje de emparejamiento

Proporciona, señales altas o bajas para el ajuste del voltaje de entrada del generador, con una duración ajustable de 0.25 a 2 segundos y un tiempo fijo de 6 segundos, hasta que el voltage de entrada del generador se encuentre en el punto fijo seleccionado, comparando automáticamente los voltajes de los generadores.

2.4.2. Protecciones de sobrecorriente y cortocircuito

Existen varios relés para la protección de máquinas eléctricas, así tenemos:

a) Relé diferencial: Son aquellos que actúan basándose en la diferencia entre las corrientes de cada fase y cierran sus contactos cuando la relación entre ambos exceda un valor determinado; lo que implica una falla interna en una fase, incipiente o franca.

Cabe señalar que cuando los bobinados de un generador están conectados en estrella, las corrientes que convergen en el punto neutro de la estrella son iguales a las corrientes correspondientes de línea, si el sistema está puesto a tierra tanto en la estrella como en otro punto cualquiera como la carcaza del equipo, la mencionada igualdad de corrientes dejará de mantenerse en cuanto se produzca una falla a tierra en cualquiera de los arrollamientos de la máquina. Para la protección de generadores trifásicos, se emplearán tres relés, uno por cada fase (figura 2.10), la característica de funcionamiento es una recta con pendiente de 45° en un sistema de ejes cartesianos rectangulares en el cual las abscisas y ordenadas representan I_1, I_2 respectivamente en la misma escala.

El relé diferencial es sensible a la corriente de fuga a masa, recibe el nombre de diferencial porque la corriente de fuga es igual a la diferencia entre todas las corrientes entrantes y salientes en la instalación consumidora.

El elemento sensible esta constituido por una bobina de un material magnético de alta calidad.

Las corrientes de los conductores que atraviesan la bobina producen un flujo magnético cuya resultante en condiciones normales es nula. Al manifestarse una corriente hacia masa el flujo resultante induce, sobre un arrollamiento auxiliar, una tensión que provoca la apertura del disyuntor principal, los cuales para contactos directos están protegidos por relés diferenciales de alta sensibilidad de 30 mA.

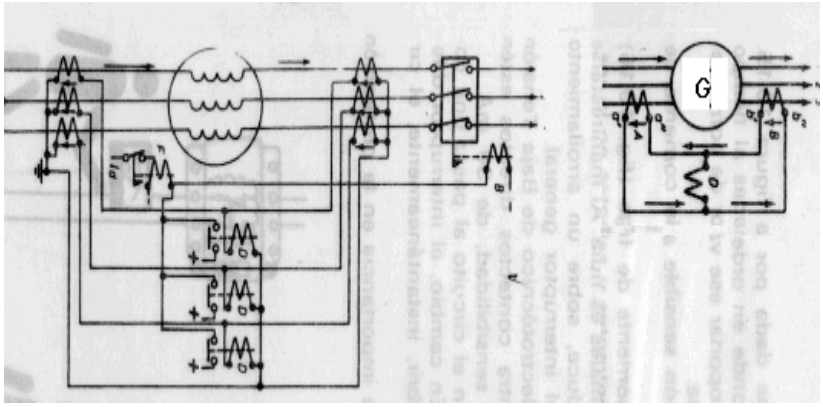


FIGURA 2.10 PRINCIPIO DE CONEXIÓN DE RELÉ DIFERENCIAL EN UN GENERADOR TRIFÁSICO

b) Relé de Tensión: suelen ser monofásicos y de tipo de disco de inducción y de acción temporizada regulable se usan para la protección y control de generadores,

motores, transformadores y circuitos de corriente alterna, en los que la tensión constituye un factor importante y se dividen en:

- Relé de máxima tensión, el cual trabaja con valores de 1.1 a 1.8 veces el valor de la tensión nominal, y tienen la facultad de evitar que la tensión de trabajo del generador sea excesiva, no solo protegen las sobretensiones, sino que también son de uso frecuente para fallas a tierra en barras.

  Se conectan en paralelo con el circuito principal, es decir entre los bornes de entrada del disyuntor principal, cuando la tensión del circuito aumenta por encima del valor ajustado, la armadura queda atraída y los contactos solidarios con ella, cierran el circuito de mando, con lo que se excita la bobina del disyuntor y se conecta la bobina de la red.

  Al estar conectado el relé de protección sobre los bornes de entrada, su bobina está continuamente bajo tensión y será imposible una nueva conexión del disyuntor principal mientras subsista la sobretensión de la red.

- Relé de mínima tensión, se caracteriza ya que desconectan el interruptor de las barras, siempre que la tensión disminuye de un valor prefijado de antemano o la tensión se corta, se vuelven a conectar únicamente cuando la tensión adquiere el valor adecuado para que el relé trabaje en condiciones normales.

  Cuando baja la tensión desexcita la bobina del contactor, y cualquiera que sea la duración de la falla, el generador se para y solamente arranca cuando ha desaparecido la tensión mínima.

  Están constituidos por una bobina arrollada sobre un núcleo de hierro y una armadura móvil que acciona los contactos, la bobina se conecta en paralelo sobre dos fases del circuito principal. En circunstancia normales, la tensión en la bobina hace que su armadura permanezca atraída. Cuando la tensión desciende por debajo del límite ajustado, cae la armadura y los contactos solidarios con ella, cierran el circuito auxilia, con lo que se excita la bobina del disyuntor.

- Relé de Máxima y Mínima tensión, es la combinación de las funciones que realizan los relés de máxima y mínima

tensión, están dotados de dos contactos, uno de los cuales se cierra con tensiones crecientes y el otro con tensiones decrecientes, como se indica en la figura:

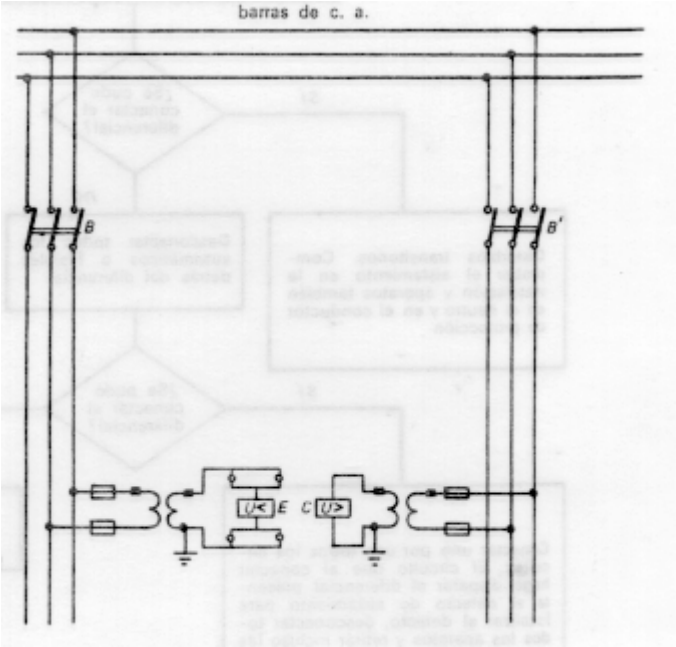


FIGURA 2.11 ESQUEMA DE CONEXIÓN DE UN RELÉ DE MÁXIMA Y MÍNIMA TENSIÓN

c) Relé de Sobrecorriente: Se usan para la protección de los excesos de corriente, contra falla de fases o fallas de tierra en los circuitos eléctricos de distribución y consumo, pueden ser:

- Relé de sobrecorriente con transformadores de corriente, donde una bobina amperimétrica es encargada de vigilar el exceso de corriente de su propia fase, la corriente está controlada por el relé de protección y es equivalente a la que circula por la línea, estos relés se calibran normalmente para que actúen con intensidades superiores a la plena carga de la instalación que protegen y para que en las condiciones de máximo cortocircuito, proporcionen una coordinación de tiempos en el disparo de los interruptores que controlan. Los intervalos de tiempo mínimos deben ser igual al tiempo que tarda el interruptor en despejar la falla desde que recibe la señal de actuación del relé.

  Los tiempos generalmente están comprendidos entre 0.25 y 0.45 segundos según las características del relé.

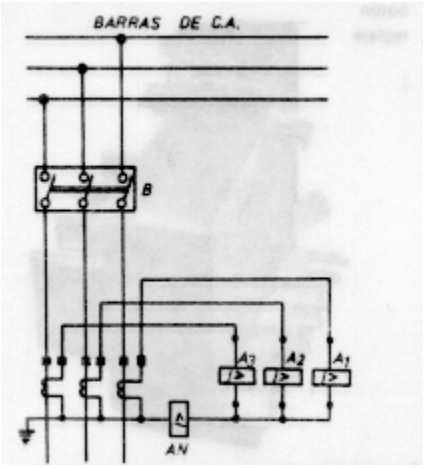


FIGURA 2.12 ESQUEMA DE CONEXIÓN DE UN RELÉ DE SOBRECORRIENTE

- Relé térmico, Consta de tres bobinas de pocas espiras y baja resistencia que se conectan en serie con las tres fases del equipo a proteger. Cada bobina está devanada sobre una lámina bimetálica y separada por una capa de amianto, la misma corriente que pasa por el equipo es la que recorre cualquiera de las tres bobinas, disparando el relé cuando la corriente que circula por alguna de ellas es superior a la nominal. Su disparo se efectúa por la curvatura que experimenta una lámina bimetálica al calentarse, aprovechándola para conmutar los contactos, fundamentalmente estos relés tienen dos

partes: el bimetal y elemento calefactor y mecanismo de disparo, y, cumplen con las siguientes condiciones:

1. Permite el arranque del equipo en condiciones normales, o sea que el paso de la corriente de arranque durante un tiempo razonable, no dispara el relé.
2. Permitirá el paso de la intensidad nominal del equipo indefinidamente.
3. Debe disparar, ante cualquier sobrecarga mantenida, antes del tiempo de peligro del equipo.

El disparo del relé térmico se efectúa en un tiempo de tres a cinco veces inferior al que necesitaría el equipo para quemarse.

- Relé de sobrecorriente electromagnética, el elemento básico es una bobina con su respectivo núcleo, por la que pasa toda o un parte proporcional de la corriente de carga. Cuando pasa una corriente determinada, la bobina produce suficiente fuerza magnética para atraer una armadura móvil, que por un juego de palancas y resortes acciona los contactos de desconexión del

disyuntor, el tiempo de disparo es muy pequeño en el orden de los milisegundos.

La bobina se calcula para que el disparo se produzca con una corriente de intensidad determinada, aunque existen márgenes de intensidad entre los que se produce el disparo y que vienen obligados por las condiciones mecánicas de fijación de los diferentes elementos.

El disparo instantáneo no es posible debido a:

1. La inercia propia del sistema mecánico de resortes y palancas.
2. La bobina constituye un circuito inductivo y, ni el flujo magnético ni la corriente pueden anularse de forma instantánea.

Este tiempo de retardo, que será el de atracción de la armadura, depende de la relación entre la corriente de defecto y la corriente efectiva necesaria para la atracción, en la práctica el disparo tiene una duración de algunos milisegundos.

d) Relé de Potencia Inversa: Sirve fundamentalmente para proteger a los generadores sincrónicos contra la motorización, aunque también se utiliza para limitar el flujo de potencia en una línea y para limitar un cambio en la dirección del flujo de potencia entre dos sistemas.

Están compuestos por dos elementos formados por discos de inducción, el elemento superior es el temporizador y el inferior es el direccional.

El temporizador no puede activarse a menos que la circulación de la corriente sea en sentido que produzca el disparo. Esta acción de bloque se realiza conectando la bobina voltimétrica del temporizador en serie con los contactos del elemento direccional, de esta manera, el sentido de la corriente controla el relé temporizador.

En el elemento direccional los dos polos superiores del electroimán están activados por una corriente que es proporcional a la de la línea, y, los inferiores se activan con una tensión de polarización. Los flujos producidos por estas dos cantidades hacen que el disco gire en un sentido que depende del ángulo de desfase entre la tensión y la corriente.

La bobina de corriente es de 5 A, y la mínima corriente de accionamiento es de 0.1 A, esta corriente esta en fase con los 65 V mínimos de la bobina de potencial, los cuales constituyen los valores mínimos de disparo

2.5. Elementos de conexión

2.5.1. Cables eléctricos

Los cables eléctricos, constituyen la mayor parte de los sistemas de distribución eléctrica de a bordo, muchos de estos son de tipo blindado, donde sus capas exteriores, tienen aleación de aluminio con alambres alrededor tejidos en forma de canasta y entrelazados, esta armadura sirve solamente como protección física durante la instalación inicial del cable, existe la tendencia al uso de cables sin recubierta en construcciones de a bordo, cuando estos van a estar a la intemperie (anexo 4).

Su utilización a bordo esta basada en la siguiente nomenclatura:

Rojo: cable positivo

Azul: polo negativo

Blanco: hilo central

Verde: primera fase

Amarillo: segunda fase

Marrón: tercera fase

Gris: neutro aislado

Negro: conexiones de masa

2.5.2. Barras de distribución

Son aquellas por donde se pasa la energía producida por los generadores, las cuales sirven de punto de partida para su distribución a través de los disyuntores de las cargas, están constituidas generalmente por barras de cobre desnudo, en su dimensionamiento se toma en cuenta el calentamiento que se producirá en ellas debido al paso de la corriente, así como también los esfuerzos mecánicos y electrodinámicos a los que hayan de estar sometidas.

Para determinar las secciones y distancias relativas de estos dispositivos, existen tablas, de valores normalizados, las cuales aseguran una elevación de temperatura máxima de 30° C respecto a una temperatura ambiente de 35° C,

(anexo 4)

Capítulo 3

3. NORMAS Y ESPECIFICACIONES PARA DISPOSITIVOS E INSTALACIONES ELECTRICAS

3.1. Montaje de armarios

La armadura del cuadro eléctrico debe ser rígida, capaz de soportar tanto el peso de los aparatos, así como los esfuerzos electrodinámicos en caso de cortocircuito.

Las masas metálicas accesibles deben estar eléctricamente unidas entre sí y al conductor principal de protección de tierra, en la mayor parte de los casos, la conexión eléctrica se realiza por medio de la

tornillería para lo cual es necesario respetar el número de puntos de unión, y el par de apriete.

En cuanto a los componentes fijos, la continuidad eléctrica se realiza a través de arandelas dentadas, que hacen contacto con la parte metálica, en las partes móviles del cuadro, es obligatorio la conexión de masa, aunque muchas de ellas no soporten componentes eléctricos.

3.1.1. .Grado de protección

Llamado también índice de protección para los tableros eléctricos, que se caracteriza para soportar influencias externas como la penetración de cuerpos sólidos y efectos perjudiciales del agua. El sistema de identificación del grado de protección consiste de las letras “IP” seguidas por dos numerales, llamados “numerales característicos”.

El primer numeral indica el grado de protección para prevenir el contacto con cuerpos sólidos ajenos al tablero eléctrico, teniendo la siguiente especificación:

1: Protección frente a cuerpos sólidos que excedan a 50 mm en diámetro.

2: Protección frente a cuerpos sólidos que excedan a 12 mm en diámetro.

3: Protección frente a cuerpos sólidos que excedan a 2.5 mm en diámetro.

4: Protección frente a cuerpos sólidos que excedan a 1 mm en diámetro.

#5: Protección parcial frente a la presencia de polvo.

#6: Protección total frente a la presencia de polvo.

El segundo numeral indica el grado de protección frente al ingreso dañino de agua, tiene la siguiente especificación:

#1: Protección frente al goteo del agua.

#2: Protección frente al goteo del agua cuando la inclinación del tablero no excede en 15°.

#3: Protección frente a agua atomizada.

#4: Protección frente a salpiqueo de agua.

#5: Protección frente a chorro de agua.

#6: Protección frente a mares fuertes.

#7: Protección frente a efectos de inmersión.

#8: Protección frente a la sumersión.

Los equipos instalados a bordo tienen la siguiente protección IP:

Cajas de los instrumentos:	Grado de protección IP 52
(opcionalmente)	Grado de protección IP 54 ó 55
Terminales de conexión:	Grado de protección IP 21

3.2. Instalación de aparellaje

3.2.1. Implantación de aparatos

Se debe colocar preferentemente los aparatos de gran disipación de calor en la parte alta del armario con la finalidad de no recalentar al conjunto de aparellaje instalado (pantalla de compartimentación, cubrebornes), para facilitar la maniobra en los grandes aparatos, deben situarse los mandos de control entre 0.80 m y 1.60 m desde la base, los bornes de conexión a

un mínimo de 0.20m del suelo, los dispositivos de medición que necesitan control visual no deben situarse a una altura superior a 1.8 m.

Es necesario conocer cuanto antes el número, sección y naturaleza y aislamiento de los cables de entrada y salida, factores de los cuales depende su radio de curvatura, lo que ayuda a determinar el volumen de los terminales y con esto prever el acceso para la sujeción de los mismos.

La implantación de los dispositivos, debe permitir intervenciones posteriores como instalación de contactos auxiliares, detección de eventuales calentamiento en los puntos de conexión, sustituir o añadir una salida, etc.

Los soportes de los aparatos, deben ser los suficientemente rígidos para que no se deformen por efecto del peso del equipo y de esta forma poder resistir las vibraciones generadas durante el disparo.

3.3. Barras de distribución

La naturaleza y sección de las barras de cobre deben tener una excelente conductividad y una buena resistencia a la corrosión, lo cual permite transmitir la intensidad exigida, con lo cual garantiza el buen funcionamiento del cuadro.

Las barras pueden colocarse horizontal o verticalmente, esta ultima favorece la ventilación por convección, en las dos posiciones se debe tomar en cuenta la distancia de aislamiento, la cual es la distancia más corta en el aire entre dos conductores activos o entre un conductor activo y masa.

Para la tensión de servicio hasta 1000 V, la distancia de aislamiento entre una parte desnuda bajo tensión (barras de cobre) y un envolvente (fondo o pared lateral) con riesgo de deformación en el transcurso de una operación de mantenimiento o de choque debe ser de 0.20 cm, en caso de ser imposible se deberá intercalar una pantalla aislante.

La línea de fuga es la distancia más corta del desplazamiento a lo largo de un aislante, que soporta a dos conductores activos o entre un conductor activo y masa.

En el caso de que la instalación necesite de varias barras por fase, debe dejarse un espacio suficiente entre ellas para permitir una ventilación normal del juego de barras, debiéndose dejar como mínimo una vez el espesor de la barra, entre dos conductores activos de una misma barra.

El número y separación de los soportes viene definido en función de las corrientes de cortocircuito estimada y del peso y posición de las barras, dichos soportes deben tener la facultad de evitar el calentamiento debido a corrientes residuales.

3.4. Conductor de protección

3.4.1. Conductor de tierra

Debe ser suficientemente dimensionado y continuo en el cuadro para soportar las imposiciones térmicas y electrodinámicas de la corriente de defecto, este conductor debe estar conectado a la masa del cuadro, cada borne del conductor debe recibir un cable.

3.4.2. Conductor tierra – neutro

La sección de este conductor se determina como un conductor del neutro es decir, para los circuitos monofásicos y circuitos trifásicos de sección $\leq$ 16 mm^2 en cobre debe ser igual a los conductores de fase.

Para los circuitos trifásicos de sección $>$ 16 mm^2 en cobre puede ser: igual a la de los conductores en fase, e inferior a condición de que:

La corriente susceptible de recorrer el neutro en servicio normal sea inferior a la corriente admisible en el conductor.

3.5. Transformadores de corriente

La instalación de estos aparatos se la debe hacer sin comprometer el nivel de aislamiento y la fialidad del juego de barras, en el caso de un transformador de corriente voluminoso, es aconsejable la implantación en tresbolillo (colocación de equipos sucesivos al uno y otro lado de la barra), con el fin de evitar los cebados sobre los tornillos de fijación, así como una separación desmesurada de los

conductores de fase entre sí, en el caso de varias barras por fase se instalará una cuña entre las barras, que permita:

a) Mantener la presión de apriete desde la instalación del transformador de corriente.

b) Evitar las vibraciones que provocan la rotura de los equipos.

3.6. Conexión de potencia

3.6.1. Conexión por juego de barras

El aparato de llegada se conecta prolongando los polos de conexión del aparato mediante colas o grupos de barras, utilizando preferentemente polos de canto o terminales para limitar los calentamientos en los puntos de conexión, mediante la disipación térmica, para evitar los contactos directos en caso de un acceso posterior, es aconsejable instalar una pantalla aislante auto extinguible en los extremos de las barras.

Las barras principales suelen tener una sección superior al juego de barras de conexión tomando en cuenta los

calentamientos en los puntos de conexión del aparato y el ajuste debido a la orientación de las barras de canto o planas, es posible también la conexión directa así como también mediante barras de transferencia, tomando muy en cuenta el ajuste de los dispositivos.

Las superficies de contacto deben estar limpias, secas, planas y sin rayaduras importantes, la calidad de la conexión eléctrica está relacionada con la superficie de recubrimiento y con la presión de contacto la cual depende del número de puntos de apriete, de la tornillería utilizada y del par de apriete aplicado a esta tornillería, cabe anotar que cuando el juego de barras dispone de varias barras por fase, es necesario repartir los puntos de conexión para las barras, usando anillos planos y de presión de material adecuado para no producir corrosión galvánica

3.6.2. Conexión por cables

La utilización del cable es posible para todas las conexiones de media potencia, tomando en cuenta que a partir de cierta potencia, cuando ésta es mayor a 150 KVA la conexión resulta

más difícil de realizar debido a limitaciones tales como la sección de los cables, el número de conductores, el radio de curvatura, volumen disponible en el interior del envolvente.

El cableado interior del cuadro se realiza en cobre, con barras flexibles, rígidas o semirígidas, la sección de los cables debe estar relacionada con la intensidad a transmitir, y la temperatura ambiente alrededor de los conductores.

Un terminal solo puede contener un único cable de potencia, donde todos los conductores de este deben quedar dentro del terminal. Los cables no deben circular en contacto o entre conductores activos (barras de cobre, barras flexibles) las aristas vivas de la armadura situadas sobre el paso de los conductores deben estar protegidas para evitar los riesgos de daño para los cables.

Los bornes de conexión deben soportar esfuerzos térmicos en caso de cortocircuito, cuando se realiza el apriete se debe tener cuidado en no cortar los cables.

3.7. Circuitos auxiliares y de baja intensidad

Los cables deben guiarse preferentemente en brazaletes o canaletas, no se deben usar mangueras ya que los cables están menos protegidos y menos ventilados. Cabe anotar que entre los aparatos y los bornes los cables no tienen que tener conexiones intermedias con un empalme o una soldadura, los circuitos auxiliares deben estar separados de los circuitos de potencia.

Los cables guiados en brazaletes no deben estar encintados, favoreciendo de esta forma la disipación térmica, se debe instalar un número suficiente para permitir un buen mantenimiento de la línea.

Se utilizan canaletas para:

a) Para cables de sección $\leq 6\ mm^2$

b) Si los cables no son de la clase 2 (tensión de aislamiento del cable mayor al doble de la tensión de servicio), las canaletas se fijarán con ayuda de remaches o de tornillos plásticos que no dañen los cables y permitan conservar un doble aislamiento de los conductores en relación a las masas metálicas que soportan la canaleta.

c) La separación de fijación de las canaletas no debe superior al 70%, de la capacidad de las mismas.

d) No se flexarán los cables en las canaletas para favorecer la disipación térmica.

3.8. Etiquetado e indicaciones

Una buena señalización es esencial para la conexión en el emplazamiento y el mantenimiento del cuadro, puede ser alfabética, numérica o alfanumérica, generalmente son anillos imbricables, deben colocarse en los extremos de los conductores y si es necesario a lo largo de su recorrido, para circuitos de potencia, las fases y polaridades deben estar indicadas como mínimo en los extremos y en los puntos de conexión, no se especifica ningún color.

En cuanto al neutro, éste debe ser obligatoriamente indicado en color azul claro, bien en toda la longitud de los cables, o en los extremos y en los puntos de conexión.

En el conductor principal de protección personal deben constar de una doble señalización, verde-amarillo en los extremos y la identificación conductor de tierra (PE) o conductor de tierra neutro (PEN) según el caso.

El punto de conexión de las masas del armario debe estar señalado por medio de un símbolo de tierra normalizado.

3.9. Verificaciones y ensayos

3.9.1. Inspección del conjunto: examen del cableado

a) Conformidad:

De la fabricación del cuadro en relación con los planos, nomenclaturas y esquemas, número, naturaleza y calibre de los aparatos.

Del cableado, en cuanto a la conexión de los circuitos de potencia y auxiliares, calidad, en relación con la sección de los conductores y par de apriete.

b) Inspección visual:

Verificación de las distancias de aislamiento y de las líneas de fuga al nivel de conexiones y de las líneas de fuga al nivel de conexiones o parte del juego de barras.

Verificación del grado de protección, presencia de elementos que permiten asegurar, variables según la necesidad (uniones, tapas), ausencia de grietas en paneles laterales (cortes, perforaciones) que comprometan el grado de protección.

c) Funcionamiento Eléctrico:

Inspeccionar el cableado y verificar el buen funcionamiento del cuadro, mando, medidas y control, enclavamientos mecánicos y eléctricos.

3.9.2. Verificación del aislamiento

Ensayos dieléctricos:

Todos los aparatos, deben estar conectados, a excepción de los que no vayan a soportar la tensión del ensayo, para un cuadro con una tensión de utilización de 440 V se aplicará una tensión de ensayo de 2500 V ac, entre todas las partes activas y las masas interconectadas del conjunto, y, entre cada polo y todos los demás polos conectados para este ensayo a las masas interconectadas del conjunto.

Cabe anotar que los ensayos son satisfactorios sino se produce ni perforación, ni cebados de arco entre las distintas partes comprobadas.

Esta prueba no se la pudo realizar en los tableros de la unidad debido a la falta de medios.

3.9.3. Medida de protección

Verificación de las medidas de protección y de la continuidad eléctrica de los circuitos de protección, verificando de forma visual la presencia de arandelas de contacto al nivel de las uniones, así como la conexión de masa en las puertas que soporten el aparellaje eléctrico.

Además se debe verificar la presencia de las señales de identificación del cuadro, limpieza del cuadro.

Capítulo 4

4. DETERMINACION DEL ESTADO ACTUAL DEL SISTEMA INSTALADO

4.1. Criterios que rigen la prueba de disyuntores

Luego de que el disyuntor haya abierto por efecto de un cortocircuito intenso, se inspeccionan cuidadosamente sus contactos. Antes de iniciar esta operación se toma en cuenta que todos los circuitos de alimentación a los que esta conectado, se encuentren desenergizados, seccionando las áreas de alimentación y evitando de esta forma cortes de suministro.

4.1.1. Pruebas mecánicas

Comprenden la apertura y cierre manual del disyuntor, en forma repetida sin el paso de corriente alguna, tomando en cuenta que sus partes componentes no deben ser ajustadas o calibradas durante la prueba, al realizarlo se obtuvo como resultado que el disyuntor no sufrió deformación alguna.

4.1.2. Pruebas térmicas

Comprenden el paso de corrientes a frecuencia normal a través del disyuntor, midiendo constantemente la temperatura, la cual, para corrientes nominales no debe exceder de 40 °C.

4.1.3. Pruebas de aislamiento

Comprende la medición de la resistencia de aislamiento del disyuntor, la cual se realiza entre los polos, donde el disyuntor debe estar cerrado, entre los polos y tierra con el disyuntor abierto y entre los terminales con el dispositivo abierto.

Los resultados de estas pruebas constan en las tablas VI y VII.

4.1.4. Pruebas de cortocircuito o interrupción

Es aquella utilizada para comprobar la Intensidad nominal del disyuntor. Comprende el paso de una corriente mayor respecto a la nominal de soporte del equipo, el cual al estar en condiciones adecuadas deberá disparar.

Esta prueba se realizó, pero sin determinar tiempos de operación, por las razones que constan en las conclusiones y recomendaciones.

4.2. Pruebas en disyuntores de a bordo

Se realizó las pruebas a los dispositivos de las cargas más críticas, teniendo en cuenta la premisa que para posibles fallas futuras, la falencia principal es la falta de elementos nuevos para reemplazarlos.

CARGA ALIMENTADA	In (A)	TIPO DE PRUEBA		
		INTERRUPCION	MECANICA	AISLAMIENTO
RECTIFICADOR Y CARGADOR DE BATERIA V	4.5	100%	90%	100%
SERVOMOTOR	10.5	100%	90%	100%
BOMBA CONTRAINCENDIO III	21.5	100%	95%	100%
BOMBA CONTRAINCENDIO IV	21.5	100%	85%	100%
BOMBA CONTRAINCENDIO V	21.5	100%	85%	100%
GRUPO 440 V	25.5	100%	90%	100%
CONVERTIDOR V 400 HZ	32	100%	90%	100%
A/A Y VENTILACION GRUPO IV	18.8	100%	90%	100%
A/A Y VENTILACION GRUPO VI	47.59	80%	90%	100%
A/A CAJA DE CONEXIÓN	58	80%	90%	100%

TABLA VI TABLERO DE DISTRIBUCION V: SALA DE MAQUINAS PROA

CARGA ALIMENTADA	In (A)	TIPO DE PRUEBA		
		INTERRUPCION	MECANICA	AISLAMIENTO
RECTIFICADOR Y CARGADOR DE BATERIA IV	4.5	100%	90%	100%
SERVOMOTOR	10.5	100%	90%	100%
BOMBA CONTRAINCENDIO III	21.5	100%	95%	100%
BOMBA CONTRAINCENDIO IV	21.5	100%	85%	100%
BOMBA CONTRAINCENDIO V	21.5	100%	85%	100%
GRUPO 440 V	25.5	100%	90%	100%
CONVERTIDOR IV 400 HZ	32	100%	90%	100%
A/A Y VENTILACION GRUPO IV	18.8	80%	90%	100%
A/A Y VENTILACION GRUPO VI	47.59	80%	90%	100%
A/A CAJA DE CONEXIÓN	58	80%	90%	100%

TABLA VII TABLERO DE DISTRIBUCION IV: SALA DE MAQUINAS POPA

a) Prueba de corriente de interrupción:

100% Significa que el dispositivo disparó en forma instantánea al hacer pasar un valor mayor a su corriente nominal, valores menores a este significa que su disparo fue demorado.

b) Prueba mecánica:

100% Se refiere al estado físico propiamente del dispositivo, así como también al manejo manual del mismo, valores menores a este, significa que están desgastados, o su operación manual es dificultosa.

c) Prueba de aislamiento:

100%, significa que mediante el uso de medidor de aislamiento, las pruebas indicaron valores mayores, respecto a la capacidad del medidor.

4.3. Criterios que rigen la prueba de cables eléctricos

Todos los cables empleados son de tipo naval, excepto alambres misceláneos pequeños usados principalmente en los cuadros de distribución y la instalación eléctrica interior del equipo. Los cables poseen una envoltura impermeable y estanca a factores exteriores y muy resistente a aceites, ácidos y otros fluidos que se pueden encontrar a bordo. La naturaleza de los envolventes aislantes deberá estar en función de las temperaturas máximas de los conductores, se debe tomar en cuenta que dentro de una misma clase de aislamiento, el espesor, separación de conductores, deberán estar en función de las tensiones de servicio a que vayan a ser sometidos.

Mientras la envoltura impermeable permanezca intacta y los sellos del extremo de los cables se encuentren sujetos, los cables no sufrirán daños cuando estén sujetos a inmersión y podrán conducir corriente mientras el equipo se encuentre en buenas condiciones.

El cable que esta sujeto a inmersión debe ser sujeto a pruebas luego de que se hayan secado los compartimentos, para esto se lo debe desconectar en ambos extremos. Los sellos de losa deben ser limpiados con agua, secados y sujetos a calor externo para eliminar la

humedad de la superficie y mejorar de esta forma la resistencia de aislamiento del cable.

Esto puede ocurrir debido alteraciones físicas en los extremos del cable así como también a la presencia de humedad en el mismo, es probable también que la medida de la resistencia de aislamiento sea más bajo que lo usual, después de un periodo durante el cual no haya sido usado, independiente de que el cable haya estado sumergido.

La resistencia de aislamiento baja en un cable se confina a menudo en una longitud muy corta cerca de los extremos. Es por lo tanto recomendable inspeccionar la envoltura del cable, se encuentra en buen estado. Si solo una pequeña parte del mismo ha estado deteriorado es recomendable recuperar el aislamiento del dispositivo y ponerlo nuevamente en servicio. Caso contrario se lo debe reemplazar tomando en cuenta que el nuevo debe ser continuo y sin empalme alguno.

4.4. Aislamiento eléctrico

El aislamiento es necesario en cables y materiales eléctricos para aislar la corriente de residuo que llevan los conductores, de las partes magnéticas y estructurales, normalmente la conductividad de este aislamiento debe ser lo suficientemente baja para producir flujo despreciable por encima de la superficie del aislamiento.

Cuando se usa el aire como medio de aislamiento, es necesario un material aislante sólido para mantener el espacio de aire requerido entre los conductores y la corriente de fuga baja lo suficientemente.

Se define distancia de conducción superficial a la distancia más corta entre dos conductores o entre un conductor y neutro puesto a tierra, la conducción superficial depende del voltaje involucrado, del grado de acercamiento, de la configuración de los conductores, del aislamiento y de la naturaleza del material de aislamiento que apoya a los mismos.

4.4.1. Propiedades del aislamiento

La resistencia de aislamiento, es la resistencia al paso de la corriente de fuga a través y sobre la superficie de aislamiento, la cual se puede medir sin dañar el aislamiento

La capacidad dieléctrica es la habilidad de resistir el gradiente de potencial, aunque el aislamiento falla debido a tensión electrostática, los máximos valores de capacidad dieléctrica sólo pueden ser determinados mediante una prueba destructiva; prueba que no se consideró oportuna.

4.4.2. Medida de la resistencia de aislamiento

La medición de la resistencia de aislamiento es muy importante en cualquier programa de mantenimiento de aislamiento eléctrico, cuyos valores moderados sirven: para determinar la velocidad de deterioro del aislamiento o sea la pérdida de vida, así como prevenir el desarrollo eventual de condiciones que podrían causar la falla, además sirve para preservar la confiabilidad del sistema.

4.4.3. Factores que afectan la resistencia de aislamiento

El principal propósito de realizar este tipo de medición en instalaciones eléctricas de a bordo, es determinar la condición del cable, así como su estado de deterioro y fallas incipientes de tal forma que puedan ser remediados, a corto plazo, analizando varios factores que tienen un efecto muy significativo en las condiciones del cable, como son:

a) Otros aparatos conectados en el circuito:

Deben estar desconectados para alcanzar una medida eficiente de la condición del cable. El cable debe estar desconectado en los dos extremos, caso contrario la medición incluirá la resistencia del equipo o tablero propiamente. También es factible realizar esta medición desconectando en un extremo al cable y abriendo el interruptor del otro lado del circuito, cabe anotar que es necesario tomar en cuenta el número exacto de equipos que forman parte del circuito, para hacer las respectivas desconexiones, estos criterios se aplicaron en todas las pruebas.

b) Cantidad y longitud de conductores medidos:

La resistencia de aislamiento de una longitud de cable dado es el resultado de la suma de pequeñas conductancias distribuidas a lo largo del cable, donde es conveniente expresarla en función de la longitud, cabe anotar que están relacionadas independientemente.

c) Conductores desmagnetizantes:

Son utilizados en cables de múltiples conductores dispuestos en forma circular, los cuales dan lugar a un campo magnético, son conectados en serie en cuyos extremos el cable hacen uno simple.

d) Tipo de Cable:

Tiene un efecto importante basándose en la naturaleza del material de aislamiento empleado en la construcción del cable.

Los materiales aislantes se clasifican de la siguiente forma:

1) caucho:

- natural
- sintético
- con polietileno entremezclado en la sección del conductor
- propil – etileno
- con silicona

2) aislamiento termoplástico

- calidad normal
- calidad de alta resistencia
- calidad de lata resistencia extra

3) tela barnizada
4) aislamiento mineral
5) compuesto de amianto

4.4.4. Medidas de precaución

La medición de los valores de la resistencia de aislamiento no depende solamente de las propiedades de aislamiento, sino también de la magnitud de voltaje usado cuando se hace las

pruebas, del periodo de tiempo que se aplica el voltaje antes de la medición y de la presencia o ausencia de carga residual.

Para dichas mediciones se uso un medidor de 500 V, disponible en la unidad.

a) Magnitud del voltaje:

La resistencia de aislamiento puede disminuir hasta cierto punto, cuando el voltaje de prueba usado para la medición es incrementado, sin embargo el mismo voltaje de prueba debe ser usado para pruebas en intervalos periódicos a un mismo equipo o dispositivo, generalmente se usa fuentes de 500 V cc para la medida a cables, armaduras y bobinas en las máquinas a bordo. Esta práctica es cumplida en los mantenimientos sucesivos.

b) Duración de la aplicación del voltaje de prueba:

Cuando el voltaje de prueba es inicialmente aplicado, la resistencia de aislamiento podrá incrementar gradualmente para un apreciable periodo de tiempo, principalmente en cables largos y máquinas grandes, pero como a bordo los

cables son cortos y las máquinas tienen una capacidad menor a 1000 KW, este efecto no es pronunciado.

En los equipos de medida de tipo manivela la lectura debe ser tomada luego de los 30 segundos de haber iniciado la prueba, para una segura lectura, para evitar errores perceptibles.

c) Carga residual:

La cantidad de carga residual retenida afecta la medición de la resistencia de aislamiento especialmente en máquinas grandes y cables largos, esta carga residual se debe a la capacitancia de aislamiento. Mientras la relación de reactancia capacitiva es mayor respecto a la resistencia de aislamiento mejor es el estado del conductor.

4.5. Procedimiento de medición

Cuando se comprueban cables que han estado en servicio, debe tenerse en cuenta que debido a la capacidad propia de los cables, estos aunque estén desconectados de la red, pueden estar cargados durante bastante tiempo. Estas cargas estáticas dependen, en su

magnitud de la tensión de servicio, por esta razón, antes de proceder a efectuar las pruebas correspondientes, estos cables se pusieron a tierra y en cortocircuito, y el conductor a tierra se retiró después de un tiempo prudencial luego de que se produjo la descarga de los cables.

Para efectuar las mediciones se siguieron los siguientes pasos:

- Se conectó todos los conductores a tierra excepto el que se ha de probar, para ello se unió estos conductores entre sí y a la envoltura de plomo si la hubiere o a la armadura metálica, o al borne de tierra de la caja de conexión.
- Se conectó el conductor que se ha de medir al instrumento de medición.
- Se conectó el otro extremo del equipo a tierra
- Se observó la indicación de la escala, recordando que la primera oscilación de la aguja no debe tenerse en cuenta para la medida, ya que se debe a los efectos de capacidad del cable.
- Se repitió la operación con los demás conductores del cable

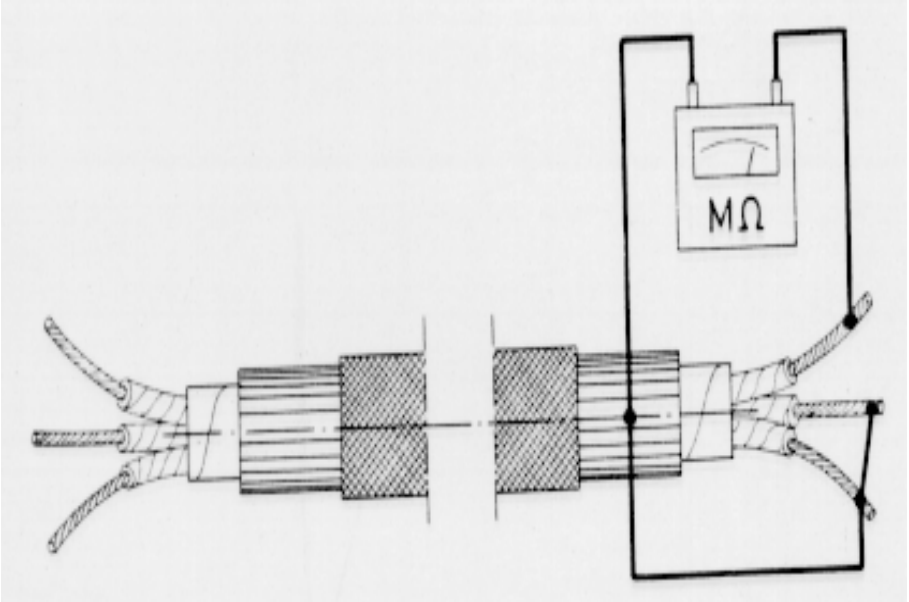


FIGURA 4.1 CONEXIÓN DEL EQUIPO DE MEDICIÓN DE AISLAMIENTO PARA CABLES ELÉCTRICOS

4.6. Mediciones realizadas en cables de a bordo

Se realizó mediciones de resistencia de aislamiento obteniéndose los siguientes resultados:

DISPOSITIVO		AISLAMIENTO	
		TABLERO DE CONEXIÓN	RESISTENCIA
		UBICACIÓN	**MΩ**
1	RECTIFICADOR Y CARGADOR DE BATERIA V	Sala Máquinas V	Infinito
2	SERVOMOTOR	Servomotor	Infinito
3	CAÑON 35 mm	Cubierta 100 - popa	Infinito
4	CAÑON 76 mm	Cubierta 100 - proa	Infinito
5	BOMBA CONTRA INCENDIO III	Cubierta 200 - popa	Infinito
6	BOMBA CONTRA INCENDIO IV	Sala Máquinas IV	Infinito
7	BOMBA CONTRA INCENDIO V	Sala Máquinas V	Infinito
8	GRUPO 440 V	Sala Electrónica	Infinito
9	TRANSFORMADOR IV 115 V	Sala Máquinas IV	Infinito
10	TRANSFORMADOR V 115 V	Sala Máquinas V	Infinito
11	TRANSFORMADOR VI 115 V	Sala Electrónica	Infinito
12	CONVERTIDOR V 400 Hz	Sala Máquinas V	Infinito
13	A/A Y VENTILACION GRUPO IV	Sala Máquinas IV	Infinito
14	A/A Y VENTILACION GRUPO VI	sala electrónica	Infinito
15	A/A CAJA DE CONEXIÓN	Sala Máquinas IV	Infinito
16	GRUPO COCINA	Cocina	Infinito
17	CALENTADOR AGUA MAQ V1	Sala Máquinas V	Infinito
18	CALENTADOR AGUA MAQ V2	Sala Máquinas V	Infinito
19	GRUPO V MAQ AUXILIARES	Sala Máquinas V	Infinito
20	CABRESTANTE	Cubierta 100 proa	Infinito
21	BOMBA DE AGUA DE BEBIDA	Sala Máquinas V	Infinito
22	BOMBA DE AGUA SALADA	Sala Máquinas V	Infinito

TABLA VIII TABLERO DE DISTRIBUCION V: MEDIDA DE AISLAMIENTO

DISPOSITIVO		AISLAMIENTO	
		TABLERO DE CONEXIÓN	RESISTENCIA
		UBICACIÓN	**MΩ**
A	RECTIFICADOR Y CARGADOR DE BATERIA IV	Sala Máquinas IV	Infinito
2	SERVOMOTOR	Servomotor	Infinito
3	CAÑON 35 mm	Cubierta 100 - popa	Infinito
4	CAÑON 76 mm	Cubierta 100 - proa	Infinito
5	BOMBA CONTRA INCENDIO III	Cubierta 200 - popa	Infinito
6	BOMBA CONTRA INCENDIO IV	Sala Máquinas IV	Infinito
7	BOMBA CONTRA INCENDIO V	Sala Máquinas V	Infinito
8	GRUPO 440 V	sala Electrónica	Infinito
9	TRANSFORMADOR IV 115 V	Sala Máquinas IV	Infinito
10	TRANSFORMADOR V 115 V	Sala Máquinas V	Infinito
11	TRANSFORMADOR VI 115 V	Sala Electrónica	Infinito
B	CONVERTIDOR iV 400 Hz	Sala Máquinas IV	Infinito
13	A/A Y VENTILACION GRUPO IV	Sala Máquinas IV	Infinito
14	A/A Y VENTILACION GRUPO VI	sala Electrónica	Infinito
15	A/A CAJA DE CONEXIÓN	Sala Máquinas. IV	Infinito
C	CALENTADOR DE AGUA III	baño popa	F/S
D	CALENTADOR AGUA MAQ IV 1	Sala Máquinas IV	Infinito
E	CALENTADOR AGUA MAQ IV 2	Sala Máquinas IV	Infinito
F	GRUPO IV MAQ AUXILIARES	Sala Máquinas IV	Infinito
G	BOMBA ACEITE LUBRICANTE	Sala Máquinas IV	Infinito

TABLA IX TABLERO DE DISTRIBUCION IV: MEDIDA DE AISLAMIENTO

Prueba de aislamiento:

Infinito, significa que mediante el uso de medidor de aislamiento, las pruebas indicaron valores mayores 400 MΩ, respecto a la capacidad del medidor 500 V

F/S, fuera de servicio del dispositivo a medir aislamiento, por reubicación de la protección

En la figura 4.2 se muestra la ubicación de cada uno de los tableros secundarios donde se realizó las mediciones, previo a la desconexión de los disyuntores en los tableros principales.

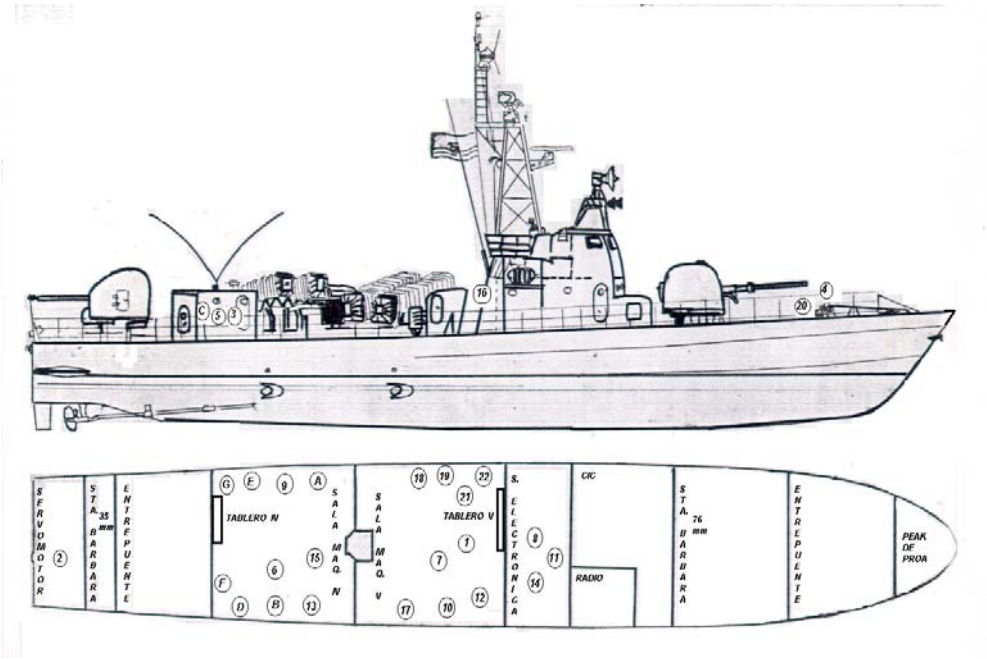


FIGURA 4.2 UBICACIÓN DE LOS TABLEROS SECUNDARIOS, DONDE SE REALIZARON LAS MEDICIONES

Cabe anotar que las cargas denotadas mediante números se alimentan del tablero IV y V; mientras las denotadas mediante letras solo se alimentan del tablero IV.

4.7. Barras de distribución

Se llaman también barras colectoras, que recogiendo la energía producida por los generadores, sirven de punto de partida para su distribución a través de los disyuntores de los circuitos, generalmente son de cobre desnudo. Para su dimensionamiento hay que tomar en cuenta, no solo el calentamiento a que dará lugar el paso por ellas de la totalidad de la intensidad prevista, sino también los esfuerzos mecánicos y electromecánicos a los que estarán sometidas.

Para determinar las secciones y distancias relativas de las barras colectoras, se tienen tablas en función de la corriente máxima admisible, temperatura máxima que soportan las barras, tomando en consideración que la temperatura ambiente es 35°C.

La tabla básica para dimensionar las barras se muestra a continuación:

		CARGABILIDAD DE BARRAS EN AMPERIOS			
		SIN PINTAR		PINTADAS	
MEDIDA (mm)	**AREA (mm^2)**	**1 BARRA**	**2 BARRAS**	**1 BARRA**	**2 BARRAS**
15 X 3	45	170	300	185	330
20 X 3	60	220	380	245	425
30 X 3	90	315	540	355	610
25 X 5	125	350	600	395	670
30 X 5	150	400	700	450	780
40 X 3	120	420	710	460	790
40 X 5	200	520	900	600	1000
30 X 10	300	570	980	670	1200
50 X 5	250	630	1100	720	1220
60 X 5	300	760	1250	850	1430
40 X 10	400	760	1350	850	1500
50 X 10	500	920	1600	1030	1800
80 X 5	400	970	1700	1070	1900
60 X 10	600	1060	1900	1200	2100
100 X 5	500	1200	2050	1350	2300
80 X 10	800	1380	2300	1560	2500
100 X 10	1000	1700	2800	1880	3100

TABLA X VALORES TABULADOS PARA DIMENSIONAR LAS BARRAS DE DISTRIBUCION

4.7.1. Supervisión del estado físico

Se pudo constatar del buen estado de los elementos que forman parte de los tableros de distribución como: borneras, talones de conexión, regletas, debidamente marcados, y, cumpliendo con los estándares de ubicación y sujeción, además que estos dispositivos, no se encuentran oxidados, rajados, o con alteraciones, lo que hace ver que se ha cumplido con el plan de mantenimiento preventivo garantizando su vida útil.

Cabe señalar que el área de ubicación de los tableros debe encontrarse limpio y despejado de cualquier material que obstaculice o pueda causar daño alguno, dando seguridad y confiabilidad al sistema.

Durante la inspección se verificó que los tableros cumplan estos requisitos.

Capítulo 5

5. DIMENSIONAMIENTO Y COORDINACION DE PROTECCIONES

Tiene como finalidad, que al momento de darse una falla eléctrica en el circuito, se detecte la misma de forma selectiva, separando las partes averiadas de la red, y, limitando las sobreintensidades y efectos de los arcos eléctricos.

5.1. Poder de limitación de un interruptor automático

Se traduce en la capacidad del dispositivo de dejar pasar en cortocircuito, una corriente inferior a la corriente de falla presunta.

Atenuando fuertemente la energía liberada por la corriente de falla en el aparato y obteniendo con esto un considerable rendimiento de corte.

Cabe anotar que este valor se ve garantizado a través de la verificación posterior de que el dispositivo funciona normalmente, es decir:

- conduce su corriente nominal sin calentamiento anormal
- la protección funciona en los límites autorizados por la norma
- la aptitud de seccionamiento está garantizada.

5.2. Curvas de limitación

Son aquellas a través de las cuales se determina el poder de limitación de un interruptor automático, en función de la corriente de cortocircuito presunta, la cual es aquella que circularía en ausencia de dispositivo de protección:

a) La corriente cortocircuito de cresta real limitada
b) La energía térmica (A^2s), es decir la energía disipada por el cortocircuito en un conductor de resistencia 1Ω. (figura 5.1)

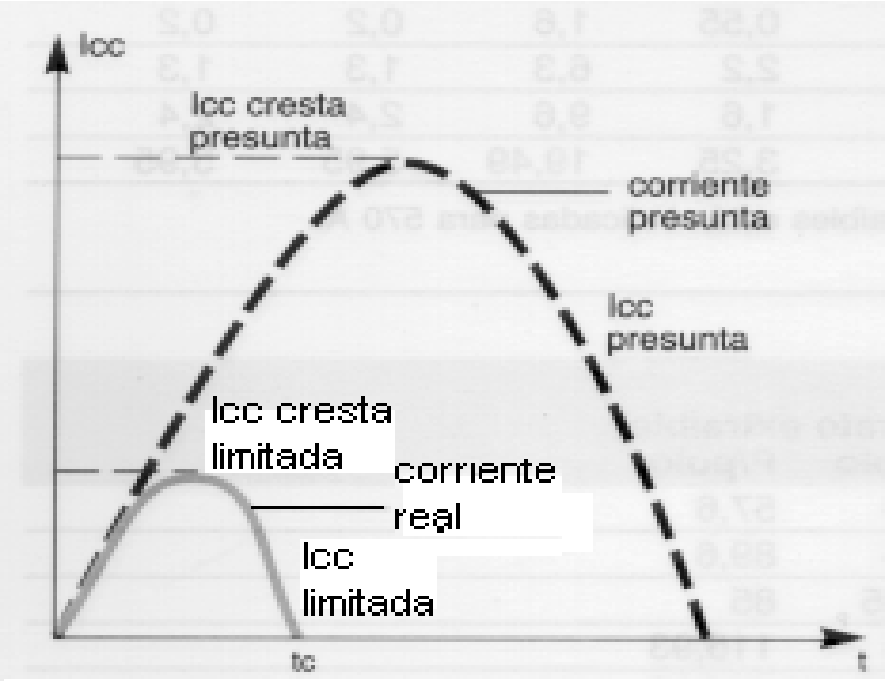


FIGURA 5.1 CURVA DE PODER DE LIMITACION

5.3. Filiación

Es el uso del poder de limitación de los interruptores automáticos, que permite instalar aguas abajo de los interruptores automáticos de menor poder de apertura.

Los interruptores automáticos aguas arriba juegan un rol de limitación para el caso de corrientes fuertes de cortocircuito. De esta manera permiten a los interruptores con un poder de corte inferior a la corriente del cortocircuito estimado (en su punto de instalación) ser solicitados en sus condiciones normales de corte.

La limitación de la corriente se realiza a lo largo del circuito controlado por el interruptor automático limitador aguas arriba, la filiación concierne a todos los aparatos ubicados aguas abajo de este interruptor automático, la cual no esta restringida a dos aparatos consecutivos.

La filiación puede realizarse con aparatos instalados en tableros diferentes, así el término filiación se relaciona de una manera más general a toda asociación de interruptores automáticos, permitiendo instalar en un punto de una instalación un interruptor automático de menor poder de corte a la corriente de cortocircuito estimada. El poder de corte del aparato aguas arriba debe ser superior o igual a la corriente de cortocircuito estimado de instalación.

5.4. Selectividad de las protecciones

Cuando se disponen varios dispositivos de protección en serie, generalmente se requiere que estos sean selectivos, lo cual significa que solamente se debe desconectar el dispositivo más próximo al punto de falla. En caso de fallar éste, debe desconectar el superpuesto llamado protección de respaldo (figura 5.2).

La selectividad es la coordinación de los dispositivos de corte automático para que en presencia de alguna falla eléctrica en un punto cualquiera de la red, sea eliminada por el dispositivo de protección colocado inmediatamente aguas arriba de la falla, y, sólo por él.

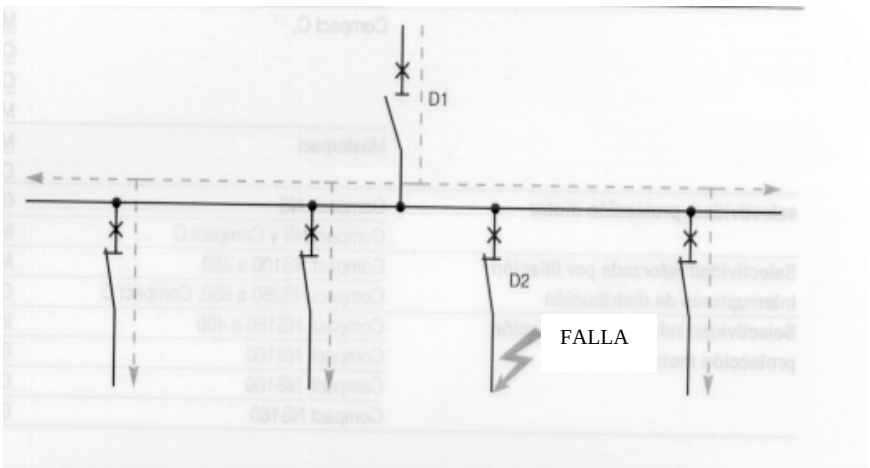


FIGURA 5.2 SELECTIVIDAD DE PROTECCIONES

En la figura se muestra que al momento de producirse una falla, la protección a actuar es D2, constituyéndose en la protección principal, y, D1 la protección de respaldo.

La selectividad es parcial si la condición establecida solo se cumple para un valor de intensidad de cortocircuito inferior a la intensidad de cortocircuito máxima, a este valor se llama límite de selectividad.

Una instalación no selectiva, esta expuesta a riesgos de diversa gravedad como:

a) Obligación de volver a realizar los procesos de arranque para cada una de las máquinas, como consecuencia de una pérdida de alimentación general.

b) Paro de motores de seguridad tales como bombas de alimentación, extractores de humo, etc.

5.5. Corrientes de cortocircuito

El cálculo y elección de los aparatos y dispositivos de protección, así como la conexión de una red de abastecimiento de energía, dependen en gran parte de las corrientes de cortocircuito.

La corriente de cortocircuito es aquella que fluye por el punto defectuoso mientras dura el evento, y, consta de una corriente alterna de frecuencia de servicio, con amplitud variable en el tiempo, y de una corriente continua superpuesta, que se atenúa hasta hacerse cero.

El valor inicial de la corriente continua depende del instante en que comienza el cortocircuito, donde la constante de tiempo de atenuación viene determinada por el cociente entre las resistencias activas y reactivas (inductancias) del tramo del cortocircuito, debido a esta corriente la de cortocircuito transcurre primero, al tener lugar la avería, de forma simétrica a la línea cero por lo que se produce un valor de cresta Is particularmente alto, llamado corriente de choque del cortocircuito.

Las corrientes continuas superpuestas son distintas en cada uno de los tres conductores de la red trifásica, pero su suma es en todo instante igual a cero.

Las corrientes alternas de cortocircuito, en caso de un tripolar (simétrico), son de igual valor en los tres conductores de la red de corriente continua, si bien las corrientes que pasan por estos están desfasadas 120 grados entre sí, las amplitudes de las corrientes alternas, como consecuencia de la reacción de inducido, de las máquinas síncronas de alimentación decrecen desde el valor inicial $I_{k''}$, relativamente grande hasta un valor final pequeño I_k (figura 5.3).

La variación en el tiempo de las amplitudes de corriente depende de los datos eléctricos de las máquinas síncronas, de las características de los reguladores de tensión y de los equipos de excitación, así como de la clase de defecto.

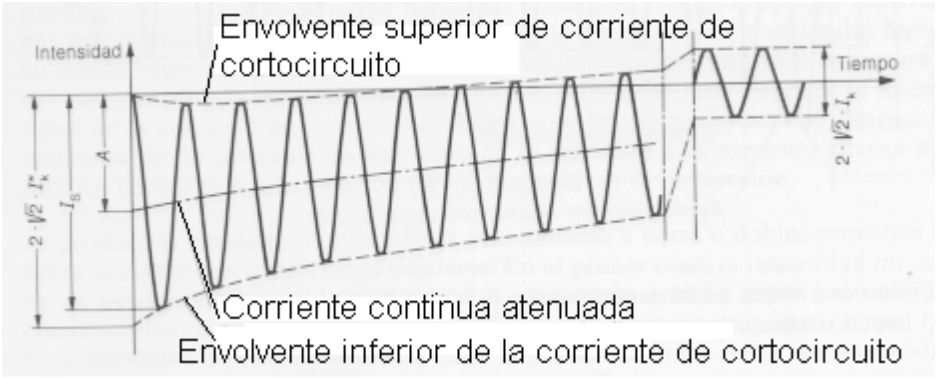


FIGURA 5.3 EVOLUCIÓN DE LA CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO EN FUNCIÓN DEL TIEMPO.

La situación local del punto de avería en la red tiene una gran influencia sobre el curso en el tiempo de las corrientes de cortocircuito. Si el punto de avería se halla en las proximidades de un generador síncrono, la corriente alterna de cortocircuito es relativamente alta en comparación con la corriente nominal del mismo.

5.6. Cálculo de rangos de Operación y Curvas de disparo de protecciones

Para efecto de estudio, se tomó la situación más critica, en la cual se encuentran en servicio todas los dispositivos de a bordo, y con dos

generadores en paralelo, los cuales se reparten la carga equitativamente, como se muestra en el diagrama unifilar del anexo 5, cabe anotar que el tercer generador cumple la función de emergencia, y, al ser un elemento de reserva solo entra a funcionar en caso de que uno de los analizados este fuera de servicio, o cuando se alterna el tiempo de operación de cada generador.

La configuración operativa de todos los generadores es de conexión en Y cuyo neutro está sólidamente puesto a tierra, lo que ocasiona que la máxima corriente de falla se produzca para fallas sólidas monofásicas de línea a tierra, por el bajo valor de X_0.

Para el análisis de corrientes de cortocircuito, dimensionamiento y coordinación de protecciones, se utilizó el programa Ecodial 3, que tiene los siguientes principios de funcionamiento:

- Toma las características de carga a proteger.
- Elige la protección más adecuada al tipo de carga.
- Calcula las corrientes de cortocircuito y falla.
- Controla la coherencia de las informaciones seleccionadas, señalando al operador en la parte trazada del cálculo, los eventuales problemas encontrados y consejos de optimización.

El programa es de patente francesa, perteneciente a la compañía SCHNEIDER, tiene incorporadas las curvas de operación de los dispositivos de protección de esta empresa, de cambiarse los elementos de protección por dispositivos de otra marca deberá cotejarse las curvas correspondientes.

- Características generales del programa:

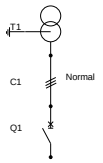
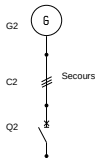
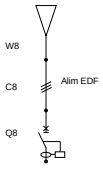
La primera pantalla de **Ecodial 3** pide las características generales para el estudio de la red Baja Tensión.

Un Fase-Fase(V)	Tensión nominal entre fase de la instalación BT 220-230-240-380-400-415-440-500-525-660-690 V
Régimen de neutro	Régimen de neutro de la instalación BT TT - IT - TNC - TNS
Filiación solicitada	Elección del material utilizando la técnica de filiación SI - NO
Selectividad solicitada	Elección del material, puesta en marcha la selectividad SI - NO
Sección máxima autorizada	Sección máxima autorizada por los conductores en mm²: 95 - 120 - 150 – 185 - 240 - 300 - 400 - 500 - 630
Sección N = Sección Fase	Impuesta la sección del neutro igual a la sección de las fases. SI – NO
Tolerancia sección	Tolerancia sobre la elección de la sección normalizada de los conductores. valor libre entre 0 et 5%
Cos ϕ	Valor del cos ϕ por defecto (teniendo en cuenta entonces el cálculo de las caídas de tensión)

Características del esquema

Menú Fuentes:

Son posibles 3 tipos de fuentes :

Símbolo	*Contenido*
	Transformador Canalización eléctrica / cable / sin empalme Interruptor automático
	Grupo electrógeno Canalización eléctrica / cable / sin empalme Interruptor automático
	Fuente cualquiera (ejemplo : ramificación EDF, cálculo parcial de una red...) Canalización eléctrica / cable / sin empalme Interruptor automático
	Interruptor automático de acoplamiento de dos juegos de barras de diferente tipo (ejemplo : Normal / Emergencia) Puede igualmente ser utilizado como interruptor automático.

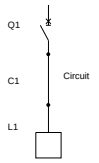
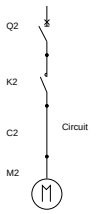
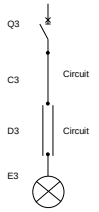
Menú Juego de barras:

Símbolo	*Contenido*
B1	Juego de barras calculable / no calculable (derivación)
	Representación del símbolo de intercierre mecánico entre dos juegos de barras de naturalezas diferentes.

Menú Salidas:

Símbolo	*Contenido*
Q2 C2 Circuit	Interruptor automático / Sin protección Cable / Canalización eléctrica / sin enlace
Q3 C3 I3 Circuit	Interruptor automático / Sin protección Cable / Canalización eléctrica / sin enlace Interruptor
Q4 C4 D4 Circuit Circuit	Disyuntor / Sin protección Cable / Canalización eléctrica / sin enlace Cable / Canalización eléctrica / sin enlace
CEP D5	Canalización eléctrica en cualquier carga

Menú Cargas:

Esquema	*Contenido*
	Interruptor automático Cable / canalización eléctrica Receptor / Alumbrado
	Interruptor automático Contactor Cable / Canalización eléctrica Motor Trifásico
	Interruptor automático Cable / Canalización eléctrica Cable / Canalización eléctrica Alumbrado / Carga repartida

Datos del generador:

Parámetros de entrada de primer nivel:

Nivel	*Contenido*
Potencia	Potencia del generador en kVA entrada libre
Régimen de neutro	Régimen del neutro de la instalación BT TT - IT - TNC - TNS – Aguas arriba (= definido éste en las características generales)
Neutro distribuido	Distribución del neutro para la instalación BT SI-NO
Un fase-fase(V)	Tensión nominal durante la fase de la instalación BT 220-230-240-380-400-415-440-500-525-660-690 V

Parámetros de entrada de segundo nivel:

Nivel	*Contenido*
Frecuencia de red	Frecuencia de red 50 - 60 Hz
x'o	Reactancia sincrónica 6% por defecto o valor constructor
x'd	Reactancia transitoria 30% por defecto o valor constructor
x''	Reactancia subtransitoria (1) 20% por defecto o valor constructor
Cos φ	Coseno φ a los bornes del grupo (necesario para el cálculo de la caída de tensión)

Valores calculados:

Nivel	*Contenido*
X'd directo transitorio (mOhm)	Resistencia directa transitoria (en mOhm)
Xo sincrónico (mOhm)	reactancia sincrónica (en mOhm)
X mono (mOhm)	Reactancia monofásica (en mOhm)
Icc max por fuente (kA)	Corriente de corto circuito máxima aguas abajo del generador.

Conductores:

Parámetros de entrada de primer nivel:

Nivel	*Contenido*
Longitud (m)	Longitud del cable en metros
Tipo de instalación	Modo de instalación de los cables según la NFC 15-100 cuadro 52C Acceso a la ayuda en elección con un doble clic en su casilla de selección
Metal conductor	Metal del conductor Cobre - Aluminio
Aislante	Naturaleza de la familia del aislante del conductor familia PR : cables aislantes con elastómeros familia PVC : cables aislantes con policloruro de vinilo familia caucho : cables aislantes con caucho
Tipo de conductor	Tipo de conductor : Multipolar - Unipolar - Conductor aislante
Disposición de los conductores	Disposición de conductores Trébol En plano En plano espaciados (espacio : 1 diámetro de cable)
No. Fase	Número de conductores por fase
S. Fase (mm²)	Sección normalizada de un conductor de fase en mm² 1.5 - 2.5 - 4 - 6 - 10 - 16 - 25 - 35 - 50 - 70 - 95 - 120 – 150 - 185 - 240 - 300 - 400 - 500 – 630
No. N	Número de conductores neutros (N)
S. N (mm²)	Sección normalizada del conductor del neutro en mm² 1.5 - 2.5 - 4 - 6 - 10 - 16 - 25 - 35 - 50 - 70 – 95 - 120 - 150 - 185 - 240 - 300 - 400 - 500 – 630
Nb. PE usuario	Número de conductor de protección (PE)
S. PE (mm²)	Sección normalizada del conductor de protección en mm² 1.5 - 2.5 - 4 - 6 – 10 - 16 - 25 - 35 - 50 - 70 - 95 - 120 - 150 – 185 - 240 - 300 - 400 - 500 – 630

Parámetros de entrada de segundo nivel:

Nivel	*Contenido*
Tipo de PE	Tipo de conductor de protección PE separado - PE incluido - PE nulo
Colocación conjunta	Colocación de varios circuitos juntos SI - NO La colocación no conjunta implica un espacio entre conductores al menos igual a dos veces el diámetro exterior del conductor o cable más grueso
Nb del circuito	Número de circuitos conjuntos (sin contar el circuito que estamos calculando)
Número de capas	Número de capas
K usuario	Coeficiente libre para el usuario (1)
Temperatura ambiente	Temperatura ambiente
Delta U máx. línea	Caída de tensión máxima autorizada para el circuito que estamos calculando

Valores calculados para los conductores:

Corrientes de corto circuito máxima en extremo del conductor :

Ik1max : corriente máxima de corto circuito monofásico

RboN : resistencia fase neutra

XboN : impedancia fase neutra

Ik2max : corriente máxima de corto circuito bifásico

RboFaseFase : resistencia de la tapa fase fase

XboFaseFase : impedancia de la tapa fase fase

Ik3max : corriente máxima de corto circuito trifásico

RboN : resistencia fase

XboN : impedancia fase

Icc máx. en el final del circuito : corriente máxima de corto circuito aguas abajo del conductor

Icc máx en el principio del circuito : corriente máxima de corto circuito aguas arriba del conductor (calibra el poder de corte del aparato de protección)

Corriente mínima de corto circuito

Ik2máx : corriente máxima de corto circuito bifásico

RbFase : resistencia de la tapa fase fase

XbFase : impedancia de la tapa fase fase

Ik1min : corriente mínima de corto circuito monofásico

RbNe : resistencia fase neutra

XbNe : impedancia fase neutra

Corriente de defecto

I defecto : corriente de corto circuito fase - PE

Las cargas:

Carga del circuito

Nivel	*Contenido*
Ib (A)	Corriente nominal del circuito
Polaridad del circuito	Polaridad del circuito Tri+N - TRI - Bi - Mono – Aguas arriba (= a la polaridad del circuito aguas arriba)
Régimen de neutro	TT - IT - TNC - TNS – Aguas arriba (= al régimen de neutro aguas arriba)
Potencia (kW)	Potencia nominal del circuito
Cos φ	Cos φ del circuito

Interruptor automático:

Parámetros de entrada de primer nivel:

Nivel	*Contenido*
Gama	Gama de interruptor automático Multi 9 - Compact - Masterpact
Designación	Designación técnica del interruptor automático
Relé/ curva	Curva de protección del interruptor automático o tipo de relé
Nº. polos protegidos	Número de polos cortados(xP) y protegidos (xd) 4P4d 4 polos cortados y protegidos 4P3d+Nr 4 polos cortados y 3 polos protegidos más media protección del neutro 3P3d 3 polos cortados y protegidos 2P2d 2 polos cortados y protegidos 1P1d 1 polo cortado y protegido
Prot. diferencial	Presencia de una protección diferencial SI - NO
I regulación térmica (A)	Valor de reglaje de la protección térmica (valor de reglaje según la carga a proteger)
I regulación magnética (A)	Valor de reglaje de la protección magnética
Calibre nominal	Valor del calibre máximo del tipo de interruptor automático elegido
Calibre	Calibre de la protección

El número de circuitos en un proyecto esta limitado a 75, pudiendo aumentar dicho número, mediante la opción de reenvío de proyecto aguas arriba que permite enlazar proyectos conservando las características de la instalación.

Las curvas de operación o interrupción de los disyuntores de protección de las cargas y generadores recomendados por el programa se muestran en la figura 5.4

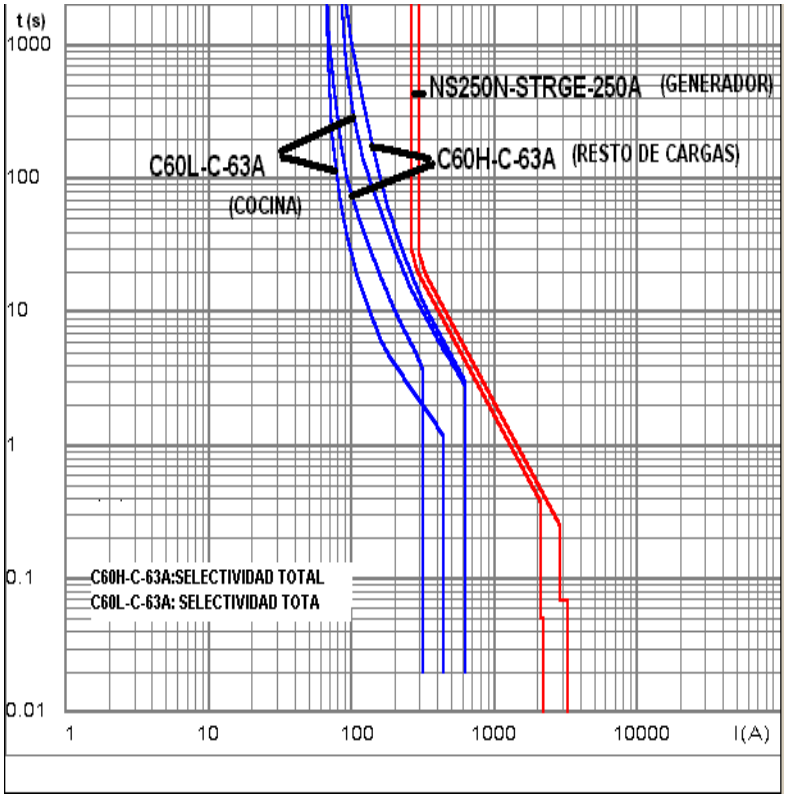


FIGURA 5.4 CURVAS DE OPERACIÓN DE DISYUNTORES DE PROTECCIÓN DE GENERADORES Y CARGAS DE TABLEROS PRINCIPALES

Cabe anotar que las cargas del subtablero de la cocina son de mayor capacidad respecto a los de las otras cargas, razón por la cual, se tomó éstas como referencia para determinar la coordinación de protecciones.

Al interpretar las curvas de operación de cada una de las protecciones y relacionarlas entre sí, se observa que existe selectividad total entre la protección del generador con la de la carga de la cocina, y, con las protecciones de las cargas del subtablero de la cocina.

Coordinan en más de un segundo, lo que para protecciones adecuadamente calibradas es suficiente para hacerlo, pero existe la posible presencia de una doble contingencia, consistente en la descalibración del relé del disyuntor, así como una posible falla en ese ramal, lo que hará que opere la protección de respaldo simultáneamente con la protección de la cocina, o en el peor de los casos que disparen simultáneamente, situación en la cual se puede determinar rápidamente las razones del problema.

Debido a que la impedancia de falla es grande, la corriente de falla máxima se ve reducida lo cual es suficiente para asegurar selectividad de las protecciones a pesar del pequeño trecho de las curvas de operación.

Para el dimensionamiento del sistema eléctrico y sus dispositivos de protección, se tomó en cuenta varios factores de corrección como: temperatura, tipo de instalación, tipo de neutro, agrupamiento, entre otros.

En el anexo 6 se muestran los resultados obtenidos de la ejecución del programa, donde constan los datos técnicos de los disyuntores de protección recomendados para cada una de las cargas, así como para cada fuente, además de los diferentes tipos de corrientes de falla, para cada tramo del circuito eléctrico.

Se analiza a continuación la información de generador, barra de distribución y carga más crítica:

Analizando la información concerniente al generador IV, circuito G1-C1-Q1, se puede observar que aguas abajo del circuito existe una caída de tensión del 0.21%, esto se debe a la pequeña longitud de las barras (aproximadamente 1.5 m). Se observa claramente que la falla eléctrica más crítica es la trifásica, debido a que tanto la resistencia como la reactancia son de menor valor respecto a las expuestas en los otros tipos de falla, y a su relación inversamente proporcional entre sí.

El dispositivo recomendado es un interruptor automático con capacidad de interrupción de 35 KA, con una corriente nominal de 250 A, provisto de relé de disparo electrónico, el cual se caracteriza, ya que proporciona:

- Protección de largo retardo contra sobrecargas de umbral ajustable.
- Protección de corto retardo contra cortocircuito, de umbral ajustable y temporización fija.
- Protección instantánea contra cortocircuitos, de umbral fijo.

Este dispositivo es el adecuado en vista de que no existe un elemento con menor capacidad de interrupción y con la misma corriente nominal, el interruptor automático es de 4 polos con protección de neutro a 0.5 In.

El juego de barras recomendado es de tipo estandarizado plano, capaz de desenvolverse a una temperatura ambiente de 30 °C, con corriente nominal de 250 A y 1.95 KA de capacidad de interrupción.

En esta recomendación se tomó en cuenta que las barras de distribución deben ser sobredimensionadas debido a que por la

presencia de elementos de sujeción (conectores y talones) presentan resistencia de contacto en las barras y cables, lo cual aumenta el calentamiento de la barra, así como al hacer orificios disminuye la sección de las barras.

La carga más critica es la de la cocina, circuito para el cual, lo recomendado es un interruptor automático con capa7cidad de interrupción de 10 KA , corriente nominal de 63 A, con un relé tipo C para sobrecarga y cortocircuito.

El interruptor es de 4 polos con protección de neutro a corriente nominal.

CONCLUSIONES

- El levantamiento de información en el campo, permitió observar físicamente la forma de conectar cada uno de los dispositivos que forman parte de los tableros, sean estos de medición, control o fuerza, lo cual facilitó además conocer las características de funcionamiento de cada uno.
- Se interpretó las curvas de operación tanto de los disyuntores de protección de los generadores como de las cargas. Y en base a sus características principales se determinó aquellos dispositivos que se cambiarán a futuro.
- Se realizó un levantamiento minucioso de valores nominales de la instrumentación de a abordo, con lo cual, se pudo establecer el tiempo máximo de vida útil de los dispositivos.
- Se aplicó las normas básicas para la verificación y mejoramiento de tableros eléctricos y sus componentes, tomando en cuenta, el medio donde van a desarrollar sus actividades, y las precauciones para ambiente salino-húmedo para tener estanqueidad completa.
- No existió una determinada política de reposición de equipos deteriorados, cuya fabricación está descontinuada

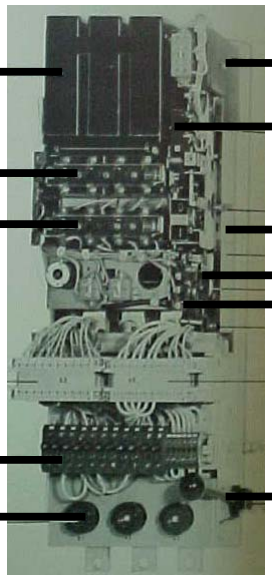
RECOMENDACIONES

- Se recomienda que para el mejoramiento en sí, se utilice amperímetros, voltímetros, vatímetros entre otros equipos digitales, cuando sea menester cambiar los dispositivos de medición y control analógicos, ya que los primeros prestan mayor exactitud para la lectura de parámetros eléctricos, así como ahorro en espacio físico, lo cual es de suma importancia en este tipo de buque.
- Continuar con los planes de mantenimiento preventivo ya que de esta forma se alarga la vida útil de los elementos del tablero, evitando de esta forma conatos de incendio y teniendo una mayor confiabilidad de la operación de los equipos en la eventualidad de un combate.
- Elaborar un archivo electrónico tanto del historial de mantenimiento preventivo y correctivo así como del reemplazo de materiales deteriorados, para mantener la disponibilidad y uniformidad en el reemplazo, y, asegurar la calidad y posible mejora del equipo y su operación.
- Comprar un equipo probador de disyuntores y relés que permite cerciorarse de un cumplimiento preciso de las curvas nominales de operación.
- Realizar planes de mantenimiento predictivo, con el fin de mantener la calidad de servicio, ahorro económico

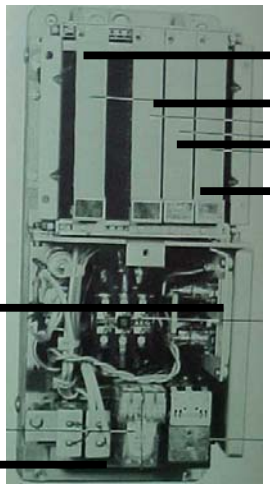
ANEXO 1

COMPONENTES DEL DISYUNTOR DE PROTECCIÓN DE LOS GENERADORES

CIRCUITO BASICO



BLOQUE DE MEDIDA



ANEXO 2

DISPOSICION DE TABLEROS DE CONTROL DE GENERADORES

TABLERO V

TABLERO IV

TABLERO DE SINCRONIZACION Y PODER DE TIERRA

ANEXO 3

FUNCIONES DE LAS TARJETAS ELECTRÓNICAS

LA TARJETA U1:

“Control de poder de alimentación y relación de transformación de las salidas de los transformadores de corriente”.

Convierte la entrada de voltaje ac en 12 V dc, para alimentar los amplificadores operacionales y componentes electrónicos U1 y U3, así como estabilizar el condensador de protección, además rectifica y convierte por medio del amplificador operacional la salida del transformador de corriente recibida del bloque de medida, en señales estándares compatibles con el sistema electrónico.

LA TARJETA U2:

“Control de indicación de cortocircuito y sobrecorriente”

En base a las curvas de operación del disyuntor, y, tomando en cuenta la selectividad para despejar la sobrecarga y cortocircuito solamente en la sección de trabajo afectada, la señal de descarga se procesa en la tarjeta U2 y se transmite a la U4 para la respectiva desconexión.

LA TARJETA U3:

“Control de inversión de potencia”

Determina en cada ciclo la estabilidad del valor y dirección de la corriente en la fase S, cuando el voltaje de trabajo R-T esté en fase cero, respondiendo la tarjeta cuando esté en dirección inversa, puede calibrarse para que opere 0.1 In y un tiempo de retraso de 10 s luego de lo cual la señal es transmitida a la tarjeta U4 para su respectiva desconexión.

LA TARJETA U4:

“control de conexión y desconexión del disyuntor”

Procesa la información recibida de las tarjetas U2 y U3 y transmite señales de conexión y desconexión, además que permite la operación de retardo del relé de bajo voltaje, con un tiempo de retraso de 1 s.

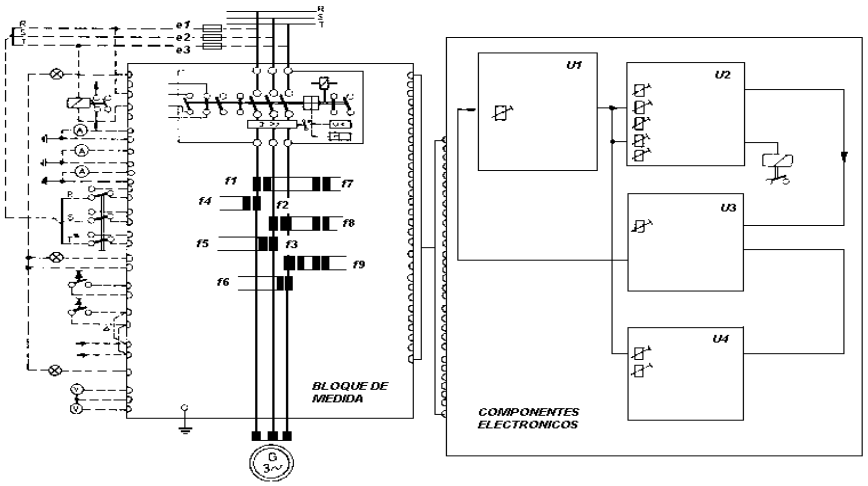


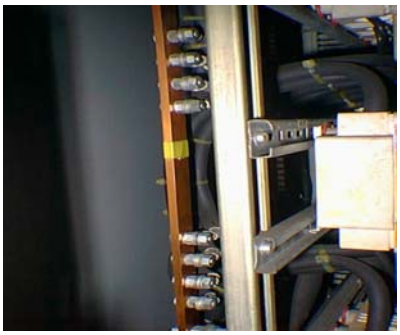
DIAGRAMA DE CIRCUITO BASICO Y TARJETAS ELECTRÓNICAS

ANEXO 4

DISPOSITIVOS INSTALADOS A BORDO

MEDIDOR DE AISLAMIENTO Y SINCRONOSCOPIO

CABLES DE CONEXION

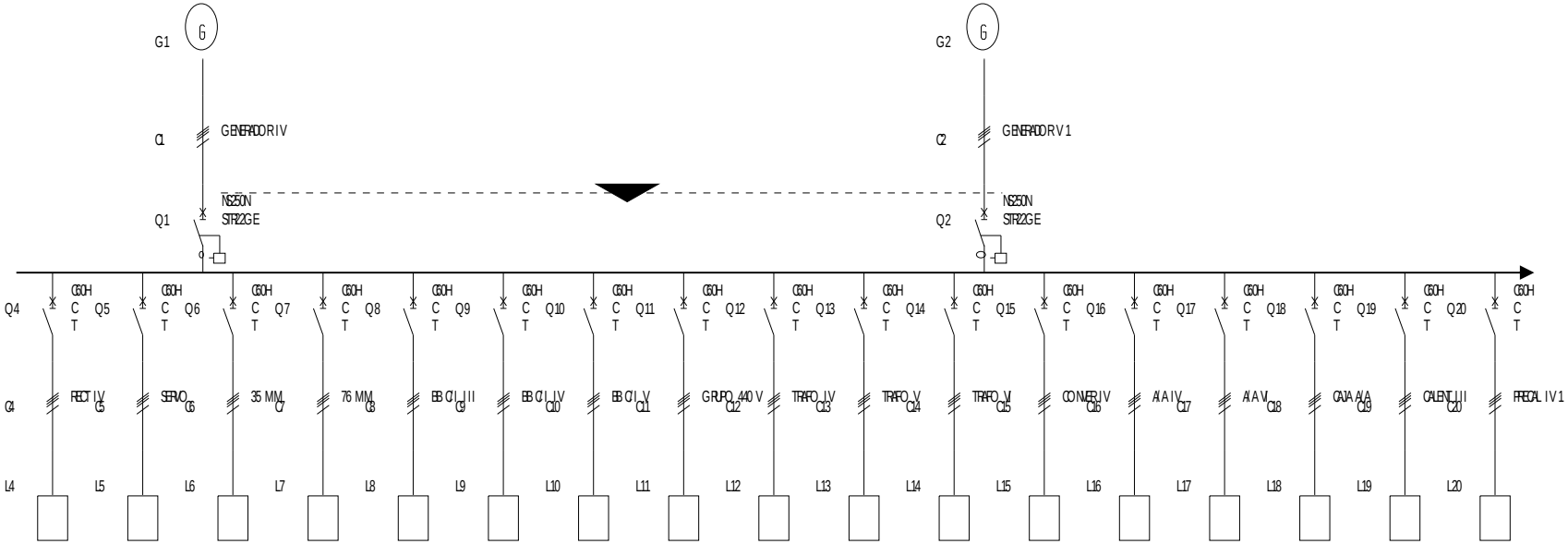


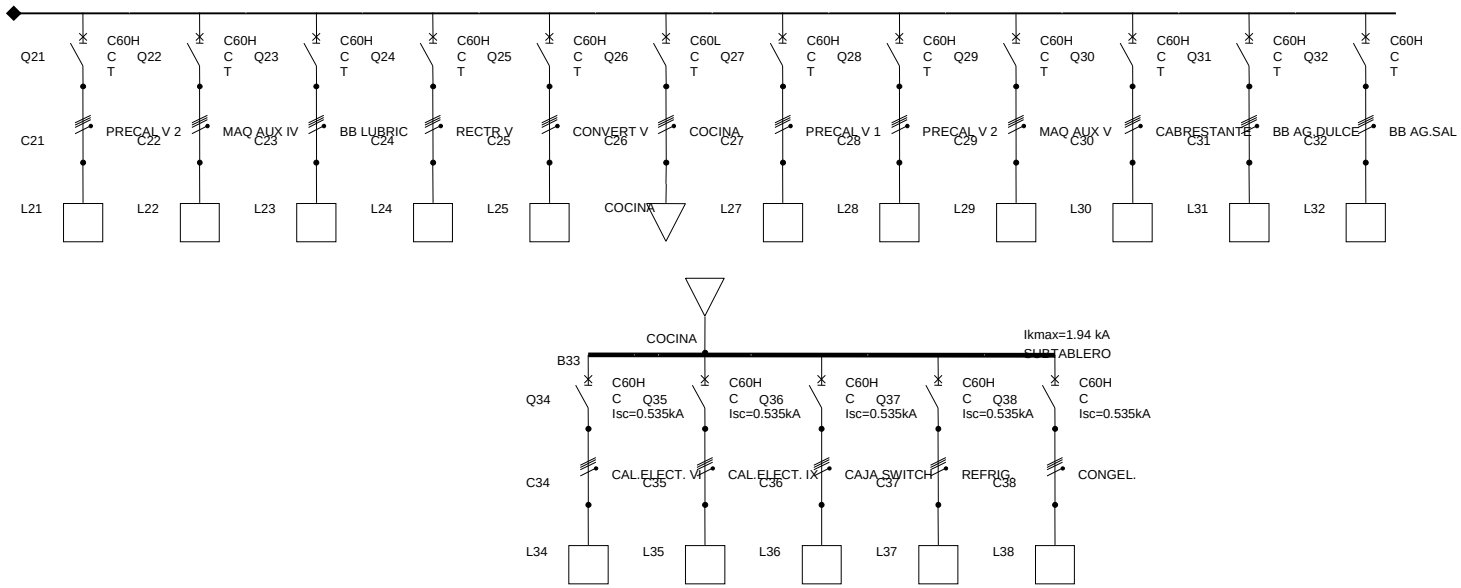
BARRAS DE DISTRIBUCION

ANEXO 5

DIAGRAMA UNIFILAR DEL SISTEMA ELECTRICO DE LANCHA CLASE “QUITO”

DOS GENERADORES EN PARALELO




Q21
C60H
C
T
Q22
Q23
Q24
Q25
Q26
C60L
Q27
Q28
Q29
Q30
Q31
Q32
C21
PRECAL V 2
C22
MAQ AUX IV
C23
BB LUBRIC
C24
RECTR V
C25
CONVERT V
C26
COCINA
C27
PRECAL V 1
C28
PRECAL V 2
C29
MAQ AUX V
C30
CABRESTANTE
C31
BB AG.DULCE
C32
BB AG.SAL
L21
L22
L23
L24
L25
COCINA
L27
L28
L29
L30
L31
L32
COCINA
Ikmax=1.94 kA
SUBTABLERO
B33
Q34
Q35
Q36
Q37
Q38
Isc=0.535kA
C34
CAL.ELECT. VI
C35
CAL.ELECT. IX
C36
CAJA SWITCH
C37
REFRIG.
C38
CONGEL.
L34
L35
L36
L37
L38

ANEXO 6

RESULTADOS OBTENIDOS DE EJECUCION DEL PROGRAMA

CIRCUITO ELECTRICO: GENERADOR IV (G1-C1-Q1)
Aguas arriba: --
Aguas abajo: Tablero
Tensión : 440 V
Generador de energía: G1
Potencia: 135 kVA
Reactancia sincrónica: 100 %
Reactancia transitoria: 30%
Reactancia subtransitoria: 10%
Cable: C1
Metal conductor: Cobre
Disposición de los conductores: Planos juntos
Condición de dimensionado: sobrecargas

Caída de tensión	Arriba	Circuito	abajo
ΔU (%)	0.00	0.21	0.21

Resultados del cálculo:

	Icc arriba	Ik3max	Ik2max	Ik1max	Ik2min	Ik1min
(kA)		**1.9465**	**1.6858**	**2.2344**	**0.5095**	**0.8006**
R (mΩ)		2.6443	5.2886	6.3463	6.7694	8.1232
X (mΩ)		143.85	287.71	125.18	861.34	316.39

Interruptor automático: Q1
Modelo: NS250N-35 kA
Calibre Int automático: 250 A
Calibre de la protección: 250 A
Relé : STR22GE
Número de polos: 4P3d+Nr
Protección diferencial: Si

CIRCUITO ELECTRICO: GENERADOR V 1 (G2-C2-Q2)
Aguas arriba: --
Aguas abajo: --
Tensión: 440 V
Generador de energía: G2
Potencia: 135 kVA
Reactancia sincrónica: 100 %
Reactancia transitoria: 30%
Reactancia subtransitoria: 10%
Cable: C2
Metal conductor: Cobre
Disposición de los conductores: Planos juntos
Condición de dimensionado: sobrecargas

Caída de tensión	arriba	Circuito	Abajo
ΔU (%)	0.00	0.15	0.15

Resultados del cálculo:

	Icc arriba	Ik3max	Ik2max	Ik1max	Ik2min	Ik1min
(kA)		**1.9467**	**1.6859**	**2.2350**	**0.5095**	**0.8007**
R (mΩ)		1.8510	3.7020	5.5530	4.7386	7.1078
X (mΩ)		143.85	287.71	125.18	861.34	316.39

Interruptor automático: Q2
Modelo: NS250N-35 kA
Calibre Int automático: 250 A
Calibre de la protección: 250 A
Relé : STR22GE
Número de polos: 4P3d+Nr
Protección diferencial: Si

CIRCUITO ELECTRICO: TABLERO (B3)
Aguas arriba: GENERADOR IV
Aguas abajo: RECT IV
Tensión: 440 V
Juego de barras: B3
Referencia: STANDARD
Tipo: Estandarizado plano
Temperatura ambiente: 30 °C
I Intensidad disponible: 250 A
Temperatura sobre cortocircuito: 145 °C
Icc máx. : 1.95 kA

CIRCUITO ELECTRICO: RECTIFICADOR IV (Q4-C4-L4)
Aguas arriba: Tablero
Aguas abajo: --
Tensión : 440 V
Interruptor automático: Q4
Modelo: C60H-10 kA
Calibre Int automático: 63 A
Calibre de la protección: 6 A
Relé: C
Número de polos: 4P4d
Protección diferencial: No
Selectividad: T
Cable: C4
Metal conductor: Cobre
Disposición de los conductores: Planos juntos
Condición de dimensionado: sobrecargas

Caída de tensión	Arriba	Circuito	abajo
ΔU (%)	0.21	0.08	0.29

Resultados del cálculo:

	Icc arriba	Ik3max	Ik2max	Ik1max	Ik2min	Ik1min
(kA)	**1.9467**	**1.8542**	**1.6058**	**1.7974**	**0.5045**	**0.7486**
R (mΩ)	1.8510	45.041	90.082	91.933	117.335	118.68
X (mΩ)	143.85	144.17	288.34	125.81	861.97	317.02

Carga I: 4.50 A Polaridad del circuito: Tri + N
P: 2.74 kW Régimen de neutro: TT
cosfi: 0.80

CIRCUITO ELECTRICO: SERVOMOTOR (Q5-C5-L5)
Aguas arriba: Tablero
Aguas abajo: --
Tensión : 440 V
Interruptor automático: Q5
Modelo: C60H-10 kA
Calibre Int automático: 63 A
Calibre de la protección: 16 A
Relé: C
Número de polos: 4P4d
Protección diferencial: No
Selectividad: T
Cable : C5
Metal conductor: Cobre
Disposición de los conductores: Planos juntos
Condición de dimensionado: sobrecargas

Caída de tensión	Arriba	Circuito	Abajo
ΔU (%)	0.21	0.24	0.45

Resultados del cálculo:

	Icc arriba	Ik3max	Ik2max	Ik1max	Ik2min	Ik1min
(kA)	**1.9467**	**1.8039**	**1.5623**	**1.6314**	**0.5016**	**0.7219**
R (mΩ)	1.8510	57.381	114.762	116.613	148.926	150.28
X (mΩ)	143.85	144.26	288.52	125.99	862.15	317.20

Carga I: 10.50 A Polaridad del circuito: Tri + N
P: 6.40 kW Régimen de neutro: TT
Cosfi: 0.80

CIRCUITO ELECTRICO: CAÑON 35 MM (Q6-C6-L6)
Aguas arriba: Tablero
Aguas abajo: --
Tensión: 440 V
Interruptor automático: Q6
Modelo: C60H-10 kA
Calibre Int automático: 63 A
Calibre de la protección: 16 A
Relé: C
Número de polos: 4P4d
Protección diferencial: No

Selectividad: T
Cable: C6
Metal conductor: Cobre
Disposición de los conductores: Planos juntos
Condición de dimensionado: sobrecargas

Caída de tensión	Arriba	Circuito	abajo
ΔU (%)	0.21	0.36	0.57

Resultados del cálculo:

	Icc arriba	Ik3max	Ik2max	Ik1max	Ik2min	Ik1min
(kA)	**1.946**	**1.747**	**1.5130**	**1.4785**	**0.4982**	**0.6927**
R (mΩ)	1.851	69.7	139.44	141.293	180.516	181.87
X (mΩ)	143.85	144.3	288.70	126.17	862.33	317.38

Carga I: 13 A Polaridad del circuito: Tri + N
P: 7.93 kW Régimen de neutro: TT
cosfi: 0.80

CIRCUITO ELECTRICO: CAÑON 76 MM (Q7-C7-L7)
Aguas arriba: Tablero
Aguas abajo: --
Tensión: 440 V
Interruptor automático: Q7
Modelo: C60H-10 kA
Calibre Int automático: 63 A
Calibre de la protección: 32 A
Relé: C
Número de polos: 4P4d
Protección diferencial: No
Selectividad: T
Cable : C7
Metal conductor: Cobre
Disposición de los conductores: Planos juntos
Condición de dimensionado: sobrecargas

Caída de tensión	Arriba	Circuito	Abajo
ΔU (%)	0.21	0.55	0.76

Resultados del cálculo:

	Icc arriba	Ik3max	Ik2max	Ik1max	Ik2min	Ik1min
(kA)	**1.946**	**1.832**	**1.586**	**1.726**	**0.503**	**0.737**
R (mΩ)	1.851	49.977	99.954	101.805	129.971	131.325
X (mΩ)	143.85	144.44	288.88	126.35	862.51	317.56

Carga I: 28.00 A Polaridad del circuito: Tri + N
P: 17.07 kW Régimen de neutro: TT
Cosfi: 0.80

CIRCUITO ELECTRICO: BOMBA CONTRA INCENDIO III (Q8-C8-L8)
Aguas arriba: Tablero
Aguas abajo: --
Tensión: 440 V
Interruptor automático: Q8
Modelo: C60H-10 kA
Calibre Int automático: 63 A
Calibre de la protección: 25 A
Relé: C
Número de polos: 4P4d
Protección diferencial: No
Selectividad: T
Cable: C8
Metal conductor: Cobre
Disposición de los conductores: Planos juntos
Condición de dimensionado: sobrecargas

Caída de tensión	Arriba	Circuito	Abajo
ΔU (%)	0.21	0.48	0.69

Resultados del cálculo:

	Icc arriba	Ik3max	Ik2max	Ik1max	Ik2min	Ik1min
(kA)	**1.946**	**1.803**	**1.562**	**1.631**	**0.501**	**0.721**
R (mΩ)	1.8510	57.381	114.762	116.613	148.926	150.28
X (mΩ)	143.85	144.26	288.52	125.99	862.15	317.20

Carga I: 21.50 A Polaridad del circuito: Tri + N
P: 13.11 kW Régimen de neutro: TT
cosfi: 0.80

CIRCUITO ELECTRICO: BOMBA CONTRA INCENDIO IV (Q9-C9-L9)
Aguas arriba: Tablero
Aguas abajo: --
Tensión: 440 V
Interruptor automático: Q9
Modelo: C60H-10 kA
Calibre Int automático: 63 A
Calibre de la protección: 25 A
Relé: C
Número de polos: 4P4d
Protección diferencial: No
Selectividad: T
Cable: C9
Metal conductor: Cobre
Disposición de los conductores: Planos juntos
Condición de dimensionado: sobrecargas

Caída de tensión	Arriba	Circuito	abajo
ΔU (%)	0.21	0.48	0.69

Resultados del cálculo:

	Icc arriba	Ik3max	Ik2max	Ik1max	Ik2min	Ik1min
(kA)	**1.9467**	**1.8039**	**1.5623**	**1.6314**	**0.5016**	**0.7219**
R (mΩ)	1.851	57.381	114.762	116.613	148.926	150.28
X (mΩ)	143.85	144.26	288.52	125.99	862.15	317.20

Carga I: 21.50 A Polaridad del circuito: Tri + N
P: 13.11 kW Régimen de neutro: TT
cosfi: 0.80

CIRCUITO ELECTRICO: BOMBA CONTRA INCENDIO V (Q10-C10-L10)
Aguas arriba: Tablero
Aguas abajo: --
Tensión: 440 V
Interruptor automático: Q10
Modelo: C60H-10 kA
Calibre Int automático: 63 A
Calibre de la protección: 25 A
Relé: C
Número de polos: 4P4d
Protección diferencial: No

Selectividad: T
Cable: C10
Metal conductor: Cobre
Disposición de los conductores: Planos juntos
Condición de dimensionado: sobrecargas

Caída de tensión	Arriba	Circuito	Abajo
ΔU (%)	0.21	0.54	0.75

Resultados del cálculo:

	Icc arriba	Ik3max	Ik2max	Ik1max	Ik2min	Ik1min
(kA)	**1.9467**	**1.7762**	**1.5382**	**1.5529**	**0.5000**	**0.7076**
R (mΩ)	1.851	63.551	127.102	128.953	164.72	166.075
X (mΩ)	143.85	144.30	288.61	126.08	862.24	317.29

Carga I: 21.50 A Polaridad del circuito: Tri + N
P: 13.11 kW Régimen de neutro: TT
cosfi: 0.80

CIRCUITO ELECTRICO: GRUPO 440 V (Q11-C11-L11)
Aguas arriba: Tablero
Aguas abajo: --
Tensión: 440 V
Interruptor automático: Q11
Modelo : C60H-10 kA
Calibre Int automático: 63 A
Calibre de la protección: 32 A
Relé: C
Número de polos: 4P4d
Protección diferencial: No
Selectividad: T
Cable: C11
Metal conductor: Cobre
Disposición de los conductores: Planos juntos
Condición de dimensionado: sobrecargas

Caída de tensión	Arriba	Circuito	abajo
ΔU (%)	0.21	0.34	0.55

Resultados del cálculo:

	Icc arriba	Ik3max	Ik2max	Ik1max	Ik2min	Ik1min
(kA)	**1.9467**	**1.8862**	**1.6335**	**1.9287**	**0.5062**	**0.7663**
R (mΩ)	1.851	35.169	70.338	72.189	92.063	93.417
X (mΩ)	143.85	144.26	288.52	125.99	862.15	317.20

Carga I: 25.50 A Polaridad del circuito: Tri + N
P: 15.55 kW Régimen de neutro: TT
cosfi: 0.80

CIRCUITO ELECTRICO: TRANSFORMADOR IV (Q12-C12-L12)
Aguas arriba: Tablero
Aguas abajo: --
Tensión: 440 V
Interruptor automático: Q12
Modelo : C60H-10 kA
Calibre Int automático: 63 A
Calibre de la protección: 16 A
Relé : C
Número de polos: 4P4d
Protección diferencial: No
Selectividad: T
Cable : C12
Metal conductor: Cobre
Disposición de los conductores: Planos juntos
Condición de dimensionado: sobrecargas

Caída de tensión	Arriba	Circuito	abajo
ΔU (%)	0.21	0.36	0.57

Resultados del cálculo:

	Icc arriba	Ik3max	Ik2max	Ik1max	Ik2min	Ik1min
(kA)	**1.9467**	**1.6543**	**1.4327**	**1.2812**	**0.4919**	**0.6468**
R (mΩ)	1.8510	88.231	176.46	178.313	227.902	229.25
X (mΩ)	143.85	144.48	288.97	126.44	862.604	317.65

Carga I: 10.20 A Polaridad del circuito: Tri + N
P: 6.22 kW Régimen de neutro: TT
cosfi: 0.80

CIRCUITO ELECTRICO: TRANSFORMADOR V (Q13-C13-L13)
Aguas arriba: Tablero
Aguas abajo: --
Tensión : 440 V
Interruptor automático: Q13
Modelo : C60H-10 kA
Calibre Int automático: 63 A
Calibre de la protección: 16 A
Relé : C
Número de polos: 4P4d
Protección diferencial: No
Selectividad: T
Cable : C13
Metal conductor: Cobre
Disposición de los conductores: Planos juntos
Condición de dimensionado: sobrecargas

Caída de tensión	arriba	Circuito	abajo
ΔU (%)	0.21	0.36	0.57

Resultados del cálculo:

	Icc arriba	Ik3max	Ik2max	Ik1max	Ik2min	Ik1min
(kA)	**1.9467**	**1.6543**	**1.4327**	**1.2812**	**0.4919**	**0.6468**
R (mΩ)	1.851	88.231	176.462	178.313	227.90	229.25
X (mΩ)	143.85	144.48	288.974	126.446	862.60	317.65

Carga I: 10.20 A Polaridad del circuito: Tri + N
P: 6.22 kW Régimen de neutro: TT
cosfi: 0.80

CIRCUITO ELECTRICO: TRANSFORMADOR VI (Q14-C14-L14)
Aguas arriba: Tablero
Aguas abajo: --
Tensión: 440 V
Interruptor automático: Q14
Modelo: C60H-10 kA
Calibre Int automático: 63 A
Calibre de la protección: 16 A
Relé: C
Número de polos: 4P4d
Protección diferencial: No

Selectividad: T
Cable: C14
Metal conductor: Cobre
Disposición de los conductores: Planos juntos
Condición de dimensionado: sobrecargas

Caída de tensión	Arriba	Circuito	abajo
ΔU (%)	0.21	0.36	0.57

Resultados del cálculo:

	Icc arriba	Ik3max	Ik2max	Ik1max	Ik2min	Ik1min
(kA)	**1.9467**	**1.6543**	**1.4327**	**1.2812**	**0.4919**	**0.6468**
R (mΩ)	1.8510	88.231	176.46	178.31	227.902	229.25
X (mΩ)	143.85	144.48	288.97	126.44	862.60	317.65

Carga I: 10.20 A Polaridad del circuito: Tri + N
P: 6.22 kW Régimen de neutro: TT
cosfi: 0.80

CIRCUITO ELECTRICO: CONVERTIDOR IV (Q15-C15-L15)
Aguas arriba: Tablero
Aguas abajo: --
Tensión: 440 V
Interruptor automático: Q15
Modelo: C60H-10 kA
Calibre Int automático: 63 A
Calibre de la protección: 32 A
Relé : C
Número de polos: 4P4d
Protección diferencial: No
Selectividad: T
Cable : C15
Metal conductor: Cobre
Disposición de los conductores: Planos juntos
Condición de dimensionado: sobrecargas

Caída de tensión	Arriba	Circuito	abajo
ΔU (%)	0.21	0.63	0.84

Resultados del cálculo:

	Icc arriba	Ik3max	Ik2max	Ik1max	Ik2min	Ik1min
(kA)	**1.9467**	**1.8324**	**1.5869**	**1.7260**	**0.5032**	**0.7374**
R (mΩ)	1.8510	49.977	99.954	101.80	129.97	131.32
X (mΩ)	143.85	144.44	288.88	126.35	862.51	317.56

Carga I: 32 A Polaridad del circuito: Tri + N
P: 19.51 kW Régimen de neutro: TT
cosfi: 0.80

CIRCUITO ELECTRICO: AIRE ACONDICIONADO IV (Q16-C16-L16)
Aguas arriba : Tablero
Aguas abajo : --
Tensión : 440 V
Interruptor automático: Q16
Modelo : C60H-10 kA
Calibre Int automático: 63 A
Calibre de la protección: 20 A
Relé : C
Número de polos: 4P4d
Protección diferencial: No
Selectividad: T
Cable : C16
Metal conductor: Cobre
Disposición de los conductores: Planos juntos
Condición de dimensionado: sobrecargas

Caída de tensión	Arriba	Circuito	Abajo
ΔU (%)	0.21	0.52	0.73

Resultados del cálculo:

	Icc arriba	Ik3max	Ik2max	Ik1max	Ik2min	Ik1min
(kA)	**1.9467**	**1.7471**	**1.5130**	**1.4785**	**0.4982**	**0.6927**
R (mΩ)	1.8510	69.721	139.44	141.29	180.51	181.87
X (mΩ)	143.857	144.35	288.70	126.17	862.33	317.38

Carga I: 18.80 A Polaridad del circuito: Tri + N
P: 11.46 kW Régimen de neutro: TT
cosfi: 0.80

CIRCUITO ELECTRICO: AIRE ACONDICIONADO VI (Q17-C17-L17)
Aguas arriba: Tablero
Aguas abajo: --
Tensión: 440 V
Interruptor automático: Q17
Modelo: C60H-10 kA
Calibre Int automático: 63 A
Calibre de la protección: 50 A
Relé: C
Número de polos: 4P4d
Protección diferencial: No
Selectividad: T
Cable: C17
Metal conductor: Cobre
Disposición de los conductores: Planos juntos
Condición de dimensionado: sobrecargas

Caída de tensión	Arriba	Circuito	abajo
ΔU (%)	0.21	0.39	0.60

Resultados del cálculo:

	Icc arriba	Ik3max	Ik2max	Ik1max	Ik2min	Ik1min
(kA)	**1.9467**	**1.9171**	**1.6602**	**2.0846**	**0.5077**	**0.7843**
R (mΩ)	1.851	21.903	43.807	45.658	58.103	59.457
X (mΩ)	143.85	144.44	288.88	126.35	862.51	317.56

Carga I: 47.59 A Polaridad del circuito: Tri + N
P: 29.01 kW Régimen de neutro: TT
cosfi: 0.80

CIRCUITO ELECTRICO: CAJA DE CONTROL AIRE ACOND. (Q18-C18-L18)
Aguas arriba: Tablero
Aguas abajo: --
Tensión: 440 V
Interruptor automático: Q18
Modelo: C60H-10 kA
Calibre Int automático: 63 A
Calibre de la protección: 63 A
Relé: C
Número de polos: 4P4d
Protección diferencial: No

Selectividad: T
Cable : **C18**
Metal conductor: Cobre
Disposición de los conductores: Planos juntos
Condición de dimensionado: sobrecargas

Caída de tensión	Arriba	Circuito	Abajo
ΔU (%)	0.21	0.27	0.48

Resultados del cálculo:

	Icc arriba	Ik3max	Ik2max	Ik1max	Ik2min	Ik1min
(kA)	**1.9467**	**1.9318**	**1.6730**	**2.1664**	**0.5085**	**0.7929**
R (mΩ)	1.851	12.957	25.914	27.765	35.200	36.554
X (mΩ)	143.85	144.39	288.79	126.26	862.42	317.47

Carga I: 58 A Polaridad del circuito: Tri + N
P: 35.36 kW Régimen de neutro: TT
cosfi: 0.80

CIRCUITO ELECTRICO: CALENTADOR III (Q19-C19-L19)
Aguas arriba: Tablero
Aguas abajo: --
Tensión: 440 V
Interruptor automático: Q19
Modelo: C60H-10 kA
Calibre Int automático: 63 A
Calibre de la protección: 25 A
Relé: C
Número de polos: 4P4d
Protección diferencial: No
Selectividad: T
Cable: **C19**
Metal conductor: Cobre
Disposición de los conductores: Planos juntos
Condición de dimensionado: sobrecargas

Caída de tensión	Arriba	Circuito	Abajo
ΔU (%)	0.21	0.54	0.75

Resultados del cálculo:

	Icc arriba	Ik3max	Ik2max	Ik1max	Ik2min	Ik1min
(kA)	**1.9467**	**1.8039**	**1.5623**	**1.6314**	**0.5016**	**0.7219**
R (mΩ)	1.851	57.381	114.76	116.61	148.92	150.28
X (mΩ)	143.85	144.26	288.52	125.99	862.15	317.20

Carga I: 24 A Polaridad del circuito: Tri + N
P: 14.63 kW Régimen de neutro: TT
cosfi: 0.80

CIRCUITO ELECTRICO: PRECALENTADOR MAQ. IV 1 (Q20-C20-L20)
Aguas arriba: Tablero
Aguas abajo: --
Tensión: 440 V
Interruptor automático: Q20
Modelo : C60H-10 kA
Calibre Int automático: 63 A
Calibre de la protección: 25 A
Relé : C
Número de polos: 4P4d
Protección diferencial: No
Selectividad: T
Cable : C20
Metal conductor: Cobre
Disposición de los conductores: Planos juntos
Condición de dimensionado: sobrecargas

Caída de tensión	arriba	Circuito	Abajo
ΔU (%)	0.21	0.66	0.87

Resultados del cálculo:

	Icc arriba	Ik3max	Ik2max	Ik1max	Ik2min	Ik1min
(kA)	**1.9467**	**1.7471**	**1.5130**	**1.4785**	**0.4982**	**0.6927**
R (mΩ)	1.851	69.721	139.442	141.293	180.51	181.87
X (mΩ)	143.85	144.35	288.70	126.17	862.33	317.38

Carga I: 24 A Polaridad del circuito: Tri + N
P: 14.63 kW Régimen de neutro: TT
cosfi: 0.80

CIRCUITO ELECTRICO: PRECALENTADOR IV 2 (Q21-C21-L21)
Aguas arriba: Tablero
Aguas abajo: --
Tensión: 440 V
Interruptor automático: Q21
Modelo: C60H-10 kA
Calibre Int automático: 63 A
Calibre de la protección: 25 A
Relé: C
Número de polos: 4P4d
Protección diferencial: No
Selectividad: T
Cable : C21
Metal conductor: Cobre
Disposición de los conductores: Planos juntos
Condición de dimensionado: sobrecargas

Caída de tensión	arriba	Circuito	Abajo
ΔU (%)	0.21	0.66	0.87

Resultados del cálculo:

	Icc arriba	Ik3max	Ik2max	Ik1max	Ik2min	Ik1min
(kA)	**1.9467**	**1.7471**	**1.5130**	**1.4785**	**0.4982**	**0.6927**
R (mΩ)	1.851	69.721	139.44	141.293	180.51	181.87
X (mΩ)	143.85	144.35	288.70	126.17	862.33	317.38

Carga I: 24 A Polaridad del circuito: Tri + N
P: 14.63 kW Régimen de neutro: TT
cosfi: 0.80

CIRCUITO ELECTRICO: MAQUINARIA AUXILIAR IV (Q22-C22-L22)
Aguas arriba: Tablero
Aguas abajo: --
Tensión: 440 V
Interruptor automático: Q22
Modelo: C60H-10 kA
Calibre Int automático: 63 A
Calibre de la protección: 40 A
Relé: C
Número de polos: 4P4d
Protección diferencial: No

Selectividad: T
Cable: C22
Metal conductor: Cobre
Disposición de los conductores: Planos juntos
Condición de dimensionado: sobrecargas

Caída de tensión	arriba	Circuito	Abajo
ΔU (%)	0.21	0.55	0.76

Resultados del cálculo:

	Icc arriba	Ik3max	Ik2max	Ik1max	Ik2min	Ik1min
(kA)	**1.9467**	**1.8707**	**1.6201**	**1.8726**	**0.5052**	**0.7585**
R (mΩ)	1.851	38.87	77.742	79.593	101.54	102.894
X (mΩ)	143.85	144.57	289.15	126.62	862.78	317.83

Carga I: 36.28 A Polaridad del circuito: Tri + N
P: 22.12 kW Régimen de neutro: TT
Cosfi: 0.80

CIRCUITO ELECTRICO: BOMBA LUBRICACION (Q23-C23-L23)
Aguas arriba: Tablero
Aguas abajo: --
Tensión: 440 V
Interruptor automático: Q23
Modelo: C60H-10 kA
Calibre Int automático: 63 A
Calibre de la protección: 3 A
Relé: C
Número de polos: 4P4d
Protección diferencial: No
Selectividad: T
Cable : C23
Metal conductor: Cobre
Disposición de los conductores: Planos juntos
Condición de dimensionado: sobrecargas

Caída de tensión	arriba	Circuito	Abajo
ΔU (%)	0.21	0.09	0.30

Resultados del cálculo:

	Icc arriba	Ik3max	Ik2max	Ik1max	Ik2min	Ik1min
(kA)	**1.9467**	**1.6859**	**1.4600**	**1.3426**	**0.4941**	**0.6622**
R (mΩ)	1.8510	82.061	164.12	165.97	212.10	213.46
X (mΩ)	143.85	144.44	288.88	126.35	862.51	317.56

Carga I: 2.66 A Polaridad del circuito: Tri + N
P: 1.62 kW Régimen de neutro: TT
cosfi: 0.80

CIRCUITO ELECTRICO: RECTIFICADOR V (Q24-C24-L24)
Aguas arriba: Tablero
Aguas abajo: --
Tensión: 440 V
Interruptor automático: Q24
Modelo: C60H-10 kA
Calibre Int automático: 63 A
Calibre de la protección: 6 A
Relé : C
Número de polos: 4P4d
Protección diferencial: No
Selectividad: T
Cable : C24
Metal conductor: Cobre
Disposición de los conductores: Planos juntos
Condición de dimensionado: sobrecargas

Caída de tensión	arriba	Circuito	abajo
ΔU (%)	0.21	0.10	0.31

Resultados del cálculo:

	Icc arriba	Ik3max	Ik2max	Ik1max	Ik2min	Ik1min
(kA)	**1.9467**	**1.8039**	**1.5623**	**1.6314**	**0.5016**	**0.7219**
R (mΩ)	1.851	57.38	114.76	116.61	148.92	150.28
X (mΩ)	143.85	144.26	288.52	125.99	862.15	317.20

Carga I: 4.50 A Polaridad del circuito: Tri + N
P: 2.74 kW Régimen de neutro: TT
cosfi: 0.80

CIRCUITO ELÉCTRICO: CONVERTIDOR V (Q25-C25-L25)
Aguas arriba: Tablero
Aguas abajo: --
Tensión: 440 V
Interruptor automático: Q25
Modelo : C60H-10 kA
Calibre Int automático: 63 A
Calibre de la protección: 32 A
Relé : C
Número de polos: 4P4d
Protección diferencial: No
Selectividad: T
Cable: C25
Metal conductor: Cobre
Disposición de los conductores: Planos juntos
Condición de dimensionado: sobrecargas

Caída de tensión	arriba	Circuito	Abajo
ΔU (%)	0.21	0.63	0.84

Resultados del cálculo:

	Icc arriba	Ik3max	Ik2max	Ik1max	Ik2min	Ik1min
(kA)	**1.9467**	**1.8324**	**1.5869**	**1.7260**	**0.5032**	**0.7374**
R (mΩ)	1.8510	49.97	99.954	101.80	129.97	131.32
X (mΩ)	143.85	144.44	288.88	126.35	862.51	317.56

Carga I: 32 A Polaridad del circuito: Tri + N
P: 19.51 kW Régimen de neutro: TT
cosfi: 0.80

CIRCUITO ELÉCTRICO: COCINA (Q26-C26)
Aguas arriba: Tablero
Aguas abajo: SUBTABLERO
Tensión: 440 V
Interruptor automático: Q26
Modelo: C60L-10 kA
Calibre Int automático: 63 A
Calibre de la protección: 63 A
Relé : C
Número de polos: 4P4d
Selectividad: T

Cable : **C26**
Metal conductor: Cobre
Disposición de los conductores: Planos juntos
Condición de dimensionado: sobrecargas

Caída de tensión	arriba	Circuito	abajo
ΔU (%)	0.21	0.24	0.45

Resultados del cálculo:

	Icc arriba	Ik3max	Ik2max	Ik1max	Ik2min	Ik1min
(kA)	**1.9467**	**1.9351**	**1.6758**	**2.1819**	**0.5087**	**0.7946**
R (mΩ)	1.8510	11.106	22.212	24.063	30.462	31.816
X (mΩ)	143.85	144.30	288.61	126.08	862.24	317.29

Carga I: 63 A Polaridad del circuito: Tri + N
P: 38.41 kW Régimen de neutro: TT
cosfi: 0.80

CIRCUITO ELECTRICO: **SUBTABLERO (B33)**
Aguas arriba: COCINA
Aguas abajo: CALENTADOR ELECTRICO VI
Tensión: 440 V
Juego de barras: **B33**
Referencia: STANDARD
Tipo: Estandarizado plano
Temperatura ambiente: 30 °C
I Intensidad disponible: 160 A
Temperatura sobre cortocircuito: 145 °C
Icc máx. : 1.94 kA

CIRCUITO ELECTRICO: **CALENTADOR ELECTRICO VI (Q34-C34-L34)**
Aguas arriba: SUBTABLERO
Aguas abajo: --
Tensión: 440 V
Interruptor automático: **Q34**
Modelo: C60H-10 kA
Calibre Int automático: 63 A
Calibre de la protección: 32 A
Relé: C
Número de polos: 4P4d

Protección diferencial: No
Selectividad: 0.535 KA
Cable : **C34**
Metal conductor: Cobre
Disposición de los conductores: Planos juntos
Condición de dimensionado: sobrecargas

Caída de tensión	Arriba	Circuito	Abajo
ΔU (%)	0.45	0.00	0.45

Resultados del cálculo:

	Icc arriba	Ik3max	Ik2max	Ik1max	Ik2min	Ik1min
(kA)	**1.9351**	**1.9351**	**1.6758**	**2.1819**	**0.5087**	**0.7946**
R (mΩ)	11.106	11.106	22.212	24.063	30.462	31.816
X (mΩ)	144.30	144.30	288.61	126.08	862.24	317.29

Carga I: 29.52 A Polaridad del circuito: Tri + N
P: 18 kW Régimen de neutro: TT
cosfi: 0.80

CIRCUITO ELECTRICO: CALENTADOR ELECTRICO IX (Q35-C35-L35)
Aguas arriba: SUBTABLERO
Aguas abajo: --
Tensión: 440 V
Interruptor automático: Q35
Modelo: C60H-10 kA
Calibre Int automático: 63 A
Calibre de la protección: 32 A
Relé : C
Número de polos: 4P4d
Protección diferencial: No
Selectividad: 0.535 KA
Cable: C35
Metal conductor: Cobre
Disposición de los conductores: Planos juntos
Condición de dimensionado: sobrecargas

Caída de tensión	Arriba	Circuito	Abajo
ΔU (%)	0.45	0.00	0.45

Resultados del cálculo:

	Icc arriba	Ik3max	Ik2max	Ik1max	Ik2min	Ik1min
(kA)	**1.9351**	**1.9351**	**1.6758**	**2.1819**	**0.5087**	**0.7946**
R (mΩ)	11.106	11.106	22.212	24.063	30.462	31.816
X (mΩ)	144.30	144.30	288.61	126.08	862.24	317.29

Carga I: 29.52 A Polaridad del circuito: Tri + N
P: 18 kW Régimen de neutro: TT
cosfi: 0.80

CIRCUITO ELECTRICO: CAJA SWITCH (Q36-C36-L36)
Aguas arriba: SUBTABLERO
Aguas abajo: --
Tensión: 440 V
Interruptor automático: Q36
Modelo: C60H-10 kA
Calibre Int automático: 63 A
Calibre de la protección: 20 A
Relé : C
Número de polos: 4P4d
Protección diferencial: No
Selectividad: 0.535 kA
Cable : C36
Metal conductor: Cobre
Disposición de los conductores: Planos juntos
Condición de dimensionado: sobrecargas

Caída de tensión	arriba	Circuito	Abajo
ΔU (%)	0.45	0.00	0.45

Resultados del cálculo:

	Icc arriba	Ik3max	Ik2max	Ik1max	Ik2min	Ik1min
(kA)	**1.9351**	**1.9351**	**1.6758**	**2.1819**	**0.5087**	**0.7946**
R (mΩ)	11.106	11.106	22.212	24.063	30.462	31.816
X (mΩ)	144.30	144.30	288.61	126.08	862.24	317.29

Carga I: 18.86 A Polaridad del circuito: Tri + N
P: 11.50 kW Régimen de neutro: TT
cosfi: 0.80

CIRCUITO ELECTRICO: REFRIGERADOR (Q37-C37-L37)
Aguas arriba: SUBTABLERO
Aguas abajo: --
Tensión: 440 V
Interruptor automático: Q37
Modelo: C60H-10 kA
Calibre Int automático: 63 A
Calibre de la protección: 2 A
Relé: C
Número de polos: 4P4d
Protección diferencial: No
Selectividad: 0.535 kA
Cable: C37
Metal conductor: Cobre
Disposición de los conductores: Planos juntos
Condición de dimensionado: sobrecargas

Caída de tensión	Arriba	Circuito	Abajo
ΔU (%)	0.45	0.00	0.45

Resultados del cálculo:

	Icc arriba	Ik3max	Ik2max	Ik1max	Ik2min	Ik1min
(kA)	**1.9351**	**1.9351**	**1.6758**	**2.1819**	**0.5087**	**0.7946**
R (mΩ)	11.1060	11.106	22.212	24.063	30.462	31.816
X (mΩ)	144.30	144.30	288.61	126.08	862.24	317.29

Carga I: 1.64 A Polaridad del circuito: Tri + N
P: 1 kW Régimen de neutro: TT
cosfi: 0.80

CIRCUITO ELECTRICO: CONGELADOR (Q38-C38-L38)
Aguas arriba : SUBTABLERO
Aguas abajo : --
Tensión : 440 V
Interruptor automático: Q38
Modelo: C60H-10 kA
Calibre Int automático: 63 A
Calibre de la protección: 2 A
Relé: C
Número de polos: 4P4d
Protección diferencial: No

Selectividad: 0.535 kA
Cable: **C38**
Metal conductor: Cobre
Disposición de los conductores: Planos juntos
Condición de dimensionado: sobrecargas

Caída de tensión	Arriba	Circuito	abajo
ΔU (%)	0.45	0.00	0.45

Resultados del cálculo:

	Icc arriba	Ik3max	Ik2max	Ik1max	Ik2min	Ik1min
(kA)	**1.9351**	**1.9351**	**1.6758**	**2.1819**	**0.5087**	**0.7946**
R (mΩ)	11.106	11.106	22.212	24.063	30.462	31.816
X (mΩ)	144.30	144.30	288.61	126.08	862.24	317.29

Carga I: 1.64 A Polaridad del circuito: Tri + N
P: 1 kW Régimen de neutro: TT
cosfi: 0.80

CIRCUITO ELECTRICO: **PRECALENTADOR V 1 (Q27-C27-L27)**
Aguas arriba: Tablero
Aguas abajo: --
Tensión : 440 V
Interruptor automático: **Q27**
Modelo: C60H-10 kA
Calibre Int automático: 63 A
Calibre de la protección: 25 A
Relé: C
Número de polos: 4P4d
Protección diferencial: No
Selectividad: T
Cable: **C27**
Metal conductor: Cobre
Disposición de los conductores: Planos juntos
Condición de dimensionado: sobrecargas

Caída de tensión	arriba	Circuito	Abajo
ΔU (%)	0.21	0.66	0.87

Resultados del cálculo:

	Icc arriba	Ik3max	Ik2max	Ik1max	Ik2min	Ik1min
(kA)	**1.9467**	**1.7471**	**1.5130**	**1.4785**	**0.4982**	**0.6927**
R (mΩ)	1.851	69.72	139.44	141.29	180.51	181.87
X (mΩ)	143.85	144.35	288.70	126.17	862.33	317.38

Carga I: 24 A Polaridad del circuito: Tri + N
P: 14.63 kW Régimen de neutro: TT
cosfi: 0.80

CIRCUITO ELECTRICO: PRECALENTADOR V 2 (Q28-C28-L28)
Aguas arriba: Tablero
Aguas abajo: --
Tensión: 440 V
Interruptor automático: Q28
Modelo: C60H-10 kA
Calibre Int automático: 63 A
Calibre de la protección: 25 A
Relé: C
Número de polos: 4P4d
Protección diferencial: No
Selectividad: T
Cable: C28
Metal conductor: Cobre
Disposición de los conductores: Planos juntos
Condición de dimensionado: sobrecargas

Caída de tensión	arriba	Circuito	Abajo
ΔU (%)	0.21	0.66	0.87

Resultados del cálculo:

	Icc arriba	Ik3max	Ik2max	Ik1max	Ik2min	Ik1min
(kA)	**1.9467**	**1.7471**	**1.5130**	**1.4785**	**0.4982**	**0.6927**
R (mΩ)	1.851	69.72	139.44	141.29	180.51	181.87
X (mΩ)	143.85	144.35	288.70	126.17	862.33	317.38

Carga I: 24 A Polaridad del circuito: Tri + N
P: 14.63 kW Régimen de neutro: TT
cosfi: 0.80

CIRCUITO ELECTRICO: MAQUINARIA AUXILIAR V (Q29-C29-L29)
Aguas arriba: Tablero
Aguas abajo: --
Tensión : 440 V
Interruptor automático: Q29
Modelo : C60H-10 kA
Calibre Int automático: 63 A
Calibre de la protección: 40 A
Relé: C
Número de polos: 4P4d
Protección diferencial: No
Selectividad: T
Cable: C29
Metal conductor: Cobre
Disposición de los conductores: Planos juntos
Condición de dimensionado: sobrecargas

Caída de tensión	Arriba	Circuito	abajo
ΔU (%)	0.21	0.35	0.56

Resultados del cálculo:

	Icc arriba	Ik3max	Ik2max	Ik1max	Ik2min	Ik1min
(kA)	**1.9467**	**1.9064**	**1.6510**	**2.0261**	**0.5072**	**0.7779**
R (mΩ)	1.851	27.302	54.604	56.455	71.924	73.278
X (mΩ)	143.85	144.35	288.70	126.17	862.33	317.38

Carga I: 33.56 A Polaridad del circuito: Tri + N
P: 20.46 kW Régimen de neutro: TT
cosfi: 0.80

CIRCUITO ELECTRICO: CABRESTANTE (Q30-C30-L30)
Aguas arriba: Tablero
Aguas abajo: --
Tensión : 440 V
Interruptor automático: Q30
Modelo: C60H-10 kA
Calibre Int automático: 63 A
Calibre de la protección: 10 A
Relé: C
Número de polos: 4P4d
Protección diferencial: No

Selectividad: T
Cable: C30
Metal conductor: Cobre
Disposición de los conductores: Planos juntos
Condición de dimensionado: sobrecargas

Caída de tensión	Arriba	Circuito	abajo
ΔU (%)	0.21	0.20	0.41

Resultados del cálculo:

	Icc arriba	Ik3max	Ik2max	Ik1max	Ik2min	Ik1min
(kA)	**1.9467**	**1.6859**	**1.4600**	**1.3426**	**0.4941**	**0.6622**
R (mΩ)	1.8510	82.061	164.12	165.97	212.10	213.46
X (mΩ)	143.85	144.44	288.88	126.35	862.51	317.56

Carga I: 6.30 A Polaridad del circuito: Tri + N
P: 3.84 kW Régimen de neutro: TT
cosfi: 0.80

CIRCUITO ELECTRICO: BOMBA AGUA DULCE (Q31-C31-L31)
Aguas arriba: Tablero
Aguas abajo: --
Tensión: 440 V
Interruptor automático: Q31
Modelo: C60H-10 kA
Calibre Int automático: 63 A
Calibre de la protección: 1 A
Relé: C
Número de polos: 4P4d
Protección diferencial: No
Selectividad: T
Cable: C31
Metal conductor: Cobre
Disposición de los conductores: Planos juntos
Condición de dimensionado: sobrecargas

Caída de tensión	arriba	Circuito	abajo
ΔU (%)	0.21	0.03	0.24

Resultados del cálculo:

	Icc arriba	Ik3max	Ik2max	Ik1max	Ik2min	Ik1min
(kA)	**1.9467**	**1.6224**	**1.4050**	**1.2240**	**0.4896**	**0.6315**
R (mΩ)	1.8510	94.40	188.80	190.65	243.69	245.05
X (mΩ)	143.85	144.53	289.06	126.53	862.69	317.74

Carga I: 0.86 A Polaridad del circuito: Tri + N
P: 0.52 kW Régimen de neutro: TT
cosfi: 0.80

CIRCUITO ELÉCTRICO: BOMBA AGUA SALADA (Q32-C32-L32)
Aguas arriba: Tablero
Aguas abajo: --
Tensión: 440 V
Interruptor automático: Q32
Modelo: C60H-10 kA
Calibre Int automático: 63 A
Calibre de la protección: 1.0 A
Relé: C
Número de polos: 4P4d
Protección diferencial: No
Selectividad: T
Cable : C32
Metal conductor: Cobre
Disposición de los conductores: Planos juntos
Condición de dimensionado: sobrecargas

Caída de tensión	arriba	Circuito	abajo
ΔU (%)	0.21	0.03	0.24

Resultados del cálculo:

	Icc arriba	Ik3max	Ik2max	Ik1max	Ik2min	Ik1min
(kA)	**1.9467**	**1.6224**	**1.4050**	**1.2240**	**0.4896**	**0.6315**
R (mΩ)	1.851	94.40	188.80	190.65	243.69	245.05
X (mΩ)	143.85	144.53	289.06	126.53	862.69	317.74

Carga I: 0.86 A Polaridad del circuito: Tri + N
P: 0.52 kW Régimen de neutro: TT
cosfi: 0.80

BIBLIOGRAFIA

- USA, Military Specifications& Standards, Edición 1999, 86 CD Fiches.
- Department of the Navy, Naval Ships Technical Manual, Edición 1976, Chapter 001, 300, 320, 491, 635.
- Colección SIEMENS. Instalaciones Eléctricas,2da Edición 1989.
- Compañía SCHNEIDER, Manual de Interruptores automáticos y seccionadores de baja tensión, Edición 2000.
- Compañía ABB, Manual de Interruptores Automáticos en Caja Moldeada en Baja Tensión, Edición 2000.
- ISOL-SACE BERGAMO, Manual de Operación de Interruptores Automáticos, Edición 1983.
- Compañía AEG TELEFUNKEN, Manual de interruptores con Control electrónico,Edsición 1975.
- Norma Venezolana COVENIN, Diseño y construcción deTableros Eléctricos hasta 600V c.a., Edición 1995.
- Compañía SCHNEIDER, Software de análisis de redes Eléctricas Ecodial, Versión # 3
- USA, Annual Book of ASTM Standards, Edición 1977.

- Sthepen Chapman, Máquinas Eléctricas, Mc Graw Hill, 3ra Edición.
- Russell Mason, El Arte y la Ciencia de la protección por relevadores, Editorial Continental, 9na Edición