



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA
DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN
CONTROL Y REDES INDUSTRIALES**

**“AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE TRANSFERENCIA DE
ENERGÍA ELÉCTRICA ENTRE LA RED PÚBLICA Y EL
GENERADOR ELÉCTRICO DE 40KVA PARA EL EDIFICIO
WÄRTSILÄ ECUADOR S.A. UTILIZANDO PLC”**

TESIS DE GRADO

**Previo a la obtención del título de
INGENIERO EN ELECTRÓNICA CONTROL Y REDES INDUSTRIALES**

Presentado por:

EDISON FERNANDO SÁNCHEZ YAMBAY

Riobamba-Ecuador

2012

AGRADECIMIENTO

*A Dios por darme la vida, la salud
y con su infinita sabiduría
me ha enseñado a crecer
y a transitar por el sendero de la vida.*

*Al Ingeniero Pablo Guevara,
director del proyecto de titulación,
por impartir sus conocimientos y
experiencia para el desarrollo del proyecto*

*Al Ingeniero Remigio Peñarreta
presidente de la empresa Wärtsilä Ecuador S.A.
por abrirme las puertas para la
realización de este proyecto.*

*A mi madre Laura Yambay
que siempre estuvo apoyándome
en todo momento,
gracias por su apoyo económico
y moral he logrado
cumplir mis objetivos.*

Edison F.

DEDICATORIA

*A mi querida madre Laura Yambay,
por su amor, cariño y paciencia durante
toda mi vida le dedico este triunfo alcanzado.*

*A mis sobrinos y hermanos Verónica y Geovanny,
por haberme apoyado en mis momentos difíciles
motivados por un solo ideal, verme triunfar.*

Edison F.

NOMBRE

FIRMA

FECHA

Ing. Iván Menes.

**DECANO DE LA FACULTAD
DE INFORMÁTICA Y
ELECTRÓNICA**

.....

.....

Ing. Paúl Romero

**DIRECTOR DE LA
ESCUELA DE INGENIERÍA
ELECTRÓNICA CONTROL
REDES INDUSTRIALES**

.....

.....

Ing. Pablo Guevara

DIRECTOR DE TESIS

.....

.....

Ing. Jhonny Vizúete

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

.....

.....

Lcdo. Carlos Rodríguez

**DIRECTOR DPTO.
DOCUMENTACIÓN**

.....

.....

NOTA DE LA TESIS

.....

TEXTO DE RESPONSABILIDAD

Yo, Edison Fernando Sánchez Yambay soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta tesis; y el patrimonio intelectual de la tesis de Grado pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

Edison Fernando Sánchez Yambay

ÍNDICE GENERAL

PORTADA

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

TEXTO DE RESPONSABILIDAD

INDICE GENERAL

INDICE DE ABREVIATURAS

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO I

MARCO REFERENCIAL

1.1	ANTECEDENTES	17
1.2	JUSTIFICACION DEL PROYECTO DE TESIS	18
1.3	OBJETIVOS	19
1.3.1	Objetivos Generales	19
1.3.2	Objetivos Específicos	19
1.4	HIPOTESIS	19

CAPÍTULO II

GENERADOR DE CORRIENTE ALTERNA

2.1	DEFINICIÓN.....	20
2.2	TIPOS DE GENERADORES DE CORRIENTE ALTERNA	21
2.3	ELEMENTOS DEL GENERADOR A.C.....	22
2.4	PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL GENERADOR A.C.	24
2.5	GENERADORES AC TRIFÁSICOS.....	27
2.6	POTENCIA TRIFASICA EN GENERADORES A.C.....	29
2.7	GRUPO ELECTRÓGENO DE EMERGENCIA	30

2.7.1	PARTES DE UN GRUPO ELECTRÓGENO	30
2.7.2	CLASIFICACIÓN DE GRUPOS ELECTRÓGENOS	35
2.7.3	ARRANQUE AUTOMÁTICO DEL GRUPO ELECTRÓGENO	38

CAPÍTULO III

SISTEMA AUTOMÁTICO DE CONTROL

3.1	DEFINICIÓN.....	39
3.2	SISTEMA DE TRANSFERENCIA DE ENERGÍA ELÉCTRICA	40
3.3	TRANSFERENCIA AUTOMÁTICA DE ENERGÍA ELÉCTRICA.....	41
3.4	DISEÑO DE CIRCUITOS.	43
3.4.1	CIRCUITO DE CONTROL O DE MANDO	44
3.4.2	COMPONENTES ELÉCTRICOS DE CONTROL	44
3.4.2.1	SUPERVISORES DE VOLTAJE	44
3.4.3	CIRCUITO DE POTENCIA O DE FUERZA.....	46
3.4.4	COMPONENTES ELÉCTRICOS DE POTENCIA	46
3.4.4.1	CONTACTORES	46
3.4.4.1.1	CLASIFICACIÓN DE CONTACTORES	47
3.4.4.1.2	CONTACTOR ELECTROMAGNÉTICO	49
3.4.4.1.2.1	PARTES DEL CONTACTOR ELECTROMAGNÉTICO	49
3.4.4.1.3	DIMENSIONAMIENTO DE CONTACTORES	51
3.4.4.1.4	SELECCIÓN DE UN CONTACTOR	52
3.4.4.2	RELÉS	52
3.4.4.2.1	TIPOS DE RELÉS	54
3.5	PROTECCIONES ELECTRICAS	57
3.5.1	FUSIBLES	58
3.5.2	INTERRUPTOR AUTOMÁTICO	60
3.5.2.1	INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO.....	60

3.5.2.1.1	TIPOS INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO.....	64
3.5.2.1.2	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	65
3.6	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL TTA	66
3.6.1	LEVANTAMIENO DE INFORMACION	66
3.6.2	DIMENSIONAMIENTO DE CONTACTORES	67
3.6.3	CONSTRUCCIÓN DEL CIRCUITO DE POTENCIA.....	67
3.6.4	CONSTRUCCIÓN DEL CIRCUITO DE CONTROL	69
3.6.5	CONSTRUCCIÓN DEL CIRCUITO DE SEÑALIZACIÓN.....	72
3.6.6	MONTAJE DEL TTA	73

CAPÍTULO IV

CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE

4.1	DEFINICIÓN.....	75
4.2	ESTRUCTURA DEL PLC	76
4.3	LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN	77
4.3.1	EDITOR AWL	78
4.3.2	EDITOR FUP.	78
4.3.3	EDITOR KOP	79
4.4	CRITERIOS PARA SELECCIÓN DE PLC	80
4.5	MODULO LOGICO LOGO! 12/24 RC.....	81
4.5.1	ESTRUCTURA DEL EQUIPO LOGO!	81
4.5.2	MODULO DE EXPANSIÓN DM8 12/24RC.....	83
4.5.3	DATOS TÉCNICOS LOGO! Y MODULO DM8	84
4.6	SOFTWARE LOGO! Soft Comfort V6.1.	84
4.6.1	FUNCIONES LOGO! Soft Comfort V6.1.	87
4.7	LÓGICA DE CONTROL SISTEMA DE TRANSFERENCIA.....	88
4.7	PROGRAMACIÓN DEL SISTEMA DE TRANSFERENCIA.	90

CAPÍTULO V

PRUEBAS Y RESULTADOS

5.1	RESULTADOS DEL TTA.....	97
5.2	PRUEBAS DEL SISTEMA DE TRANSFERENCIA.....	98
5.2.1	PRUEBAS INICIALES.....	98
5.2.2	PRUEBAS FINALES	99
5.3	PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN	101
5.3.1	ARRANQUE EN VACIO	101
5.3.2	OPERACIÓN CON CARGA	102
5.4	PLAN DE MANTENIMIENTO	105
5.4.1	MANTENIMIENTO DEL TTA	105
5.4.1	MANTENIMIENTO DEL GRUPO ELECTRÓGENO	105

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

RESUMEN

SUMMARY

GLOSARIO

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

INDICE DE ABREVIATURAS

TTA	Tablero de Transferencia Automático
WEC	Wärtsilä Ecuador
E.E.Q.	Empresa Eléctrica Quito
GEN	Generador Eléctrico de Emergencia
VDC/VCC	Voltaje de Corriente Continua.
DC	Corriente Directa
AC	Corriente Alterna
API	Automata programable industrial
DO	Salidas digitales
DI	Entradas digitales
12/24	Versión LOGO! De 12/24 V
230	Versión LOGO! De 115...240V
R	Salida de tipo relé
C	Temporizador semanal integrado
DM	Módulo Digital
CM	Módulo de Comunicación
SVG	Supervisor de Voltaje para Grupo Electrónico
SVR	Supervisor de Voltaje para Red Pública.

INDICE DE FIGURAS

Figura II.1:	Conversión de energías de un generador eléctrico	20
Figura II.2:	Generador Sincrónico de armadura estacionaria de 4 polos	22
Figura II.3:	Elementos de un generador AC simple	22
Figura II.4:	Tipos de rotores para generadores	23
Figura II.5:	Generador AC monofásico sencillo	24
Figura II.6:	Principios de Generador AC	25
Figura II.7:	Generador Trifásico AC de dos polos	27
Figura II.8:	Onda Del voltaje Trifásico	28
Figura II.9:	Triángulo de Potencia	29
Figura II.10:	Grupo Electrónico de Emergencia	30
Figura II.11:	Partes del motor de un Grupo Electrónico	31
Figura II.12:	Partes del Alternador AC	33
Figura II.13:	Grupo Electrónico a Gas, industriales	35
Figura II.14:	Grupo Electrónico a Diesel, industriales	36
Figura II.15:	Grupo Electrónico a Gasolina	36
Figura II.16:	Grupo Electrónico mediano de remolque	37
Figura II.17:	Grupo Electrónico encapsulado	37
Figura III.18:	Elementos del Sistema de Transferencia Eléctrica	40
Figura III.19:	Esquema de Transferencia Automática de Energía Eléctrica	41
Figura III.20:	Supervisor de Voltaje Trifásico	44
Figura III.21:	Esquema de conexión del supervisor de voltaje	45
Figura III.22:	Contactador conectado en el circuito de fuerza	46
Figura III.23:	Partes del contactador electromagnético	49
Figura III.24:	Vistas Lateral y Superior de Relés	53
Figura III.25:	Relé de tipo Armadura	54
Figura III.26:	Relé de Núcleo Móvil	55
Figura III.27:	Relé de Lengüeta	55
Figura III.28:	Relé de Estado Sólido	56
Figura III.29:	Relé Electromagnético	56
Figura III.30:	Vista de fusibles cilíndricos	58

Figura III.31: Vista frontal del fusible NH	58
Figura III.32: Interruptor Automático o Breaker	60
Figura III.33: Tipos de Interruptores Termomagnéticos	61
Figura III.34: Partes de un Interruptor Termomagnético	62
Figura III.35: Lámina Bimetálica del Termomagnético	63
Figura III.36: Curva característica de un Termomagnético	64
Figura III.37: Generador eléctrico de Emergencia instalado en WEC	66
Figura III.38: Construcción del circuito de Potencia	68
Figura III.39: Construcción del circuito de Control	69
Figura III.40: Circuito receptor de señales de control	71
Figura III.41: Construcción del circuito de señalización	73
Figura III.42: Montaje del TTA	74
Figura IV.43: Representación Gráfica del PLC	75
Figura IV.44: Constitución Interna del PLC	76
Figura IV.45: Lenguaje Nemónico	78
Figura IV.46: Diagrama de Bloque Funcional	79
Figura IV.47: Lenguaje de Programación en KOP	79
Figura IV.48 Logo! Siemens 12/24 RC	81
Figura IV.49: Partes del Módulo LOGO!	83
Figura IV.50: Conjunto LOGO!-Módulo DM8	83
Figura IV.51: Métodos de Programación para LOGO!	85
Figura IV.52: Icono de acceso directo LOGO! Soft Comfort V6.1	85
Figura IV.53: Ventana de barra de herramientas	86
Figura IV.54: Lista de Funciones Básicas	87
Figura IV.55: Lista de Funciones Especiales	87
Figura IV.56: Lista de Conectores	88
Figura IV.57: Esquema Lógica de Control	89
Figura IV.58: Ventana Programación transferencia automática	91
Figura IV.59: Simulación contactor GENERADOR activado	93
Figura IV.60: Simulación contactor EEQ activado	93
Figura IV.61: Ventana Programación para control Generador	93
Figura IV.62: Simulación de la señal ON	94

Figura IV.63: Simulación de la señal RESET	94
Figura IV.64: Simulación de la señal START	95
Figura IV.65: Simulación de la señal STOP	95
Figura IV.66: Ventana Programación para control Alarmas	95
Figura IV.67: Simulación de la señal de Alarmas	96
Figura V.68: Comprobación de Fases	99
Figura V.69: Vista componentes Interinos TTA	100
Figura V.70: Interruptores del Grupo Electrógeno	101
Figura V.71: Panel Frontal del Grupo Electrógeno	102
Figura V.72: TTA operando en modo automático	103
Figura V.73: Selector S1 en posición Automático	103
Figura V.74: TTA operando en modo manual	103
Figura V.75: Selector S2 en posición OFF	104
Figura V.76: Selector S1 en posición Manual	104
Figura V.77: Selector S2 en posición Manual-Generador	104
Figura V.78: Selector S2 en posición Manual-EEQ	104

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla III.I	Especificaciones Técnicas del supervisor de voltaje.....	45
Tabla III.II	Dimensionamiento de contactores.....	51
Tabla III.III	Selección del tipo de contactor.....	51
Tabla III.IV	Características del generador instalado en edificio WEC....	66
Tabla IV.V	Datos Técnicos LOGO 12/24 RC.....	84
Tabla IV.VI	Datos Técnicos Módulo DM8.....	84
Tabla V.VII	Tiempos establecidos para el Generador	97
Tabla V.VIII	Tiempos establecidos para Transferencias	98
Tabla V.IX	Escenarios de pruebas del TTA	101

INTRODUCCIÓN

Debido a la creciente demanda de la electricidad como vector energético y sirviendo de base para el funcionamiento de muchas máquinas, desde pequeños electrodomésticos hasta sistemas de gran potencia y así mismo de todos los dispositivos eléctricos y electrónicos para el avance de la tecnología actual.

A partir del descubrimiento realizado en 1831 por Michael Faraday, de producir corriente eléctrica por inducción magnética, se ha convertido en una de las formas de energía más importantes para el desarrollo tecnológico debido a su facilidad de generación, distribución y a su gran número de aplicaciones, pues el uso de la energía eléctrica es fundamental para vivir en la sociedad y en la industria, sin ella nuestra vida sería totalmente diferente.

Hoy en día las centrales eléctricas son las que generan energía eléctrica para el uso industrial y doméstico. La energía eléctrica la producen grandes generadores de corriente alterna, estas máquinas convierten la energía mecánica en energía eléctrica con medios electromagnéticos, existen diversos tipos de plantas generadoras de electricidad, entre las más usuales tenemos:

Termoeléctricas, utilizan petróleo y gas natural.

Hidroeléctricas, utilizan embalses de agua

Diesel, utilizan combustible (gas, gasoil, gasolina).

Eólica, utilizan la energía del viento, a través de molinos de viento.

Solar, utilizan la energía solar, a través de paneles solares.

La generación de energía eléctrica trifásica es la forma más común en toda planta eléctrica. La electricidad en forma trifásica es utilizada mayoritariamente en industrias donde muchas de las máquinas funcionan con motores para esta tensión.

Cuando a la energía eléctrica se la utiliza para uso doméstico e industrial, existen ocasiones que por ser la demanda muy grande o por algún motivo existe un corte de energía por parte de una red pública, se hace necesario el uso de máquinas que suplanten este déficit; a este dispositivo se conoce con el nombre de *grupo electrógeno de emergencia*.

El grupo electrógeno es un equipo formado por un generador eléctrico con dispositivos de control y mando, un motor de combustión interno es el encargado de accionar el rotor del generador para de este modo producir corriente alterna en sus devanados.

Hoy en día los procesos de control son síntomas del proceso industrial que estamos viviendo. Estos sistemas se usan típicamente en sustituir un trabajador pasivo que controla un determinado sistema (eléctrico, mecánico, etc.) con una posibilidad nula o casi nula de error y un grado de eficiencia mucho más grande que el de un trabajador. Los sistemas de control más modernos en ingeniería automatizan procesos en base a muchos parámetros y reciben el nombre de Controladores de Automatización Programables (PAC).

Una automatización del sistema de transferencia de energía eléctrica resulta un complemento muy útil para el accionamiento y puesta en marcha del sistema eléctrico auxiliar sin intervención humana, con el objetivo de disponer un suministro continuo de energía eléctrica y reducir el tiempo de paro de producción en la industria.

CAPÍTULO I

MARCO REFERENCIAL

1.1 ANTECEDENTES

Wärtsilä empresa Finlandesa líder en proveer soluciones energéticas en sectores petroleros y marinos en más de 75 países a nivel mundial. Ecuador forma parte del grupo de países que forman parte de esta grande empresa, ubicando en la ciudad de Quito, calles Leonardo Murialdo y Floripondios, las instalaciones del Edificio Wärtsilä Ecuador S.A., donde funcionan sus oficinas y un taller de mantenimiento correctivo, entre los principales trabajos de reparación de máquinas incluyen partes de los motores Vassa 32 y Wärtsilä 32 que se encuentran operando en el sector petrolero del país.

Al momento que ocurre un corte de energía eléctrica en la red pública (E.E.Q.) está expuesta a soportar pérdidas económicas, de potencia, apagones de equipos y máquinas, pérdida de producción, de datos archivados, o incluso de vidas humanas. Cuando se presenta este problema entra en funcionamiento el sistema auxiliar de energía eléctrica que consta de un generador eléctrico de emergencia y un tablero de transferencia.

El tablero de transferencia manual instalado en el edificio consta de un contactor de tres posiciones, que debe ser activado por un operador para que realice el cambio de fuente del suministro de energía eléctrica, al igual que el encendido y paro del generador eléctrico de emergencia.

El tiempo de retardo máximo para que el generador entre en funcionamiento y suplantar a la red externa es 10 minutos, tiempo de duración máximo del equipo UPS instalado en el edificio WEC, el tiempo de demora siempre depende del operador en llegar al sitio donde está instalado el tablero de transferencia y de las condiciones de operación del generador eléctrico de emergencia, por lo que corre el riesgo de permanecer sin energía eléctrica por mucho más tiempo dentro de las instalaciones, ya que los cortes de energía son inesperados y pueden sucederse en cualquier hora del día.

1.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO DE TESIS

Su desarrollo se justifica ya que aprovechando los avances de la electrónica y siendo en la actualidad la automatización industrial una solución para reemplazar procesos de control manual, resulta muy necesario y útil realizar un proceso de transferencia automático para lograr un servicio continuo de energía eléctrica para las instalaciones del edificio WEC Quito, cuando exista un corte de energía eléctrica por parte de una red externa (E.E.Q.).

El sistema de transferencia automática es un equipo que realiza el control permanente del estado de las tres líneas de energía eléctrica y efectuar el cambio, arranque y paro del generador eléctrico de emergencia, cuando exista un corte de energía por parte de una red pública, así mismo detiene el funcionamiento del generador cuando la electricidad regresa, todo esto sin necesidad de intervención de personal.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1 GENERAL.

Automatizar el sistema de transferencia de energía eléctrica entre la red pública y el generador eléctrico de 40 KVA, para el edificio Wärtsilä Ecuador S.A. Utilizando PLC.

1.3.2 ESPECÍFICOS.

- Diseñar y construir el circuito de potencia del TTA, utilizando dos contactores, para realizar la transferencia entre la red pública y el generador eléctrico de emergencia de 40 KVA.
- Diseñar y construir un circuito de control del TTA, utilizando supervisores de voltaje y PLC, para recibir y enviar señales a los contactores y al grupo generador de emergencia de 40 KVA.
- Programar el PLC utilizando software LOGO!Soft Comfort V6.1, para controlar y procesar las señales de entrada y salida del sistema de transferencia, en un tiempo menor al tiempo máximo de duración del UPS de 10 minutos.
- Construir un circuito eléctrico para enviar señales de encendido, arranque y parada, al panel de control del generador eléctrico de emergencia de 40 KVA, utilizando relés, para procesar las señales del PLC.

1.4. HIPOTESIS.

Con la automatización del sistema de transferencia de energía eléctrica, servirá para lograr obtener un servicio continuo de energía eléctrica para el edificio WEC durante las 24 horas del día, por medio del encendido y cambio automático del generador de emergencia en corto tiempo y sin intervención de personal.

CAPÍTULO II

GENERADOR DE CORRIENTE ALTERNA

2.1 DEFINICIÓN

Un generador de corriente eléctrica alterna, es todo dispositivo capaz de mantener una diferencia de potencial eléctrico entre dos de sus puntos (llamados polos, terminales o bornes) transformando la energía mecánica en energía eléctrica.

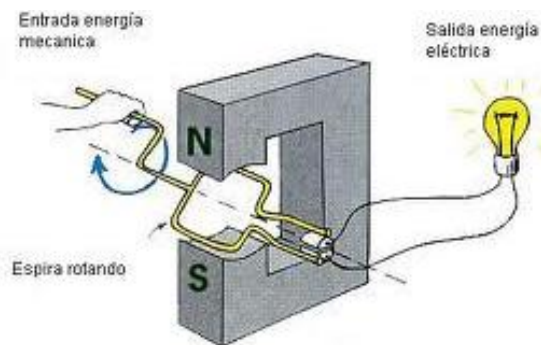


Figura II.1 Conversión de energías de un Generador Eléctrico

Esta transformación se consigue por la acción de inducción electromagnética, este fenómeno consiste en producir una fuerza electromotriz (F.E.M.) en un medio expuesto a un campo magnético variable, o en un medio móvil respecto a un campo magnético estático, es así que cuando dicho medio es un conductor se produce una corriente inducida; la F.E.M. se define como el trabajo que el generador realiza para pasar la unidad de carga positiva del polo negativo al positivo por el interior del generador.

2.2 TIPOS DE GENERADORES DE CORRIENTE ALTERNA

Existen dos tipos de generadores de corriente alterna.

Generador asincrónico o de inducción.- Estas son máquinas cuya corriente de campo se obtienen por inducción magnética en sus devanados de excitación, el proceso como generador requiere que la máquina entregue potencia eléctrica por el estator, la energía ingresa por el eje mecánico, atraviesa el entrehierro y llega al estator para ser suministrada a la respectiva carga.

Las máquinas de inducción funcionan como generador si hay una fuente de potencia reactiva (capacitores estáticos o una máquina sincrónica) disponible en el sistema de potencia. Un generador de inducción aislado presenta graves problemas de regulación de voltaje, pero cuando opera en paralelo con un gran sistema de potencia, éste puede controlar el voltaje de la máquina.

Los generadores de inducción son máquinas pequeñas que se utilizan en fuentes de energía alternativas como molinos de viento o en sistemas de recuperación de energía, casi todos los generadores grandes en uso son generadores sincrónicos. La máquina de inducción es generalmente empleada en la industria cuando trabaja como motor.

Generador sincrónico o alternador: Un generador sincrónico es un dispositivo para convertir potencia mecánica de un motor primario en potencia eléctrica AC de voltajes y frecuencia específicos. El término sincrónico se refiere al hecho de que la frecuencia eléctrica de esta máquina está confinada o sincronizada con su tasa mecánica de rotación del eje.

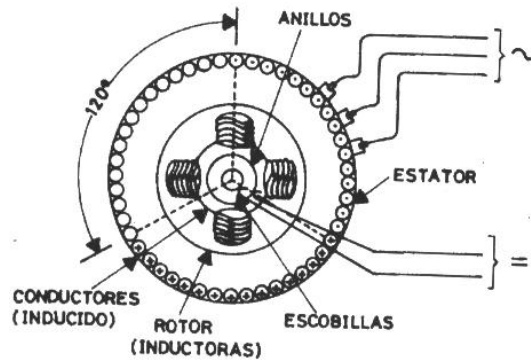


Figura II.2 Generador síncrono de armadura estacionaria de 4 polos

En la Figura II.2, podemos ver que un generador síncrono se le aplica una corriente DC al devanado del rotor, la cual produce un campo magnético. Entonces el rotor del generador gira mediante un motor primario y produce un campo magnético rotacional dentro de la máquina. Este campo magnético rotacional induce un grupo monofásico de voltajes en los devanados del estator del generador.

El generador síncrono se utiliza para producir la gran mayoría de potencia eléctrica utilizada en todo el mundo.

2.3 ELEMENTOS DEL GENERADOR DE CORRIENTE ALTERNA

Un generador de corriente alterna consta de dos partes fundamentales, el inductor, que es el que crea el campo magnético y el inducido que es el conductor el cual es atravesado por las líneas de fuerza de dicho campo.

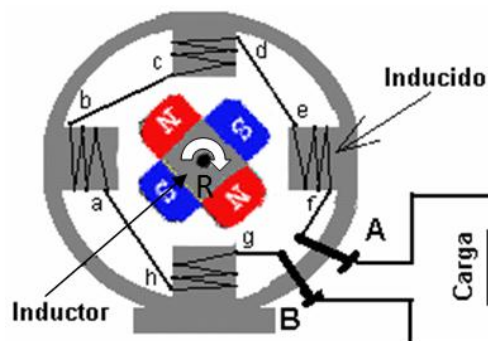


Figura II.3 Elementos de un generador AC simple.

El Inductor.- En la Figura II.3, el inductor está constituido por el rotor (R), dotado de cuatro piezas magnéticas (Norte y Sur), las que son imanes permanentes o electroimanes, cuya polaridad se indica.

En el rotor se encuentran alojadas las bobinas del devanado de campo que inducen el voltaje en el devanado de armadura, en donde se encuentran las bobinas que determinan si el generador es monofásico o trifásico. Desde el punto de vista constructivo, los rotores se construyen del tipo polos salientes para baja velocidad, o rotor de polo cilíndrico para alta velocidad, (Figura II.4)

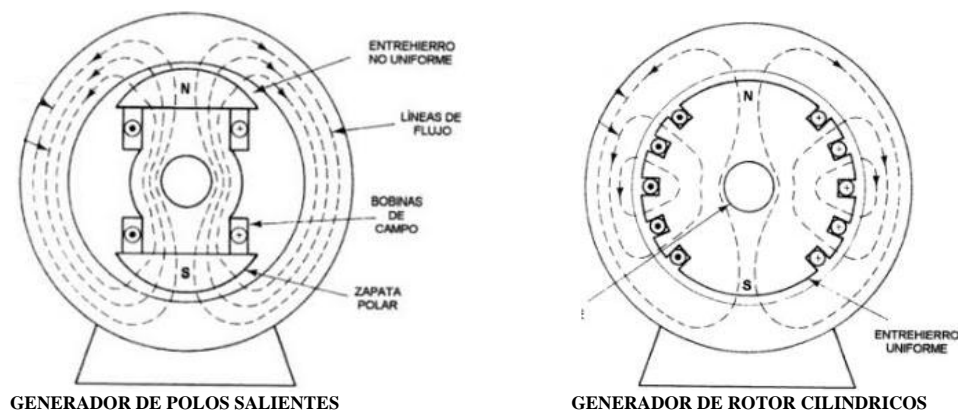


Figura II.4 Tipos de rotores para generadores

El Inducido.- El inducido o estator, está compuesto por bobinas de alambre arrolladas en las zapatas polares. En la Figura II.3, las cuatro bobinas a-b, c-d, e-f y g-h, están arrolladas sobre piezas de hierro (zapatas polares), estas se magnetizan bajo la acción de los imanes del inductor.

Los elementos más importantes del estator de un generador de corriente alterna, son los siguientes:

- Componentes mecánicas.
- Sistema de conexión en estrella.
- Sistema de conexión en delta.

2.4 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE UN GENERADOR A.C.

El funcionamiento del generador de corriente alterna, se basa en el principio general de inducción de voltaje en un conductor en movimiento, cuando atraviesa un campo magnético.

El generador más simple consta de una espira rectangular que gira en un campo magnético uniforme, Figura II.5, al hacer girar una espira de alambre en el interior de las líneas de campo magnético producido por un par de imanes permanentes, se induce (se promueve) una corriente eléctrica la cual circula por la espira, a este fenómeno se lo conoce con el nombre de inducción electromagnética.

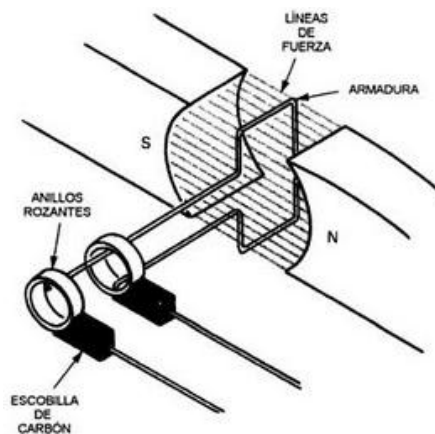


FIGURA II.5. Generador AC monofásico sencillo.

El generador elemental mostrado en la Figura II.5, el campo magnético principal proviene de un par de imanes permanentes. La bobina de la armadura está devanada sobre el rotor, cada extremo de esta bobina está fijo a dos anillos rozantes, y es donde aparece el voltaje generado. Para coleccionar el voltaje generado, se hace con pequeñas piezas metálicas o de carbón llamadas *Escobillas* que se encuentran fuertemente fijadas a los anillos rozantes por medio de resortes.

En la medida que el rotor gira a una velocidad constante, se induce una onda senoidal de voltaje, el valor del voltaje generado dependerá de:

1. La velocidad del rotor, a mayor rapidez el voltaje es mayor.
2. La intensidad del campo magnético, a mayor intensidad de campo, mayor voltaje inducido.
3. La cantidad de vueltas de alambre de las bobinas.

Cuando la armadura de un generador de corriente alterna hace una rotación completa a través del campo magnético, sucede lo siguiente:

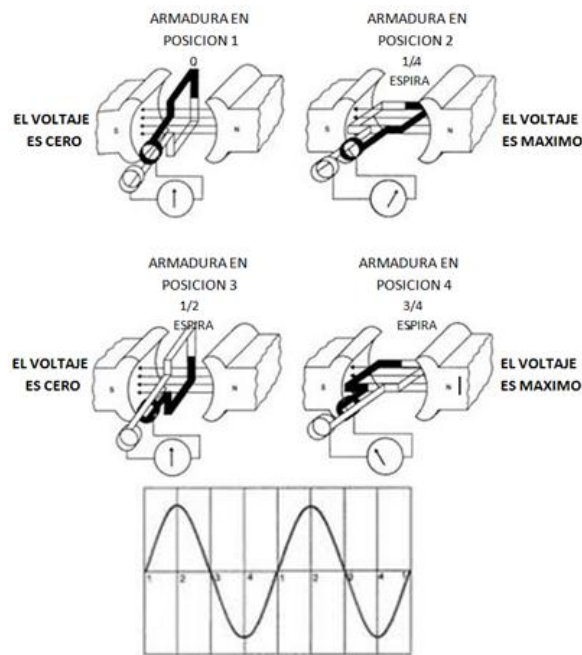


FIGURA II.6. Principios del Generador AC

- En la Figura II.6, cuando la armadura alcanza la posición 2, la espira (armadura) se mueve en forma perpendicular al campo magnético, por lo tanto, corta el máximo número de líneas por segundo.
- Cuando gira la armadura y pasa la posición 2, el voltaje cae cuando ya no está perpendicular al campo magnético.
- Al alcanzar la armadura la posición 3, su movimiento es otra vez paralelo al campo y el voltaje de salida vuelve a cero.
- Cuando la armadura gira de la posición 3 a la 4, el voltaje vuelve a alcanzar el valor máximo.

- Cuando la armadura completa su rotación y pasa la posición 4, el voltaje cae a cero otra vez.

Son estas variaciones de sentido y de intensidad del campo magnético la que inducirá en la bobina una diferencia de potencial (voltaje) que cambia de valor y de polaridad siguiendo el ritmo del campo. Este sistema está basado en la ley de Faraday.

La ley de Faraday manifiesta que. *Si un conductor se mueve a través de un campo magnético, o si está situado en las proximidades de un circuito de conducción fijo cuya intensidad puede variar, se establece o se induce una corriente en el conductor.*

Es decir, la fuerza inducida \mathcal{E} en un circuito es igual al valor negativo de la rapidez con la cual está cambiando el flujo que atraviesa el circuito. La ecuación 1 define esta ley y se puede expresar como:

$$\mathcal{E} = - \frac{d\Phi}{dt}$$

Ecuación 1

Donde: \mathcal{E} : Fuerza electromotriz inducida
 Φ : Flujo magnético

El signo negativo de la expresión indica que la fuerza electromotriz inducida \mathcal{E} , se opone al cambio de flujo magnético $d\Phi$. Este signo negativo se debe a la ley de Lenz.

La ley de Lenz establece que: "*La corriente inducida aparece en un sentido tal que se opone a la causa que la produce*".

El flujo de un campo magnético uniforme a través de un circuito plano viene dado por:

$$\Phi = B \cdot S \cdot \cos \alpha,$$

Ecuación 2

Donde: Φ = Flujo magnético. La unidad en el SI es el weber (Wb).
 B = Inducción magnética. La unidad en el SI es el tesla (T).
 S = Superficie del conductor.
 α = Ángulo que forman el conductor y la dirección del campo.

Si el conductor está en movimiento el valor del flujo será:

$$d\Phi = B \cdot dS \cdot \cos \alpha.$$

Ecuación 3

Si la bobina tiene (N) números de vueltas aparece una F.E.M. en cada vuelta que se puede sumar, es el caso de los solenoides, para estos casos la fuerza electromotriz será calculada con la siguiente expresión:

$$\varepsilon = -n \frac{d\Phi}{dt}$$

Ecuación 4

2.5 GENERADOR TRIFÁSICO DE CORRIENTE ALTERNA

Para un generador trifásico, se deben tener tres bobinas de armadura (Figura II.7) que están desplazadas entre sí 120° (grados), a cada una de las bobinas o grupos de bobinas se los denomina Fase, de manera que se designan las tres fases como: Fase A, Fase B y Fase C.

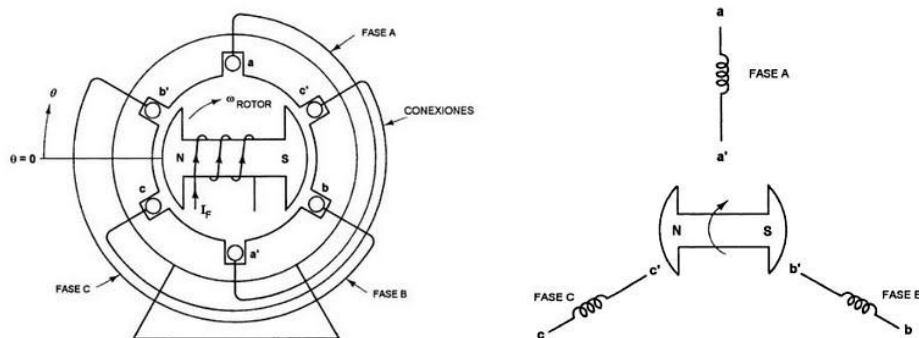


Figura II.7. Generador Trifásico AC de dos polos

La magnitud del voltaje en cada fase se calcula con la siguiente ecuación:

$$E_{\max} = B_m \cdot l \cdot W \cdot r \text{ (volts)}$$

Ecuación 5

Donde:

- B_m: Densidad de flujo máximo producido por el campo del rotor (T)
- l: Longitud de ambos lados de bobina en el campo magnético (m)
- W: Velocidad angular del rotor (= 2π * frecuencia rad/seg)
- r: Radio de la armadura (m).

En la mayoría de aplicaciones industriales se usa el sistema trifásico donde muchas máquinas funcionan con motores para esta tensión, por medio de tres cables conductores (AC) que tienen el mismo voltaje y corriente, pero con un retardo en tiempo o desfase de 120° (grados), entre cada uno de ellos, como se muestra en la Figura II.8.

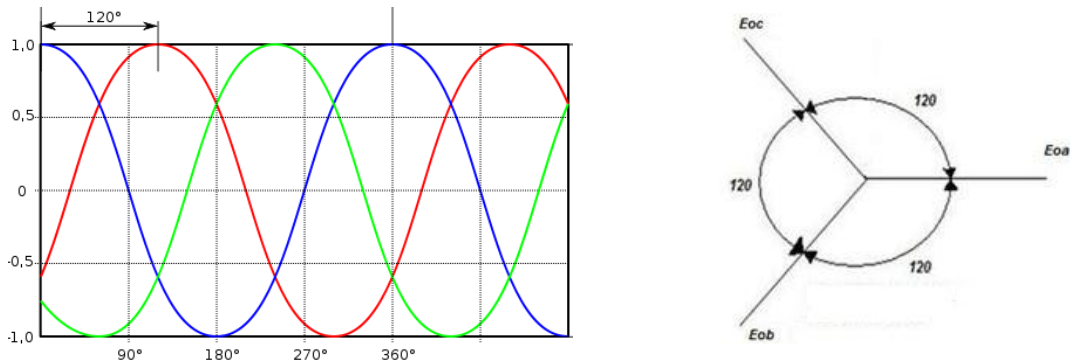


Figura II.8. Onda del voltaje Trifásico.

Existen cuatro posibles interconexiones entre generador y carga:

1. Estrella - Estrella
2. Estrella - Delta
3. Delta - Estrella
4. Delta - Delta

En los circuitos tipo *estrella*, las corrientes de fase y las corrientes de línea son iguales y, cuando el sistema está equilibrado, las tensiones de línea son $\sqrt{3}$ veces mayor que las tensiones de fase y están adelantadas 30° a estos:

$$V_{linea} = \left[\sqrt{3} V_{fase} \right]_{(\phi+30)} \quad \text{Ecuación 6}$$

En los circuitos tipo *triángulo* o *delta*, pasa lo contrario, las tensiones de fase y de línea, son iguales y, cuando el sistema está equilibrado, la corriente de fase es $\sqrt{3}$ veces más pequeña que la corriente de línea y está adelantada 30° a esta:

$$I_{fase} = \left[\frac{I_{linea}}{\sqrt{3}} \right]_{(\phi+30)} \quad \text{Ecuación 7}$$

El sistema trifásico es un tipo particular dentro de los sistemas polifásicos de generación eléctrica, aunque con mucho el más utilizado.

2.6 POTENCIA TRIFÁSICA EN GENERADORES A.C.

La potencia consumida en un circuito de corriente alterna depende del factor de potencia del circuito, lo que significa que un generador de corriente alterna puede alimentar una cantidad moderada de potencia real para una carga y, sin embargo, si el factor de potencia de la carga fuese bajo, la potencia total o aparente que el generador produce realmente puede ser muy grande. En estas condiciones, el generador se puede quemar.

Por esta razón, los generadores de corriente alterna no deben clasificarse según la máxima potencia de consumo permisible de la carga, sino de acuerdo con la potencia aparente máxima que pueden pasar, expresando la capacidad en VA (voltamperes).

La representación matemática de la potencia activa en un sistema trifásico equilibrado está dada por las siguientes ecuaciones:



Figura II.9. Triángulo de Potencia

Potencia Activa: $P_{3\phi} = \sqrt{3} \cdot I \cdot V \cdot \cos\Phi$ [W] **Ecuación 8**

Potencia Reactiva: $Q_{3\phi} = \sqrt{3} \cdot I \cdot V \cdot \sen\Phi$ [VAR] **Ecuación 9**

Potencia Aparente: $S_{3\phi} = \sqrt{3} \cdot I \cdot V$ [VA] **Ecuación 10**

Relación entre Potencias: $S^2 = P^2 + Q^2$ **Ecuación 11**

2.7 GRUPO ELECTRÓGENO DE EMERGENCIA

Un grupo electrógeno como el de la Figura II.10, es una máquina que mueve un generador de energía eléctrica a través de un motor de combustión interna. Son comúnmente utilizados cuando hay déficit en la generación de energía eléctrica de algún lugar, o cuando son frecuentes los cortes en el suministro eléctrico de la red pública y necesiten de otra fuente de energía alterna para abastecerse en caso de emergencia para no parar la producción.



Figura II.10. Grupo Electrónico de Emergencia

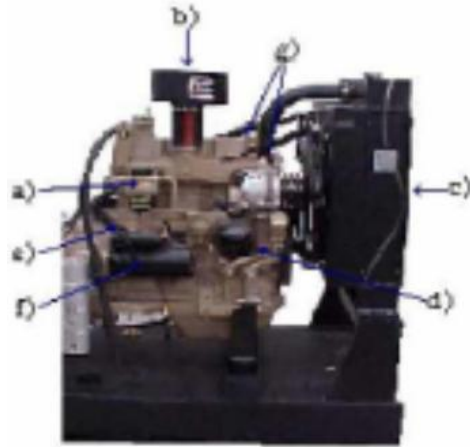
2.7.1 PARTES DE UN GRUPO ELECTROGENO

Los grupos electrógenos están compuestos principalmente de:

- 1.- Un motor de combustión interna.
- 2.- Un generador de corriente alterna.
- 3.- Un circuito de control de arranque y paro.
- 4.- Instrumentos de medición
- 5.- Control electrónico basado en un microprocesador
- 6.- Tanque de combustible
- 7.- Regulador de velocidad
- 8.- Silenciador

1.- Motor de combustión interna. El motor representa la fuente de energía mecánica para que el alternador gire y genere electricidad. Existe dos tipos de motores: motores de gasolina y de gasoil (diesel). Generalmente los motores diesel son los más utilizados en los grupos electrógenos por sus prestaciones mecánicas, ecológicas y económicas.

El motor de combustión interna se puede observar en la Figura II.11, está compuesto de varios sistemas que son:



- a) Sistema de combustible.
- b) Sistema de admisión de aire.
- c) Sistema de enfriamiento.
- d) Sistema de lubricación.
- e) Sistema eléctrico.
- f) Sistema de arranque.
- g) Sistema de protección.

Figura II.11. Partes del motor de un Grupo Electrónico

- a) **Sistema de combustible.**- El sistema de combustible debe ser capaz de entregar un suministro de combustible limpio y continuo, y debe estar respaldado por un depósito de combustible de acuerdo a la potencia del grupo electrónico, además se sugiere tener un depósito de uso diario y uno de mayor capacidad para evitar paros por falta de combustible.
- b) **Sistema de admisión de aire.**- El aire admitido por el motor debe ser aire limpio y frío, este es aspirado de la zona que rodea el grupo a través del filtro de aire del motor. En casos especiales donde el polvo o calor se encuentran cerca de la entrada de aire, se debe instalar una conducción de aire externa la cual viene de afuera con aire limpio y fresco.
- c) **Sistema de enfriamiento.**- El sistema de enfriamiento del motor consta de un radiador, termostato y un ventilador de acuerdo a la capacidad de enfriamiento requerida. La función del radiador es, intercambiar el calor producido por el motor al hacer pasar aire forzado a través de él. El ventilador es el que fuerza el aire a través del radiador el cual es movido, por el cigüeñal o por un motor eléctrico en algunos casos. El termostato es el que se encarga de que el motor trabaje en un rango de temperatura óptima para un buen desempeño abriendo y cerrando, según los rangos de temperatura.

d) Sistema de Lubricación.- Este sistema se encarga de mantener lubricadas todas las partes móviles del motor, a sí mismo sirve como medio refrigerante. La función es crear una película de aceite lubricante, en las partes móviles, evitando el contacto metal con metal. Consta básicamente de:

- Bomba de circulación de aceite
- Válvula reguladora de presión
- Filtro de aceite
- Conductos externos e internos para circular el aceite

e) Sistema Eléctrico.- El sistema eléctrico del motor es de 12 ó 24 VDC con el negativo a masa y dependiendo del tamaño del grupo este puede contener uno o dos motores de arranque, cuenta con un alternador para cargar la batería autoexcitado, autorregulado y sin escobillas.

El alternador es accionado por el cigüeñal a través de una transmisión flexible (banda-polea), teniendo como finalidad recargar la batería cuando el grupo electrógeno se encuentra en operación, sus principales componentes son:

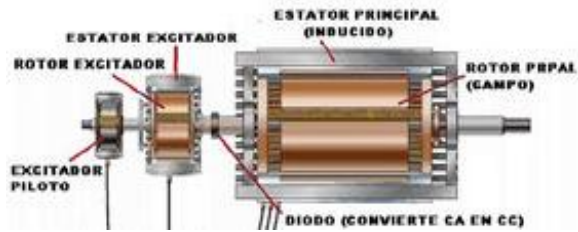
- Rotor (piezas polares)
- Estator (inducido)
- Carcaza
- Puente rectificador (puente de diodos)

f) Sistema de arranque.- Puesto que el motor de combustión interna no es capaz de arrancar por sí solo, debido a que se requiere vencer el estado de reposo en que se encuentra el motor de combustión interna, se requiere de un motor de arranque el cual puede ser cualquiera de los siguientes tipos.

- Motor de arranque eléctrico.
- Motor de arranque neumático.

Es muy importante tener en buen estado las baterías, ya que este tipo de motores demandan una cantidad muy elevada de corriente en el arranque.

2.- Generador de corriente alterna. El generador sincrónico de corriente alterna, está compuesto por las siguientes partes, como se muestra en la Figura II.12.



Inductor principal.

Inducido principal.

Inductor de la excitatriz.

Inducido de la excitatriz.

Puente rectificador trifásico rotativo.

Regulador de voltaje estático.

Caja de conexiones.

Figura II.12. Partes del Alternador A.C.

3.- Circuito de control de arranque y paro. El circuito del motor de arranque y protecciones de la máquina consta de las siguientes funciones:

a) Retardo al inicio del arranque (entrada de marcha):

- Retardo programable (3 y 5 intentos).
- Periodo de estabilización del genset.

b) El control monitorea las siguientes fallas:

Largo arranque, baja presión de aceite, alta temperatura, sobre y baja velocidad, no-generación, sobrecarga, bajo nivel de combustible, nivel de refrigerante, paro de emergencia y cuenta con algunos casos de entradas y salidas programables dependiendo del control que se use.

c) Solenoide de la máquina:

- Solenoide auxiliar de arranque (4x).
- Válvula de combustible.

d) Fusibles: Para la protección del control y medición.

e) Cuenta con indicador de fallas el cual puede ser:

- Alarma audible
- Mensaje desplegado en el display
- Indicador luminoso (tipo incandescente o led)

4.- Instrumentos de Medición. Los instrumentos de medición que se instalan normalmente en los genset son los siguientes:

- Voltímetro de A.C. con su conmutador.
- Amperímetro de A.C. con su conmutador.
- Frecuencímetro digital integrado en el controlador
- Horómetro digital integrado en el controlador

5.- Control Electrónico.- Controla las operaciones del grupo electrógeno, además lo protege contra fallos en el funcionamiento, a través de un microcontrolador programado de fabricación.

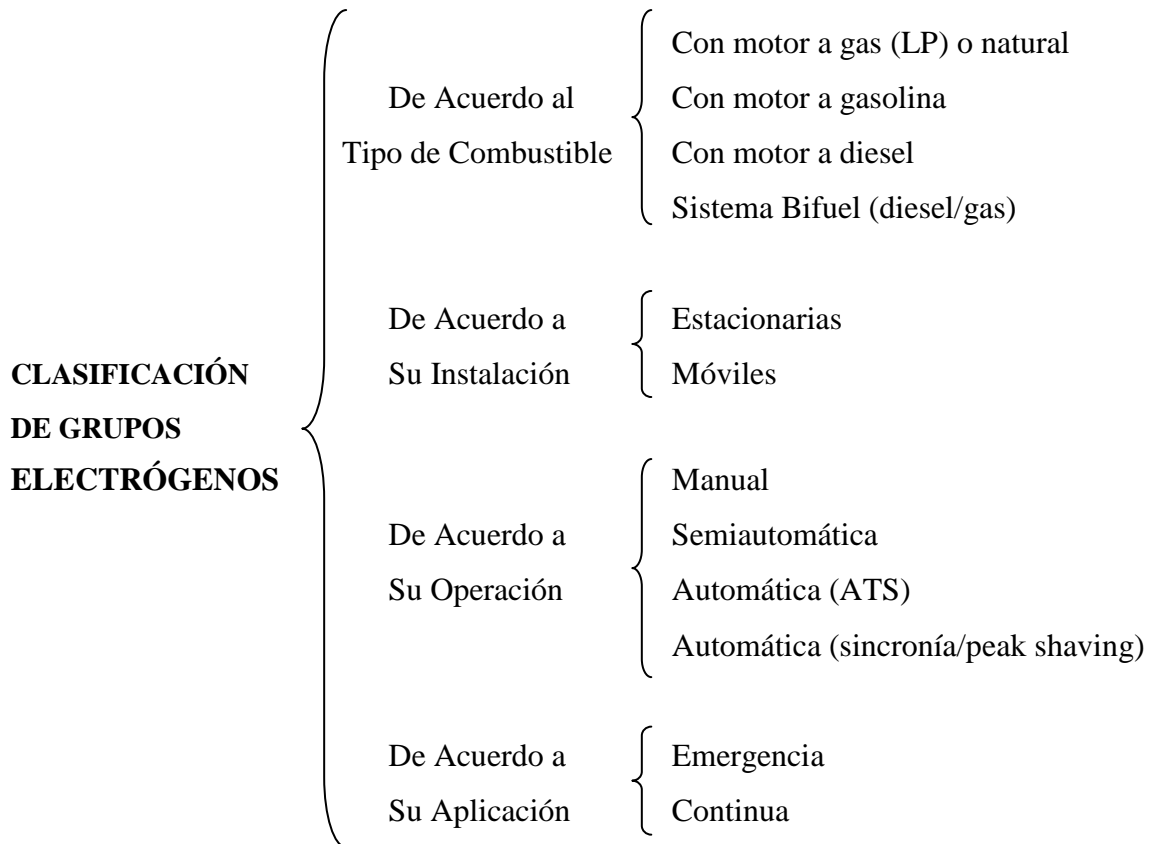
6.- Silenciador. Todos los grupos electrógenos emiten ruidos debido al tubo de escape, al motor y al flujo de aire, el silenciador permite reducir la emisión de ruidos producidos, algunos grupos electrógenos pueden llevar cubiertas que absorben el ruido en exceso.

7.- Tanque de Combustible. El motor y el alternador están acoplados y montados sobre una bancada de acero de gran resistencia. La bancada incluye un depósito de combustible con una capacidad mínima de 8 horas de funcionamiento a plena carga.

8.- Regulador de Velocidad. El regulador del motor es un dispositivo mecánico diseñado para mantener una velocidad constante del motor con relación a los requisitos de carga. La velocidad del motor está directamente relacionada con la frecuencia de salida del alternador, por lo que cualquier variación de la velocidad del motor afectará a la frecuencia de la potencia de salida.

2.7.2 CLASIFICACIÓN DE GRUPOS ELECTRÓGENOS

Los Grupos electrógenos se clasifican de la siguiente manera:



Grupos electrógenos a gas, industriales



Figura II.13. Grupo Electrónico a Gas, industriales

Son grupos con sistemas de combustible que usan tanto gas natural, como propano, su rango de potencia puede ir desde los 10Kw. hasta 2,5Mw., un ejemplo de este tipo de generador se observa en la figura II.13.

Grupos electrógenos diesel industriales y duales



Figura II.14. Grupo Electrónico Diesel industriales

Estos son los sistemas de emergencia más usados en aplicaciones de potencia continua el cual puede ir en un rango de 5Kw. hasta 2.5Mw., están equipados con motores diesel, además poseen un sistema de control de velocidad de rotación de manera que en caso de variación de la carga no se produzcan variaciones en la frecuencia.

Generalmente son equipos estacionarios que deben instalarse en locales específicamente habilitados para este fin, pues de esta manera se aislará los ruidos y las vibraciones que este produce., un ejemplo de este tipo de generador se observa en la figura II.14.

Grupos electrógenos a gasolina



Figura II.15. Grupo Electrónico a Gasolina

Son grupos electrógenos de baja potencia que se accionan con motores Otto, estos e equipos se fabrican en forma de un bloque integrado de manera que todos los

componentes queden contenidos en un módulo con forma de paralelepípedo. Este tipo de grupo electrógeno funciona con gasolina, son del tipo portátil y su rango de potencia puede ir hasta 10Kw, un ejemplo de este tipo de generador se observa en la figura II.15.

Grupos electrógenos móviles



Figura II.16. Grupo Electrónico mediano de remolque.

Son equipos de potencia superior a los grupos electrógenos que funcionan a gasolina; regularmente se accionan con motores diesel y se caracterizan por que se los puede montar sobre trineos, remolques, o en casos mayores dentro de contenedores, un ejemplo de este tipo de generador se observa en la figura II.16.

Grupos electrógenos encapsulados e insonorizados



Figura II.17. Grupo Electrónico encapsulado.

Son equipos fabricados con encapsulados solo de protección o acústicos para reducir los niveles de ruido, un ejemplo de este tipo de generador se observa en la figura II.17

2.7.3 ARRANQUE AUTOMÁTICO DEL GRUPO ELECTRÓGENO

Los grupos electrógenos pueden tener distintos tipos de arranque, como son: arranque manual, arranque eléctrico y arranque con control remoto.

- ARRANQUE MANUAL
- ARRANQUE ELECTRICO
- ARRANQUE REMOTO

El arranque manual se produce a voluntad, esto quiere decir que cuando se necesita disponer de la electricidad generada por el grupo electrógeno se lo arranque de forma manual por un operador. Generalmente el accionamiento del arranque automático se suele realizar mediante un pulsador de arranque de una centralina o centralilla electrónica con todas las funciones de vigilancia. Cuando se produzca un calentamiento del motor, cuando falte combustible o cuando la presión de aceite del motor sea muy baja, la centralita lo detectará parando el motor automáticamente.

Existen centrales automáticas que funcionan tanto en modo manual o automático; estas centralitas o cuadros electrónicos detectan un fallo en la red de suministro eléctrico, obligando el arranque inmediato del grupo electrógeno. Normalmente en los grupos automáticos se instalan cajas predisuestas que contienen básicamente un relé de paro y otro de arranque, además de tener instalados en el conector todos los sensores de alarma y reloj de los que disponga el grupo electrógeno.

CAPÍTULO III

SISTEMA AUTOMÁTICO DE CONTROL

3.1 DEFINICIÓN

Un sistema automático de control es un conjunto de componentes físicos conectados o relacionados entre sí, de manera que regulen o dirijan su actuación por sí mismos, es decir, sin intervención humana. En la actualidad los sistemas automáticos juegan un gran papel en muchos campos, mejorando nuestra calidad de vida.

Todo sistema o planta industrial presenta una parte actuadora, que corresponde al sistema físico que realiza la acción, y otra parte de mando o control, que genera las órdenes necesarias para que esa acción se lleve o no a cabo.

Los sistemas de control deben cumplir los siguientes objetivos:

1. Ser estables y robustos frente a perturbaciones y errores en los modelos.
2. Ser eficiente según un criterio preestablecido evitando comportamientos bruscos e irreales.

3.2 SISTEMA DE TRANSFERENCIA DE ENERGÍA ELÉCTRICA

El sistema de transferencia de energía eléctrica se muestra en la figura III.18, y está compuesto por los siguientes elementos:

- Una red eléctrica externa pública
- Un Generador eléctrico de emergencia.
- Un tablero de transferencia (Manual o Automático)
- Cargas Eléctricas (Edificio, Hospitales, Fábricas, etc)

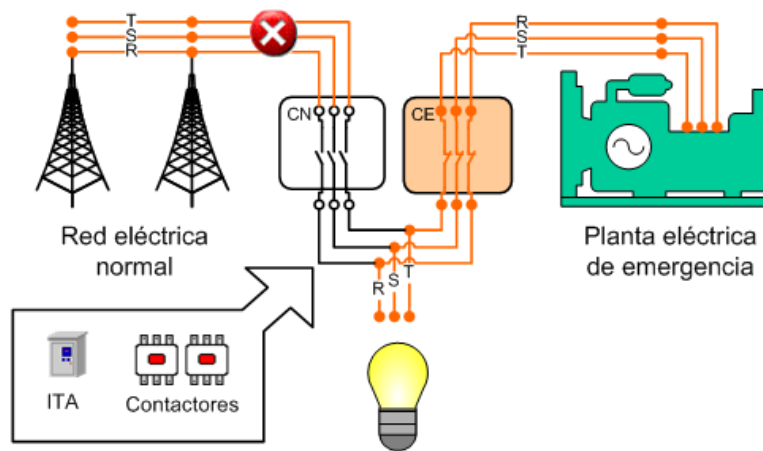


Figura III.18. Elementos del Sistema de Transferencia Eléctrica

El sistema de transferencia eléctrica es utilizado cuando se requiere un suministro continuo de energía eléctrica, donde la continuidad de la misma es fundamental, cuando son frecuentes los cortes en el suministro eléctrico de una red pública.

En la actualidad son muchas las empresas que deciden instalar un sistema auxiliar de energía eléctrica por tres motivos generales:

- No hay red eléctrica disponible.
- No llega suficiente potencia de la red eléctrica como para cubrir las necesidades.
- Para protegerse frente a la posibilidad de pérdidas periódicas o habituales de potencia de la red eléctrica pública que pueden ocasionar, pérdidas económicas, de potencia, de luz, apagado de equipos informáticos, apagado de equipos de mantenimiento de las constantes vitales, pérdida de producción, de datos archivados y de productos, o incluso de vidas humanas.

3.3 TRANSFERENCIA AUTOMÁTICA DE ENERGÍA ELÉCTRICA

La transferencia automática de energía eléctrica, es un sistema que consiste en poner en marcha un grupo electrógeno de emergencia y realizar el cambio o transferencia entre las redes de suministro de energía eléctrica en forma automática sin intervención humana, cuando se produzca una interrupción del servicio de electricidad de la red principal a consecuencia de algún fallo. Este automatismo se puede realizar por medio de un controlador lógico programable (PLC).

Una transferencia automática resulta un complemento muy útil para un grupo electrógeno de emergencia, en aquellos casos en que se necesite un suministro de energía constante, la operación en modo automático brinda la comodidad y tranquilidad al momento de una falla en la red externa de energía.

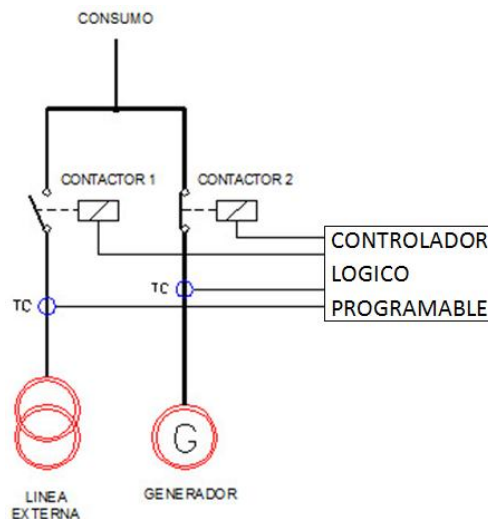


Figura III.19. Esquema de Transferencia Automática de Energía Eléctrica

La automatización del sistema de transferencia de energía eléctrica realiza la siguiente serie de acciones cronológicamente ante una falla eléctrica, en función de poner en marcha el grupo electrógeno:

1.- Comportamiento frente a una falla de energía externa: La unidad se encuentra supervisando la presencia de las tres fases de voltaje de entrada en modo permanente y permanece a la espera de una falla eléctrica.

2.- Arranque de motor: Pone en contacto el grupo electrógeno en forma automática, operación que se verifica con el encendido de la luz indicadora de contacto ON, seguidamente energiza el motor de arranque, encendiendo la luz del indicador arranque START y una vez establecido, quita la energía al arranque. Esta operación se verifica con el apagado de la luz correspondiente. A partir de este momento, espera el tiempo programado para precalentamiento del motor (programable de 0 a 256 segundos).

3 - Transferencia de cargas: Una vez superado el tiempo de precalentamiento, inicia la transferencia, habiendo anteriormente desconectado ya el contactor de red, procede a conectar el contactor del grupo electrógeno.

4 - Espera de normalización de red externa: Una vez terminada la rutina de transferencia de cargas, queda en espera del retorno de la red externa y controlando permanentemente el normal funcionamiento del grupo generador.

5 – Reconexión a red externa: Cuando se detecta el retorno de red externa, la unidad esperará que la misma se mantenga normal por un periodo programable de 0 a 255 segundos. Superado tal tiempo se producirá el paso a la rutina de reconexión a red externa.

6 - Finalización de maniobra de reconexión a red externa: Una vez devuelta la carga a Red Externa, se esperará el tiempo programado de apagado del motor (tiempo variable de 0 a 255 segundos), útil por ejemplo para permitir una baja de temperatura del motor por encontrarse sin carga antes de apagarlo. Luego de este tiempo se quitará el contacto al grupo finalizando así el ciclo de transferencia por falla en el suministro de la Red Externa.

Una vez apagado el grupo normalmente, el sistema permanecerá en alerta para una nueva llamada de transferencia. La transferencia automática de energía eléctrica, es aplicable a todo tipo de sistema eléctrico, permite además operar como protección en sistemas trifásicos y monofásicos.

Aprovechando los avances de la electrónica y de la automatización, se puede desarrollar TTA con mayor eficiencia y confiabilidad, de las siguientes características:

SENCILLAS.- Con la configuración de Red – Planta, se construyen con un par de contactores o suiche doblero.

MÚLTIPLES.- Con la configuración de Red – Planta, Planta – Planta y Red 1 - Red 2 – Planta, se construyen con más de 2 contactores o suiches doblero

La unidad de transferencia de energía eléctrica puede ser cualquiera de las que se mencionan a continuación, según la capacidad del genset:

- Contactores electromagnéticos
- Interruptores termomagnéticos
- Interruptores electromagnéticos

Por motivos de seguridad del sistema de transferencia de redes, se utilizan enclavamientos eléctrico, electrónico ó mecánico, con el objetivo de asegurar que nunca se activen los dos contactores que suministran energía eléctrica al mismo tiempo, lo que puede provocar grandes daños al sistema eléctrico conectado.

3.4 DISEÑO DE CIRCUITOS

Los problemas considerados en la ingeniería de los sistemas de control, básicamente se tratan mediante dos pasos fundamentales como son:

1. El análisis.
2. El diseño.

En el análisis se investiga las características de un sistema existente. Mientras que en el diseño se escogen los componentes para crear un sistema de control que posteriormente ejecute una tarea particular.

Los circuitos de automatismos se separan en dos grandes bloques que son el circuito de mando y el circuito de potencia.

3.4.1 CIRCUITO DE CONTROL O DE MANDO.

Los circuitos de mando realmente son un manejo de los circuitos de potencia pero a distancia, esta circunstancia evitará que los operarios que controlan un proceso tengan que efectuar desplazamientos innecesarios y el sistema de transferencia entre en funcionamiento rápidamente sin pérdidas de tiempo.

En el circuito de mando se representa la lógica cableada del automatismo mediante cables conductores y en él se incluirán los equipos que por un lado reciben la información de los distintos elementos de captación de señales.

Los elementos básicos de un circuito de control son:

- Actuador
- Protecciones
- Controles automáticos
- Controles Manuales
- Indicadores

3.4.2 COMPONENTES ELÉCTRICOS DE CONTROL

3.4.2.1 Supervisor de voltaje.- El supervisor trifásico se muestra en la Figura III.20, es un dispositivo electrónico construido con base a un microcontrolador, utilizado para la protección de motores y cargas trifásicas contra los efectos producidos por fallas o perturbaciones en el suministro de la energía eléctrica.



Figura III.20. Supervisor de voltaje Trifásico

Características:

- Supervisor trifásico con microcontrolador
- Señalización de fallas s través de indicadores luminosos
- Protección contra:
 - Alto/bajo voltaje.
 - Desbalance de fases.
 - Pérdida de una fase.
 - Secuencia invertida.
- Ajustes manuales con escala numérica: mínimo voltaje, máximo voltaje.

Especificaciones técnicas:

Voltaje de operación según modelo	117,208/220,380 y 440/480
Frecuencia de operación	60 Hz
Ajuste de voltaje mínimo permitido	
Ajuste de voltaje máximo permitido	100 % al +30% V_n
Desbalance de voltaje	8 % fijo
Exactitud de la escala	
Ajuste del tiempo de conexión	5 a 300 seg.
Ajuste del tiempo de desconexión	0,5 a 5 seg.
Modo de operación	Automático
Capacidad de salida	SPDT; 3,5 A @ 250 Vac y 1,5 A@480 Vac
Número de operaciones eléctricas	100,000
Terminales	Bornera
Temperatura de operación	
Humedad relativa máxima	85%
Medidas	124 x 91 x 42 mm
Peso	225 grs.
Material de la carcasa	ABS

Tabla III.I. Especificaciones técnicas del supervisor de voltaje

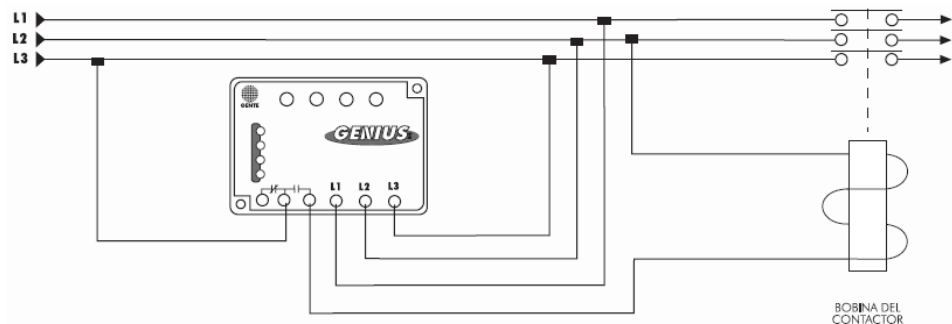
Esquema de conexión:

Figura III.21. Esquema de conexión del supervisor de voltaje

3.4.3 CIRCUITO DE FUERZA O DE POTENCIA.

Los circuitos de potencia son aquellos elementos que hacen de alguna manera el trabajo duro, puesto que son los encargados de ejecutar las órdenes dictaminadas por el circuito de mando.

Este tipo de circuito se caracteriza sobre todo por trabajar a tensiones superiores: 230 voltios, 400 voltios y más, en corriente alterna principalmente.

Para el control, transporte y aprovechamiento de la energía eléctrica existen muchos dispositivos eléctricos, electrónicos y electromecánicos, que actúan sobre el flujo de la energía, conectando, desconectando y regulando las cargas eléctricas. Los más comunes son los interruptores, conmutadores y relés.

3.4.4 COMPONENTES ELÉCTRICOS DE POTENCIA.

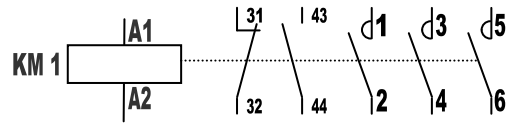
3.4.4.1 CONTACTORES



Figura III.22. Contactor conectado en un circuito de fuerza

Un contactor como en la figura anterior, es un componente electromecánico que tiene por objetivo establecer o interrumpir el paso de corriente, ya sea en el circuito de potencia o en el circuito de mando, tan pronto se energice la bobina (en el caso de ser contactores instantáneos).

Simbología: En los esquemas eléctricos, su simbología se establece con las letras KM seguidas de un número de orden.



A cada elemento se le conoce como:

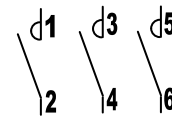
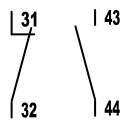
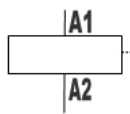
Bobina

Contactos auxiliares de mando

Contactos de potencia

(1 NC, 1 NA)

(con designación especial)



Funcionamiento: Tienen dos posiciones de funcionamiento: una estable o de reposo, cuando no recibe acción alguna por parte del circuito de mando, y otra inestable, cuando actúa dicha acción. Este tipo de funcionamiento se llama de "todo o nada".

Los contactos principales se conectan al circuito que se quiere gobernar. Asegurando el establecimiento y cortes de las corrientes principales y según el número de vías de paso de corriente podrá ser bipolar, tripolar, tetrapolar, etc. realizándose las maniobras simultáneamente en todas las vías.

Los contactos auxiliares son de dos clases, abiertos (NA) y cerrados (NC). Estos forman parte del circuito auxiliar del contactor y aseguran las autoalimentaciones, los mandos, enclavamientos de contactos y señalizaciones en los equipos de automatismo.

Cuando la bobina del contactor queda excitada por la circulación de la corriente, esta mueve el núcleo en su interior y arrastra los contactos principales y auxiliares, estableciendo a través de los polos, el circuito entre la red y el receptor. Cuando la bobina deja de ser alimentada, abre los contactos por efecto del resorte de presión de los polos y del resorte de retorno de la armadura móvil.

3.4.4.1.1 CLASIFICACIÓN DE LOS CONTACTORES

Podemos clasificar a los contactores de la siguiente manera:

a) Por su construcción:

Contactores electromagnéticos.- Su accionamiento se realiza a través de un electroimán.

Contactores electromecánicos.- Se accionan con ayuda de medios mecánicos.

Contactores neumáticos.-Se accionan mediante la presión de aire.

Contactores hidráulicos.- Se accionan por la presión de aceite.

Contactores estáticos.- Estos contactores se construyen a base de tiristores. Su dimensionamiento debe ser muy superior a lo necesario, la potencia disipada es muy grande, son muy sensibles a los parásitos internos y tiene una corriente de fuga importante además su costo es muy superior al de un contactor electromecánico equivalente.

b) Por el tipo de corriente que alimenta a la bobina:

Contactores para corriente alterna

Contactores para corriente continua

c) Por la categoría de servicio:

AC1 ($\cos \varphi > 0,9$).- Para cargas puramente resistivas, no inductivas (NO MOTORES), son para condiciones de servicio ligeros de cargas, hornos de resistencia, iluminación, calefacciones eléctricas, etc.

AC2 ($\cos \varphi = 0,6$).- Son utilizados para motores síncronos (de anillos rozantes) para mezcladoras, centrífugas, etc.

AC3 ($\cos \varphi = 0,3$).- Son para cargas puramente inductivas como son los motores asíncronos (rotor jaula de ardilla) en servicio continuo, compresores, ventiladores, etc.

AC4 ($\cos \varphi = 0,3$): Son utilizados para motores asíncronos (rotor jaula de ardilla) en servicio intermitente para grúas, ascensores, etc.

3.4.4.1.2 CONTACTORES ELECTROMAGNÉTICOS

El contactor electromagnético se compone de un circuito magnético y de una bobina, su forma varía en función del tipo de contactor y puede eventualmente diferir según sea la naturaleza de la corriente de alimentación alterna o continua.

El contactor está diseñado para trabajar como interruptor automático, con corrientes y tensiones elevadas.

3.4.4.1.2.1 PARTES DEL CONTACTOR ELECTROMAGNÉTICO

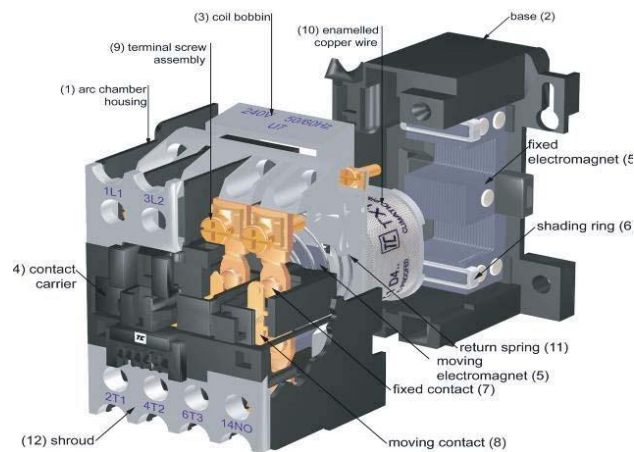


Figura III.23. Partes del contactor electromagnético

Carcasa.- Es la presentación visual del contactor, fabricado en material no conductor que posee rigidez y soporta el calor no extremo, sobre el cual se fijan todos los componentes conductores al contactor.

Electroimán.- Es el elemento motor del contactor, compuesto por una serie de dispositivos, los más importantes son el circuito magnético y la bobina; su finalidad es transformar la energía eléctrica en magnetismo, generando así un campo magnético muy intenso, que provocará un movimiento mecánico.

Bobina. Es un arrollamiento de cable de cobre con un gran número de espiras, que al aplicarse una tensión genera un campo magnético. Su tensión de alimentación puede ser de 12, 24 y 220V de corriente alterna, siendo la de 220V la más usual.

Núcleo.- Es una parte metálica de material ferromagnético, generalmente en forma de E que va fijo en la carcasa. Su función es concentrar y aumentar el flujo magnético que genera la bobina (colocada en la columna central del núcleo) para atraer con mayor eficiencia la armadura.

Espira de sombra.- Forma parte del circuito magnético, situado en el núcleo de la bobina, y su misión es crear un flujo magnético auxiliar desfasado 120° con respecto al flujo principal, capaz de mantener la armadura atraída por el núcleo evitando así ruidos y vibraciones.

Armadura.- Elemento móvil, cuya construcción es similar a la del núcleo, pero sin espiras de sombra. Su función es cerrar el circuito magnético una vez energizada la bobina, ya que debe estar separado del núcleo, por acción de un muelle. Este espacio de separación se denomina cota de llamada.

Contactos.- Son elementos conductores que tienen por objeto establecer o interrumpir el paso de corriente en cuanto la bobina se energice. Todo contacto está compuesto por tres conjuntos de elementos:

- **Contactos principales.** Su función es abrir y cerrar el circuito de potencia, consiguiendo así que la corriente se transporte desde la red a la carga
- **Contactos auxiliares.** Son los encargados de abrir y cerrar el paso de la corriente a las bobinas de los contactores o los elementos de señalización, por los cual están dimensionados únicamente para intensidades muy pequeñas. Los tipos más comunes son:
 - *Instantáneos:* Actúan tan pronto se energiza la bobina del contactor, se encargan de abrir y cerrar el circuito.
 - *Temporizados:* Actúan transcurrido un tiempo determinado desde que se energiza la bobina (temporizados a la conexión) o desde que se desenergiza la bobina (temporizados a la desconexión).
 - *De apertura lenta:* El desplazamiento y la velocidad del contacto móvil es igual al de la armadura.

- *De apertura positiva:* Los contactos cerrados y abiertos no pueden coincidir cerrados en ningún momento.

Resorte.- Es un muelle encargado de devolver los contactos a su posición de reposo una vez cesa el campo magnético producido por la bobina.

3.4.4.1.3 DIMENSIONAMIENTO DE CONTACTORES

Es necesario conocer las siguientes características del receptor:

- 1.- La tensión nominal de funcionamiento, en voltios (V).
- 2.- La corriente de servicio (I_e) que consume, en amperios (A).

Potencia Mecánica (Kw)	Corriente de servicio (I_e) [A].	
	220 V	380 V
0,75	3	2
1,1	4	2,5
1,5	6	3,5
2,2	8,5	5
3	11	6,5
4	14,5	8,5
5,5	18	11,5
7,5	25	15,5
10	35	21
11	39	23
15	51	30
22	73,5	44

Tabla III.II. Dimensionamiento de contactores

- 3.- La naturaleza y la utilización del receptor, o sea, su categoría de servicio.

Categoría de servicio	I_c / I_e	Factor de potencia
AC1	1	0,95
AC2	2,5	0,65
ACE	1	0,35
AC4	6	0,35

Tabla III.III. Selección del tipo de contactor

4.- La corriente cortada (I_c), que depende del tipo de categoría de servicio y se obtiene a partir de la corriente de servicio (I_e), amperios (A).

3.4.4.1.4 SELECCIÓN DE UN CONTACTOR

Los pasos a seguir para la elección de un contactor son los siguientes:

- 1.- Obtener la corriente de servicio (I_e) que consume el receptor.
- 2.- A partir del tipo de receptor, obtener la categoría de servicio.
- 3.- A partir de la categoría de servicio elegida, obtener la corriente cortada (I_c) con la que se obtendrá el calibre del contador.

La corriente de servicio se obtiene aplicando la expresión de la potencia en circuito trifásico:

$$I_c = P / \sqrt{3} * V * \cos \Phi$$

Ecuación 12

Debemos tener en cuenta algunos parámetros al momento de seleccionar un contactor:

1. El tipo de corriente, la tensión de alimentación de la bobina y la frecuencia.
2. La potencia nominal de la carga.
3. Si es para el circuito de potencia o de mando y el número de contactos auxiliares que necesita.
4. Para trabajos silenciosos o con frecuencias de maniobra muy altas es recomendable el uso de contactores estáticos o de estado sólido.

3.4.4.2 RELÉS

El relé (relay) de la Figura III.24, es un dispositivo electromecánico, que funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que, por medio de un electroimán, se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes.

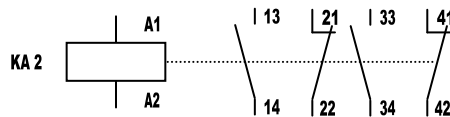


Figura III.24. Vistas lateral y superior de relés

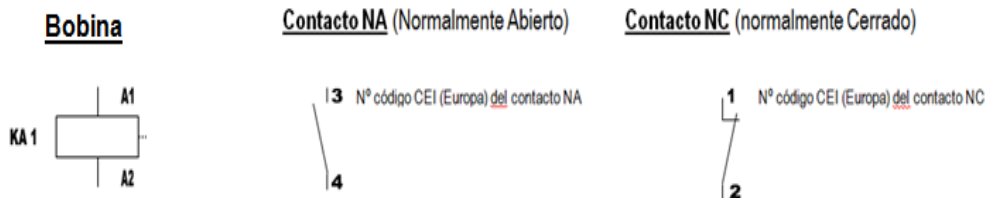
El relé es el elemento básico de los automatismos cableados y consiste básicamente en:

- *Una bobina:* La bobina genera un campo magnético para activar los contactos.
- *Un conjunto magnético de acero:* Mueve los contactos en dos posiciones.
- *Los contactos del circuito de potencia:* Máxima intensidad y voltaje que puede soportar.

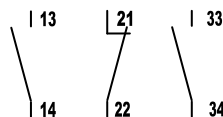
Simbología: En los esquemas eléctricos, su simbología se establece con las letras KA seguidas de un número de orden.



A cada elemento se conoce como:



Ejemplo: Bobina 12 V (AC/DC) y Contacto 3A/250V. Si hay varios contactos, el 1º dígito representa el número de contacto y el 2º el número de contacto estándar de fábrica.



Funcionamiento:

- Al circular una corriente por la bobina, se crea un campo magnético que atrae a una pieza móvil cuyo desplazamiento mueve al contacto del circuito de potencia.
- Al cesar la corriente en la bobina, un resorte restringe la pieza móvil y los contactos a su situación de reposo

3.4.4.2.1 TIPOS DE RELÉS

Existen multitud de tipos distintos de relés, dependiendo del número de contactos, de la intensidad admisible por los mismos, tipo de corriente de accionamiento, tiempo de activación y desactivación, etc.

Entre los más importantes y de uso industrial, podemos mencionar los siguientes:

1.- Relés electromecánicos

Están formados por una bobina y unos contactos los cuales pueden conmutar corriente continua o bien corriente alterna. Vamos a ver los diferentes tipos de relés electromecánicos.

- **Relés de tipo armadura:** Son los más antiguos y también los más utilizados, en la figura III.25 se muestra un ejemplo. El electroimán hace vascular la armadura al ser excitada, cerrando los contactos dependiendo de si es NO ó NC.

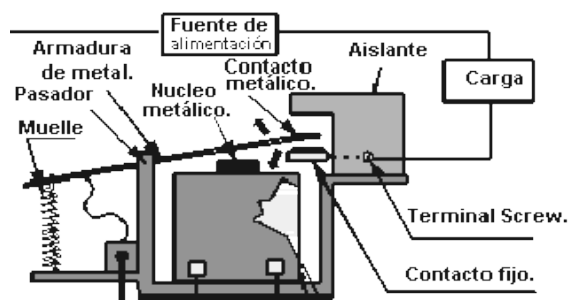


Figura III.25. Relé de tipo armadura

- **Relés de núcleo móvil:** Estos tienen un émbolo en lugar de la armadura anterior. Se utiliza un solenoide para cerrar sus contactos, debido a su mayor fuerza atractiva (por ello es útil para manejar altas corrientes).

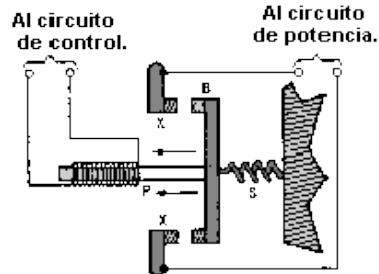


Figura III.26. Relé de núcleo móvil

- **Relé tipo reed o de lengüeta:** Formados por una ampolla de vidrio, en cuyo interior están situados los contactos (pueden ser múltiples) montados sobre delgadas láminas metálicas. Dichos contactos se cierran por medio de la excitación de una bobina, que está situada alrededor de dicha ampolla.

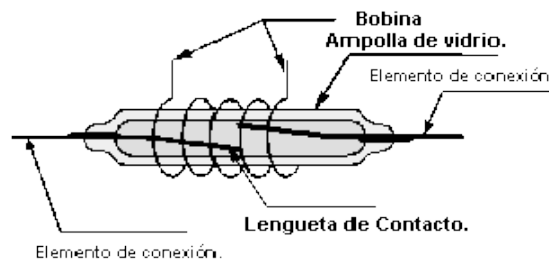


Figura III.27. Relé de lengüeta

- **Relés polarizados o biestables:** Llevan una pequeña armadura, solidaria a un imán permanente. El extremo inferior puede girar dentro de los polos de un electroimán y el otro lleva una cabeza de contacto. Si se excita al electroimán, se mueve la armadura y cierra los contactos. Si la polaridad es la opuesta girará en sentido contrario, abriendo los contactos ó cerrando otro circuito (ó varios)

2.- Relé de estado sólido

Un relé de estado sólido SSR de la Figura III.28, es un circuito electrónico que contiene en su interior un circuito disparado por nivel, acoplado a un interruptor semiconductor,

un transistor o un tiristor. Estos relés permiten una velocidad de conmutación muy superior a la de los relés electromecánicos.

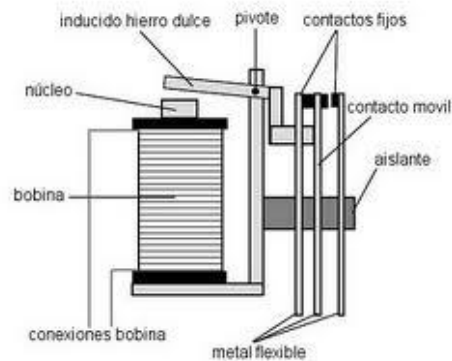


Figura III.28. Relé de estado sólido

3.- Relés Electromagnéticos

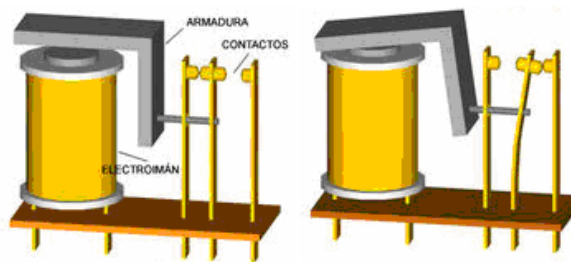


Figura III.29. Relé electromagnético

El relé electromagnético de la figura anterior, se define como aquél interruptor mandado a distancia que vuelve a la posición de reposo cuando la fuerza de accionamiento deja de actuar sobre él.

El funcionamiento se basa en la excitación de una bobina que magnetiza a un núcleo de hierro y éste a su vez atrae una armadura móvil a la cual van unidos los contactos.

La parte de mando es el electroimán, el cual está constituido por un núcleo magnético y una bobina. El núcleo magnético está formado por chapas laminadas y aisladas entre sí cuando el relé está destinado a trabajar con corriente alterna, o es de acero macizo en caso de trabajar con corriente continua.

Del correcto funcionamiento de la bobina dependerá, consecuentemente, del relé. Para mayor seguridad de funcionamiento, suelen diseñar de manera que, aun con tensiones del 10 % por encima y por debajo del valor nominal, el accionamiento sea correcto.

En cuanto al comportamiento, se aprecian grandes diferencias según se alimenten con corriente continua o alterna. Alimentadas con corriente continua, la oposición sólo se debe al valor de la resistencia óhmica, debiendo por ello poseer muchas espiras y ser de hilo fino.

Cuando se usan en alterna, la corriente absorbida no depende sólo de la resistencia óhmica sino también de la reactancia. En posición de reposo, la reactancia del electroimán es baja, ya que el entrehierro es grande; como consecuencia, la bobina absorbe una gran intensidad de corriente en la conexión. Cuando la estructura magnética se cierra, la reactancia aumenta y la intensidad de corriente disminuye hasta su valor nominal. Por esta razón, la bobina para alterna se construye con hilo más grueso y menos espiras que la bobina para continua.

3.5 PROTECCIONES ELECTRICAS

Las protecciones eléctricas son los dispositivos o sistemas encargados de garantizar la seguridad de las personas y de los equipos en el campo de las instalaciones eléctricas.

A las protecciones eléctricas se las puede dividir en dos grupos, que son:

a) Destinadas a la seguridad de las instalaciones

- Fusibles.
- Interruptor de control de potencia.
- Interruptor magnetotérmico.

b) Destinadas a la seguridad de las personas

- Esquemas de Conexión a Tierra
- Interruptordiferencial
- Puesta a tierra

3.5.1 FUSIBLES



Figura III.30 Vista de fusibles cilíndricos

Los fusibles de la figura anterior, es un dispositivo protector de los circuitos eléctricos cuyo principio de interrupción se basa en la fusión por efecto Joule de un hilo conductor o lámina intercalada en la línea como punto débil.

Los fusibles son de formas y tamaños muy diferentes según sea la intensidad para la que deben fundirse, la tensión de los circuitos donde se empleen y el lugar donde se coloquen.

Según su tamaño se clasifican en:

TIPO HH.- El dispositivo de alta capacidad de ruptura y alta tensión, posee corrientes nominales desde 0,5 A hasta 400 A, y tensiones nominales desde 2,3 kV hasta 33kV.

TIPO NH.- Fusibles tipo cuchillas o también llamano NH de alto poder de ruptura (APR) y media tensión, se fabrica en siete tamaños, como se en la figura III.31.



Figura III.31. Vista frontal del fusible NH

- Tamaño 00 (000): Desde 35 hasta 100 A
- Tamaño 0 (00): Desde 35 hasta 160 A
- Tamaño 1: Desde 80 hasta 250 A
- Tamaño 2: Desde 125 hasta 400 A
- Tamaño 3, Desde 315 hasta 630 A
- Tamaño 4: Desde 500 hasta 1000 A
- Tamaño 4a: Desde 500 hasta 1250 A

Al cambiar los fusibles NH se debe utilizar siempre la maneta y NO utilizar los alicates universales para retirar estos fusibles y menos con tensión.

TIPO D y DO.- Los tipos D y DO son especiales para aplicaciones de menor potencia y corriente que los NH, con tensiones nominales 500 y 380 (o 400) V respectivamente, con corrientes variables según el tipo.

Fusibles tipo D:

- Tamaño de 25 A, para fusibles de 2 a 25 A.
- Tamaño de 63 A, para fusibles de 35 y 50 A.
- Tamaño de 100 A, para fusibles de 80 y 100 A.

Fusibles tipo D0:

- Tipo D01, para fusibles de 2 a 16 A.
- Tipo D02, para fusibles de 2 a 63 A.
- Tipo D03, para fusibles de 80 y 100 A.
- Fusible D02, 63 A.

Fusibles Cilíndricos.- Podemos encontrar de los diferentes tamaños y capacidades, con sus respectivas bases de fusibles.

- Tipo CI0, de 10 x 38 mm, para fusibles de 2 a 32 A.
- Tipo CI00, de 8,5 x 31,5 mm, para fusibles de 1 a 25 A
- Tipo CI1, de 14 x 51 mm, para fusibles de 4 a 40 A.
- Tipo CI2, de 22 x 58 mm, para fusibles de 10 a 100 A.

3.5.2 INTERRUPTOR AUTOMÁTICO



Figura III.32. Interruptor Automático o Breaker

El interruptor automático como de la figura anterior, es un dispositivo capaz de interrumpir o abrir un circuito eléctrico cuando la intensidad de la corriente eléctrica que por él circula excede de un determinado valor o, en el que se ha producido un cortocircuito, con el objetivo de no causar daños a los equipos eléctricos.

El disyuntor puede ser reactivado una vez localizado y reparado el daño que causó el disparo o desactivación automática.

Características:

Los parámetros más importantes que definen un disyuntor son:

Calibre o corriente nominal: Corriente de trabajo para la cual está diseñado el dispositivo.

Tensión de trabajo: Tensión para la cual está diseñado el disyuntor. Existen monofásico (220 V) o trifásico (380 V).

Poder de corte: Intensidad máxima que el disyuntor puede interrumpir. Con mayores intensidades se pueden producir fenómenos de arco voltaico, fusión y soldadura de materiales que impedirían la apertura del circuito.

Poder de cierre: Intensidad máxima que puede circular por el dispositivo en el momento de cierre sin que éste sufra daños por choque eléctrico.

Número de polos: Número máximo de conductores que se pueden conectar al interruptor automático. Existen de uno, dos, tres y cuatro polos.

Los disyuntores más comúnmente utilizados son los que trabajan con corrientes alternas, aunque existen también para corrientes continuas.

Los tipos más habituales de disyuntores son:

- Disyuntor magneto-térmico
- Disyuntor magnético.
- Disyuntor térmico.
- Interruptor diferencial o disyuntor por corriente diferencial.
- Guardamotor.

3.5.2.1 INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO



Figura III.33. Interruptor Termomagnético

Un interruptor magnetotérmico o interruptor termomagnético como de la Figura III.33, es un dispositivo capaz de interrumpir la corriente eléctrica de un circuito cuando ésta sobrepasa ciertos valores máximos. Poseen tres sistemas de desconexión: manual, térmico y magnético.

Su funcionamiento se basa en dos de los efectos producidos por la circulación de corriente eléctrica en un circuito: el magnético y el térmico. El dispositivo consta, por tanto, de dos partes, un electroimán y una lámina bimetálica, conectadas en serie y por las que circula la corriente que va hacia la carga.

Al circular la corriente por el electroimán, crea una fuerza que, mediante un dispositivo mecánico adecuado, tiende a abrir el contacto, pero sólo podrá abrirlo si la intensidad (I) que circula por la carga sobrepasa el límite de intervención fijado. En la figura III.34 se puede observar las partes que constituyen el interruptor termomagnético.

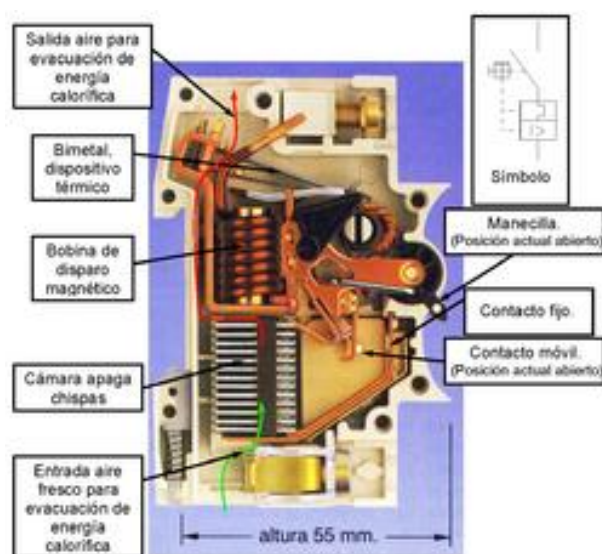


Figura III.34. Partes de un Interruptor Termomagnético

Este nivel de intervención suele estar comprendido entre 3 y 20 veces la intensidad nominal (la intensidad de diseño del interruptor magnetotérmico) y su actuación es de aproximadamente unas 25 milésimas de segundo, lo cual lo hace muy seguro por su velocidad de reacción. Esta es la parte destinada a la protección frente a los cortocircuitos, donde se produce un aumento muy rápido y elevado de corriente.

La otra parte está constituida por una lámina bimetálica (figura III.35) que, al calentarse por encima de un determinado límite, sufre una deformación y pasa a la posición señalada en línea de trazos lo que, mediante el correspondiente dispositivo mecánico (M), provoca la apertura del contacto C. Esta parte es la encargada de proteger de corrientes que, aunque son superiores a las permitidas por la instalación, no llegan al

nivel de intervención del dispositivo magnético. Esta situación es típica de una sobrecarga, donde el consumo va aumentando conforme se van conectando aparatos.

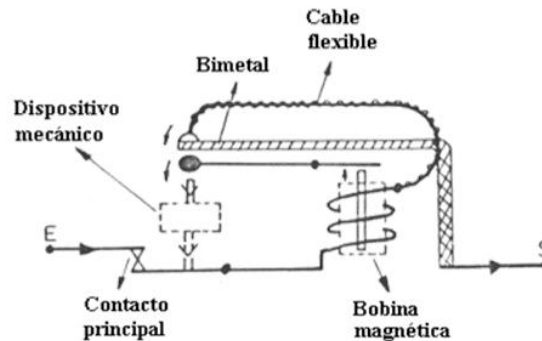


Figura III.35. Lamina Bimetálica del Termomagnético

Ambos dispositivos se complementan en su acción de protección, el magnético para los cortocircuitos y el térmico para las sobrecargas. Además de esta desconexión automática, el aparato está provisto de una palanca que permite la desconexión manual de la corriente y el rearme del dispositivo automático cuando se ha producido una desconexión. No obstante, este rearme no es posible si persisten las condiciones de sobrecarga o cortocircuito. Incluso volvería a saltar, aunque la palanca estuviese sujeta con el dedo, ya que utiliza un mecanismo independiente para desconectar la corriente y bajar la palanca.

Para los magneto-térmicos bipolares o tripolares, podemos decir también que cuando una fase es afectada en la desconexión, ésta se efectúa simultáneamente en todos los polos mediante transmisión interna, independiente de la pieza de unión entre manecillas

Las características que definen un interruptor termomagnético son:

- El amperaje
- El número de polos
- El poder de corte
- El tipo de curva de disparo (B, C, D, MA).

Por ejemplo: Interruptor Termomagnético C-16A-IV 4,5kA.

La curva característica se muestra en la Figura III.36, en la que se aprecia una zona A, claramente térmica, una zona B que corresponde a la reacción magnética, y la zona de solape C, en donde el disparo puede ser provocado por el elemento magnético o térmico indistintamente.

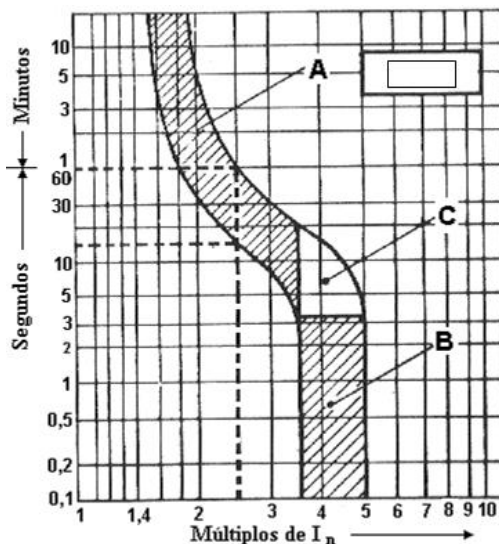


Figura III.36. Curva característica de un magnetotérmico

3.5.2.1.1 TIPOS DE INTERRUPTORES TERMOMAGNÉTICOS.

A los interruptores termomagnéticos podemos encontrarlos por los tipos B, C y D.

Tipo B.- Estos magnetotérmicos actúan entre 1,1 y 1,4 veces la intensidad nominal I_n en la zona térmica y en su zona magnética entre un 3 I_n y 5 I_n .

Con 3 I_n de sobrecarga, no desconecta

Con 5 I_n de sobrecarga, desconecta

Aplicación: Permiten realizar la protección de las personas para longitudes mayores que con la curva C, siendo indicado para instalaciones de líneas y generadores. Se aplican en líneas con cargas fuertemente resistivas (horno eléctrico) o con alumbrado fluorescente (de bajas corrientes de conexión).

Tipo C.- Estos magnetotérmicos actúan entre 1,13 y 1,45 veces la intensidad nominal en su zona térmica y en su zona magnética entre 5 I_n y 10 I_n .

Con 5 In de sobrecarga, no desconecta

Con 10 In de sobrecarga, desconecta

Aplicación: Son los mayor uso industrial, se utilizan en las instalaciones de líneas-receptores. Se aplican para evitar los disparos intempestivos, con cargas del tipo de alumbrado y aparatos electrodomésticos (sin preponderancia de motores).

Tipo D.- Estos magnetotérmicos actúan en la zona térmica con sobrecargas comprendidas entre 1,1 y 1,4 In; y en su zona magnética actúan entre 10 In y 14 In.

Con 10 In de sobrecarga, no desconecta

Con 20 In de sobrecarga, desconecta

Aplicación: Son adecuados para instalaciones que alimentan receptores con fuertes puntas de arranque. En caso de circuitos que alimentan motores que pueden arrancar con I corrientes de 6 o 7 veces la In (con cuplas resistentes de arranque importantes). Los tiempos de desconexión son $< 0,1$ seg.

3.5.2.1.2 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Todos los interruptores electromagéticos deberán ser identificados por su parte frontal, estar homologados oficialmente y cumplir el Reglamento de Verificaciones Eléctricas, llevarán grabadas las siguientes características:

- a.- Nombre del Fabricante o Marca comercial.
- b.- (In) Corriente Nominal(A).
- c.- (Icc) Corriente Cortocircuito (A) o (kA).
- d.- Tensión nominal 220/380 V.
- e.- Naturaleza de la corriente y frecuencia.
- f.- Número de fabricación.
- g.- Clasificación de disparo por sobrecorriente B, C o D.
- h.- Norma a la que corresponde

3.6 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL TABLERO DE TRANSFERENCIA

3.6.1 LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN

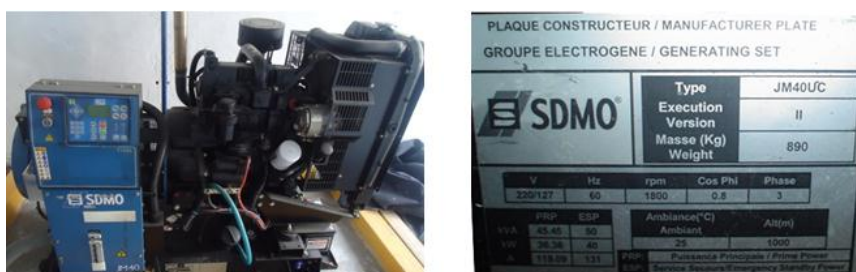


Figura III.37. Características del Grupo Electrónico instalado en el edificio WEC

Se inicia el trabajo con el levantamiento de información y datos de placa del grupo electrónico de emergencia que se encuentra instalado en el edificio WEC con las siguientes características:

Motor	JOHN DEERE MODELO 3029 4 tiempos
Año de Fabricación	2004
Número de Serie	JMa0UC04003612
Voltaje de Salida	220/127 VAC
Potencia Aparente	50KVA
Amperaje	131 A.
Frecuencia	60 Hz
Velocidad	1800 RPM
Factor de Potencia	0.8
Número de Fase	3Φ
Temperatura de Trabajo	25°C.

Tabla III.IV. Datos del Generador instalado en el edificio WEC

Como cada generador tiene sus características particulares, por eso, es necesario adaptar el TTA a cada máquina, es así que con los datos obtenidos se procede al cálculo y dimensionamiento de los dispositivos eléctricos para el circuito de control y potencia.

3.6.2 DIMENSIONAMIENTO DE CONTACTORES

Calculamos la corriente de servicio I_c , aplicando la ecuación 10 de la potencia aparente, entonces tenemos:

$$S_{3\phi} = \sqrt{3} \cdot I_c \cdot V \quad \text{Ecuación 10}$$

$$I_c = \frac{40000 \text{ [VA]}}{\sqrt{3} \cdot 220 \text{ [V]}} \quad \text{Ecuación 13}$$

$$I_c = 104.97278 \quad \text{Ecuación 14}$$

Se debe calcular para el + 5 % de crecimiento de cargas para el futuro, tenemos el nuevo valor de la corriente de servicio proyectada (I_{cp}) la siguiente:

$$I_{cp} = (104.97278) \cdot (0.05) \quad \text{Ecuación 15}$$

$$I_{cp} = 110.22142 \quad \text{Ecuación 16}$$

Como no existe un contactor con esa medida exacta de corriente entonces elegimos un contactor más proximo y es de **125 A**.

Por ser cargas del edificio resistivas como alumbrado, computadoras , etc, y no para cargas inductivas (motores) elegimos del tipo AC1, entonces nuestro contactor es:

CONTACTOR 125 A. tipo AC1, bobina 220 VAC

3.6.3 CONSTRUCCIÓN DEL CIRCUITO DE POTENCIA

Para la descripción de la construcción y montaje del circuito de fuerza se debe observar el plano #1 de FUERZA del ANEXO 1, que consta de los siguientes componentes eléctricos:

- Dos contactores electromagnéticos tipo AC1 de 125A marca LS.
- Dos interruptores automáticos trifásicos de 125A marca Siemens.
- Seis fusibles tipo NH de 125 A ultra rápidos.
- Dos bases de fusibles NH para tres fases.

- Cable 1/0 AWG.
- Terminales tipo talón para cable 1/0
- Un enclavamiento mecánico para contactores

El circuito está formado por el tipo de fusibles NH colocados en sus respectivas bases seccionador, uno por cada línea de fase (seis fusibles en total); conectado en serie por un interruptor automático trifásico; terminando la secuencia de conexión en serie el contactor electromagnético de cada red (KM1-KM2); los dos contactores KM1 y KM2 están conectados en paralelo para que cualquiera de los dos pueda alimentar a la carga, por medidas de seguridad se instaló un enclavamiento mecánico para los dos contactores para que nunca se activen los dos al mismo tiempo, como se puede apreciar en la Figura III.38.



Figura III.38. Construcción del circuito de Potencia

En la Figura anterior se observa que todo el circuito de potencia está conectado con el tipo de cable 1/0 AWG, los grupos de componentes eléctricos (fusibles, breaker, contactor), se encuentran conectados en serie para cada red, Empresa Eléctrica Quito (EEQ) y grupo generador de emergencia (GEN); además se puede observar que los contactores KM1 y KM2 están puenteados entre sí coincidiendo con las líneas de fase (RST-RST) para terminar conectando los cables de la carga en los terminales de cualquier contactor para el suministro de energía.

3.6.4 CONSTRUCCIÓN DEL CIRCUITO DE CONTROL

Este sistema consta de dos partes:

- a) Sistema de control a 220VAC
- b) Sistema de control a 12VDC

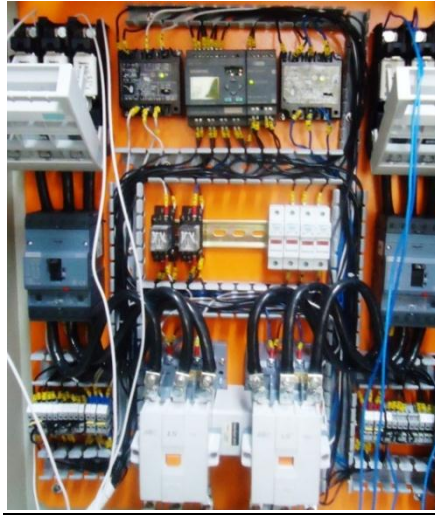


Figura III.39. Construcción del circuito de control

Sistema de control a 220VAC

Para la descripción del circuito de control a 220VAC se debe observar el plano #2 CONTROL 220VAC del ANEXO 1, para la construcción utilizamos los siguientes componentes y materiales eléctricos:

- Cable 16 AWG (Blanco, Azul).
- Terminales tipo U.
- Terminales tipo riel.
- Ponchadora.
- Bobinas de los contactores KM1 y KM2.
- Contacto NC de los contactores KM1 y KM2.
- Dos Interruptor Termomagnético de 4 A.
- Relés electromagnéticos 12VDC, 8 pines 3NA,3NC.

El circuito tiene la finalidad de activar un contactor siempre y cuando exista un voltaje de 220V. entre dos líneas de voltaje de corriente alterna, funciona sólo en modo manual utilizando los dos selectores instalados en el TTA, se puede trabajar con cualquier red que disponga de este voltaje (EEQ-GENERADOR), se puede diferenciar el cableado de este circuito por el color del cable utilizado azul (RED EEQ) y blanco (RED GENERADOR) como se puede observar en la figura III.39.

Este circuito de control está diseñado para trabajar como circuito auxiliar del circuito de control de 12VDC, entra en funcionamiento cuando ocurra una falla del modo automático, que puede ser por falla de la batería de control o del controlador lógico programable PLC.

Sistema de control a 12VDC

Para la descripción del circuito de control de 12VDC se debe observar el plano #3 CONTROL 12VCC del ANEXOS 1, para la construcción utilizamos los siguientes componentes electrónicos, además de los materiales y componentes eléctricos:

- Un LOGO PLC Siemens 12/24VDC, 6in/4out,RC
- Un módulo LOGO PLC Siemens 12/24 VDC, 4in/4out,RC.
- Cable 18 AWG (Negro)
- Terminales tipo U, tipo riel
- Selectores de dos y tres posiciones
- Ponchadora y cortadora de cables.
- Relés Electromagnéticos 12 VDC, 8 pines 3NA 3NC
- Fusibles cilindricos 10X38 con portausible de 2A.
- Dos Supervisor de voltaje trifásico
- Bateria 12VDC, 9AH
- Cargador de baterias 5A; in 220VAC/out 12VDC

El objetivo del diseño de este circuito es para operar totalmente en modo automático, pero por motivos de prevención ante una falla del circuito, esta diseñado también para operar en modo manual, desde una bateria de control de 12VDC, 9AH.

El circuito se encuentra supervisando constantemente las tres líneas de fase de la red EEQ, si ocurre una falla de una de ellas o el voltaje no es el adecuado, envía una señal digital hacia el PLC para que tome decisiones del control y envíe las señales digitales hacia los relés que se encuentran en el grupo generador (Figura III.40) y realice el proceso automático de transferencia.

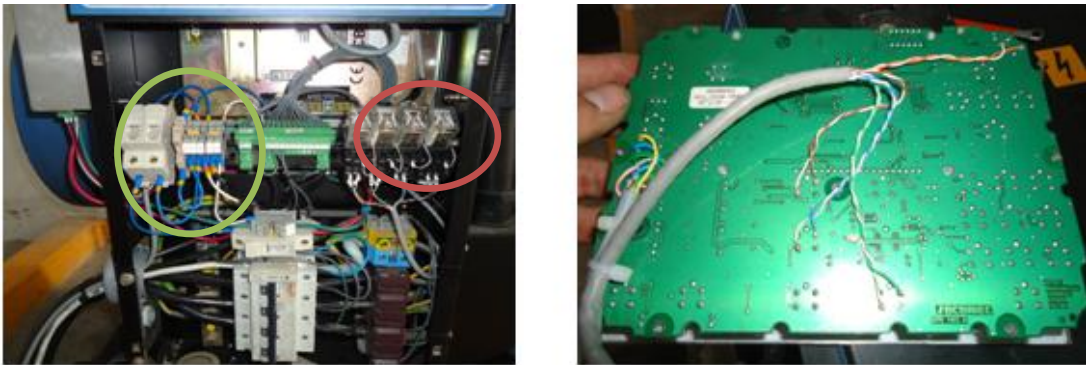


Figura III.40. Circuito receptor instalado en el Grupo Electrónico

El circuito de la figura anterior (de color rojo) está diseñado para recibir las señales digitales que envía desde el PLC, consta de relés electromagnéticos y cable de control que están conectados a los pulsadores de la placa de control del grupo electrónico, con el fin de realizar el encendido, reset, arranque y paro del grupo generador de emergencia de forma automática, es decir sin intervención del operador,

Los selectores son utilizados para enviar las señales digitales al PLC el diseño de las entradas y salidas digitales que el PLC utiliza se puede observar en el plano #4 del ANEXO1.

En la figura II.40, (de color verde) además se puede observar el circuito que se implementó para el suministro de voltaje de control 12VDC, que consta de dos baterías una del grupo electrónico y otra exclusivamente solo para el funcionamiento del TTA, estas se encuentran conectadas entre sí de tal manera que, la batería de control no intervenga en el arranque del grupo electrónico; pero que la batería del grupo electrónico si reemplace a la batería de control cuando esta falle, para esto utilizamos un diodo rectificador de 1A. El plano de este circuito se encuentra en los plano #6 del ANEXO 1.

3.6.5 CONSTRUCCIÓN DEL CIRCUITO DE SEÑALIZACIÓN

Para la descripción del circuito de señalización se debe observar el plano #7 del ANEXO 1, para la construcción utilizamos los siguientes componentes y materiales eléctricos:

- Dos luz piloto 220VAC (amarillo).
- Cuatro luz piloto VDC (verde).
- Un pulsador tipo hongo de emergencia.
- Un pulsador con retroceso por resorte.
- Una cinta de luces led de 12VDC.
- Una sirena acustica de 12VDC.
- Un foco interno 12VDC.
- Mica de aislamiento
- Cuatro aisladores eléctricos de barra.

El circuito de señalización se observa en la figura III.41, este circuito se construye secuencialmente con el cableado del circuito de control, está compuesto por luces indicadores (luz piloto, cinta leds) y de una alarma acústica que se encuentra instalada en el interior del taller y se activa cuando ocurre una falla del arranque del grupo electrógeno al realizar el tercer intento de arranque. En la parte interna del TTA cada componente eléctrico se encuentra etiquetado con el nombre respectivo en el diseño de los planos eléctricos, podemos observar el plano #7 del ANEXO 1; los contactores de potencia se encuentran protegidos con una lámina de acrílico con su rotulación para evitar el contacto de las manos o herramientas al realizar un mantenimiento del TTA.

Adicional al diseño de planos, podemos observar en el plano #5 del ANEXO1, las conexiones de las borneras del TTA, con el objetivo de tener una mejor lectura de la construcción del nuevo sistema de transferencia eléctrica instalado en el edificio Wärtsilä, para que el personal técnico eléctrico designado al mantenimiento correctivo pueda tener una mejor comprensión y ayuda en los posteriores cambios que se requiera implementar.



Figura III.41. Construcción del circuito de Señalización.

3.6.6 MONTAJE DEL TTA

Para el montaje del nuevo TTA se utilizó las siguientes herramientas y equipos:

- Interruptor electromagnético de 125A. 3 Φ
- Guantes de cuero, guantes dieléctricos.
- EEP
- Secuenciador de fases.
- Canaletas metálicas
- Sierra
- Taladro con brocas
- Pernos expandibles
- Juego de llaves mixtas

El procedimiento que se realizó para el montaje del nuevo tablero de transferencia, es el siguiente, además se puede observar en la figura III.42.

- El montaje del tablero se realizó con ayuda de personal técnico eléctrico de Wärtsilä.
- Se informó al personal de oficinas sobre el corte de energía para que tomen las debidas precauciones del caso.

- Se procedió a trabajar según un plan de acción previo establecido y aceptado.
- Se realizó los respectivos permisos de Análisis de Riesgos de Trabajo ART con la aceptación del jefe de seguridad de la empresa (adjunto anexo 5)



Figura III.42. Montaje del TTA.

El proceso de pre comisionado del nuevo TTA, permitió evitar fallas del sistema de transferencia en modo manual al momento del montaje y puesta en marcha del mismo.

Se procedió a trabajar de una forma segura y en equipo, por tal motivo al culminar esta actividad no se presentó ninguna novedad de ninguna lesiones del personal, tampoco se presentaron problemas de impacto en el regular funcionamiento del sistema eléctrico del edificio Wartsila, quedando funcionando correctamente sin daños los equipos y máquinas con el nuevo sistema de transferencia automático instalado.

CAPÍTULO IV

CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE

4.1 DEFINICIÓN

Un Controlador Lógico Programable (PLC) o autómatas programables industriales (API), es un equipo electrónico programable, diseñado para controlar en tiempo real y en ambiente de tipo industrial, procesos secuenciales.

Un PLC trabaja en base a la información recibida por los sensores (inputs) y el programa lógico interno, actuando sobre los actuadores (outputs) de la instalación, como se observa en la siguiente figura IV.43

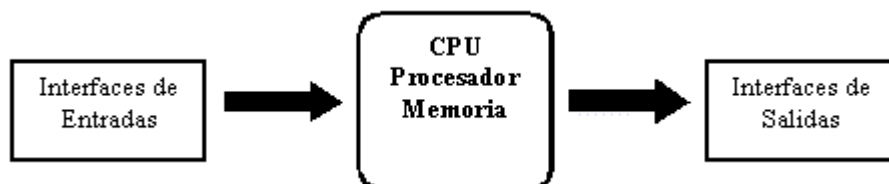


Figura IV.43. Representación general del PLC

El PLC es realmente el cerebro que gestiona y controla automáticamente las instalaciones. Dependiendo del tamaño de la planta y de la complejidad de la automatización, el número de autómatas puede variar desde uno hasta varios números de autómatas enlazados.

4.2 ESTRUCTURA DEL PLC

El controlador lógico programable está formado por diferentes tipos de elementos, los cuales se encuentran distribuidos en su estructura interna y en su estructura externa:

Estructura Interna:

La estructura interna del PLC la conforman elementos internos como: Procesador o CPU, memorias internas, memorias de programas, interfaces de entrada y salida, buses de direccionamiento y de datos, puertos, periféricos y fuente.

En la figura IV.44 se observa de forma más detallada cada una de las partes de un PLC.

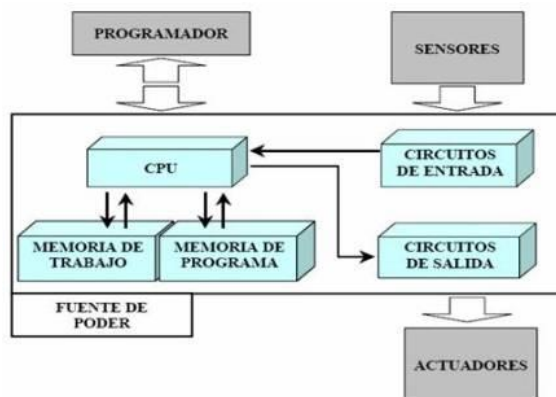


Figura IV.44 Constitución interna de un PLC.

- El CPU realiza operaciones de tiempo (ya sea trabajando con retardos o temporizando), de secuencia, de combinación, de auto mantenimiento y retención.
- Las interfaces de entrada y salida que establecen la comunicación entre la CPU y el proceso, realizan las siguientes funciones: filtrado, adaptación y codificación de las señales de entrada, decodificación y amplificación de las señales de salida que se han generado durante la ejecución del programa.

- La Memoria que permite el almacenamiento de datos del programa (RAM), el sistema operativo (ROM), el programa de usuario (RAM no volátil o EEPROM), configuración de PLC (ROM o RAM no volátil para parámetros configurables), rutinas de arranque (ROM) y rutinas de chequeo (ROM).
- El programador es el dispositivo mediante el cual es posible introducir al PLC el programa previamente ya elaborado con el fin de controlar el proceso o los procesos elegidos. Esta interface entre el procesador y el usuario; está constituido principalmente por un display, un teclado con comandos lógicos y de servicio.
- Los periféricos en un PLC son empleados para hacer una supervisión del proceso, ninguno de estos, forma parte del circuito interno del PLC; algunos de estos son: monitor, impresora, unidad de disco, leds, teclados; etc.

Estructura Externa:

La estructura externa se refiere al aspecto físico externo, bloques o elementos en que está dividido el dispositivo, básicamente existen tres tipos de estructuras, entre las más comunes, tenemos las siguientes:

- Estructura compacta
- Estructura semimodular (estructura americana)
- Estructura medular (estructura europea)

4.3 LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN

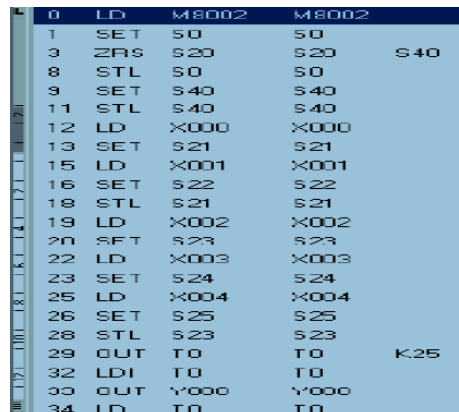
El lenguaje de programación es una codificación a una lista de instrucciones que el PC del controlador lógico programable pueda entender.

Existen varios lenguajes utilizados para la programación de los PLC, entre los más utilizados en la actualidad son:

- AWL (Lista de instrucciones). Similar a lenguaje ensamblador.
- KOP (Esquema de contactos). Editor LD (Diagrama de escalera)
- FUP (Diagrama de funciones). Editor FBD (Diagrama de bloques funcionales)

4.3.1 Editor AWL (Lista de instrucciones).

El editor AWL (Lista de instrucciones) permite crear programas de control introduciendo la nemotécnica de las operaciones. Por lo general, el editor AWL se adecua especialmente para los programadores expertos ya familiarizados con los sistemas de automatización y con la programación lógica. Este tipo de programación se lo puede apreciar en la figura IV.45



0	LD	M8002	M8002	
1	SET	S0	S0	
3	ZRS	S20	S20	S40
8	STL	S0	S0	
9	SET	S40	S40	
11	STL	S40	S40	
12	LD	X000	X000	
13	SET	S21	S21	
15	LD	X001	X001	
16	SET	S22	S22	
18	STL	S21	S21	
19	LD	X002	X002	
20	SFT	S23	S23	
22	LD	X003	X003	
23	SET	S24	S24	
25	LD	X004	X004	
26	SET	S25	S25	
28	STL	S23	S23	
29	OUT	T0	T0	K25
32	LDI	T0	T0	
33	OUT	Y000	Y000	
34	LD	T0	T0	

Figura IV.45 Lenguaje Nemónico

Como podemos observar en la figura anterior, este lenguaje es similar a lenguaje ensamblador, en el que se programa solo a base de comandos.

Los aspectos principales a considerar cuando se desee utilizar el editor AWL son:

- El lenguaje AWL es más apropiado para los programadores expertos.
- En algunos casos, AWL permite solucionar problemas que no se pueden resolver muy fácilmente con los editores KOP o FUP.

4.3.2 Editor FUP (Diagrama de funciones).

El editor FUP (Diagrama de funciones) permite visualizar las operaciones en forma de cuadros lógicos similares a los circuitos de puertas lógicas, para luego ser cableados entre sí de forma análoga al esquema de un circuito. En la figura IV.46 se puede observar un ejemplo de este tipo de programación.

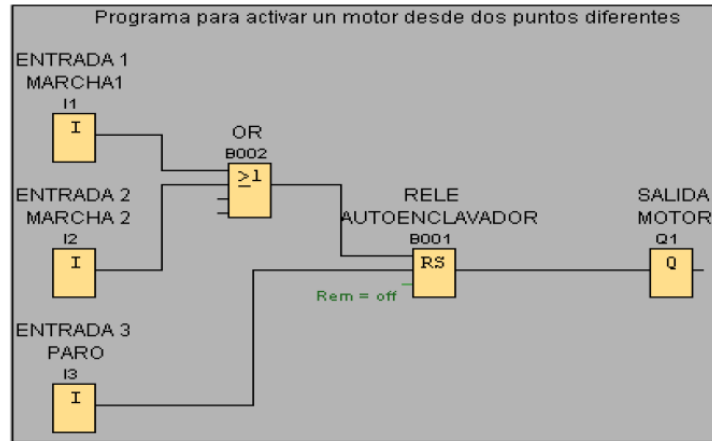


Figura IV.46. Diagrama de Bloque Funcionales o FBD

Los aspectos principales a considerar cuando se desee utilizar el editor FUP son:

- El estilo de representación en forma de puertas gráficas se adecua especialmente para observar el flujo del programa.
- El editor FUP se puede utilizar con los juegos de operaciones IEC 1131.

4.3.3 Editor KOP (Esquema de contactos).

El editor KOP (Esquema de contactos) permite crear programas con componentes similares a los símbolos para contactos usados en relés, temporizadores, funciones lógicas, etc. Como se puede observar en la siguiente figura.

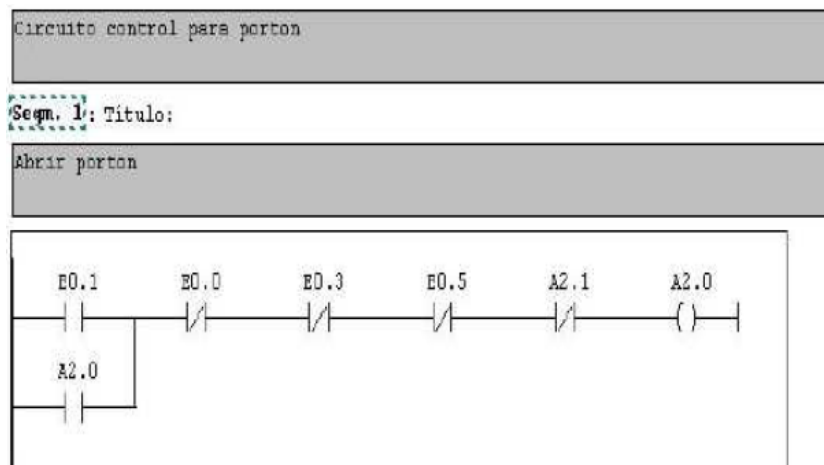


Figura IV.47. Esquema de programación en KOP.

Los aspectos principales a considerar cuando se desee utilizar el editor KOP son:

- El lenguaje KOP les facilita el trabajo a los programadores principiantes.
- La representación gráfica es fácil de comprender, siendo el más popular.

4.4 CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE UN PLC

Para seleccionar un PLC es necesario considerar ciertos requerimientos que se debe cumplir desde el punto de vista de software y hardware.

Número de entradas y salidas.- La cantidad de entradas y salidas, dependerá del esquema para el circuito a controlar, es decir depende del número de sensores y actuadores que el diseño lo disponga.

Tipo de entradas y salidas.- En el caso de las entradas, adaptan las señales de sensores para que la CPU las reconozca. En el caso de las salidas, activan un circuito de conexión (transistor, triac o relé) ante una orden de la CPU.

Fuente de alimentación.- Se debe verificar los niveles de voltaje necesario el cual puede variar desde 220, 110, 24, 12 voltios.

Capacidad de memoria.- Es importante definir al momento de realizar el programa, debido a que según el número de instrucciones o extensión del programa será la capacidad de memoria a utilizar.

Programa fácil de editar.- La visualización del programa debe ser editada en una pantalla en forma simple, y en cualquier lenguaje de programación.

Poseer una memoria no volátil y de respaldo.- Esta memoria de respaldo es importante ya que permite almacenar el programa necesario.

Protocolos.- Esto se refiere a los diferentes tipos de protocolos necesarios para la comunicación con los dispositivos a interactuar.

4.5 MODULO LOGICO LOGO! SIEMENS 12/24 RC.



Figura IV.48. LOGO! Siemens 12/24 RC con módulo de expansión

Un LOGO! como de la figura anterior, es el módulo lógico universal de Siemens, el cual puede ser empleado en diversos tipos de instalaciones como: control de luces, calefacción/ventilación, monitoreo, control de puertas, domótica, transporte, plantas embotelladoras, condiciones ambientales especiales, uso en la industria, entre otras; debido a que al automatizar con LOGO! Nos proporciona ahorro en costos de equipos, ahorro de espacio y con los módulos de expansión de entradas y salidas permiten una adaptación muy flexible y precisa a cada aplicación especial.

Un módulo LOGO! es un relé inteligente con salidas de hasta 10A, se puede ampliar el número de entradas y salidas únicamente con módulos de expansión de la misma clase de tensión, a este conjunto se lo puede observar en la figura IV.48.

4.5.1 Estructura del Equipo LOGO!

El equipo LOGO! está formado por diferentes tipos de elementos como se puede observar en la figura IV.49, distribuidos de la siguiente manera:

Terminales para alimentación.- Posibles conexiones como fuente de alimentación son:

- DC 12V
- DC 24 V. AC 24V
- AC/DC 115 V ~ 230V

Display LCD.- Mientras se escribe el programa de control, se muestra los bloques de funciones. Cuando se encuentra en servicio, muestra el Status de entradas/ salidas, bits de memoria, hora y día de la semana, display de mensajes de texto., variables/valores actuales.

Salidas Digitales.- El equipo viene con 4 DO, mediante los módulos de expansión se puede disponer hasta 16 DO. Dependiendo del tipo LOGO! Tenemos las siguientes salidas:

Tipo Relé: Hasta 10 A, AC 230 V.

Tipo Transistor: 0,3 A, DC 24 V.

Entradas Digital/Analógica.- El equipo cuenta con 8 entradas, expandible hasta 24 por medio de módulos de expansión; las posibles conexiones posibles a los terminales de entradas pueden ser: 12 VDC, AC/DC 24 V, AC/DC 115 ~ 230 V. Cuando se utilice voltajes de 12 VDC y 24 VDC las entradas I7 e I8 procesan valores analógicos.

Interfase de expansión modular.- Este elemento sirve para conectar el módulo de expansión de la misma clase de tensión. Mediante clavijas en la carcasa se impide que se puedan conectar entre sí dispositivos de una clase de tensión diferente.

Interfase PC/Módulos.- Este elemento funciona como interfase con el PC para realizar las acciones de upload/download, tests online.



Figura IV.49 Partes del Módulo Lógico LOGO!

Key control panel.- Este elemento sirve para la generación del programa de control directamente en el equipo, utiliza los conectores de funciones. Además nos permite Setear/cambio de parámetros (tiempo, contadores).

4.5.2 Módulo de expansión digital DM8 12/24R

Las partes del conjunto formado por LOGO! Con dos módulos de expansión DM8, se puede observar en la Figura IV.50.



Figura IV.50 Conjunto LOGO! - Módulo DM8.

El módulo de expansión DM8 presenta los siguientes elementos:

Interfase de extensión de la fuente de poder.- Se debe alimentar con voltaje de 12/24 VDC al módulo de expansión, se puede utilizar la misma fuente que alimenta al módulo LOGO!.

Cuatro Entradas.- El módulo de expansión cuenta con entradas digitales que pueden estar conectadas a 12/24 VDC.

Run/Stop.- Mediante un indicador led nos indica el estado en que se encuentra el equipo y presenta las siguientes estados: Led color verde (Run) cuando está operando la ejecución del programa. Led color Rojo (Stop) cuando se interrumpió la ejecución del programa. Led color Naranja (Falla) cuando ocurre falla en la conexión y no puede ejecutarse el programa.

Cuatro Salidas.- Dispone de 4 salidas digitales hasta de 5A, tipo relé.

4.5.3 Datos Técnicos módulo LOGO! 12/24RC y módulo DM8

	LOGO! 12/24RC - 12/24RCO
Entradas	8
Entradas Analógicas	2 (0 a 10 V)
Entrada/ voltaje de alimentación	DC 12/24 V
Rango permisible	10.8 V – 28.8 V DC
Señal en estado „0“	max. 5 V DC
Señal en estado „1“	min. 8 V DC
Corriente de entrada	1.5 mA DC 12 V/ 2.5 mA DC 24 V
Salidas	4 relay
Corriente continua	10 A carga resistiva; 3 A carga inductiva
Protección de corto circuito	Protección externa necesaria
Frecuencia de operación	2 Hz con carga resistiva; 0.5 Hz con carga inductiva
Pérdidas	0.1 a 1.2 W (12 V) 0.2 a 1.6 W (24 V)
Reserva de energía del switch de tiempo	80 h (valor típico)
Cables de conexión	2 x 1.5 mm ² , 1 x 2.5 mm ²
Dimensiones	72 (4WM) x 90 x 55mm (WxHxD)

Tabla IV.V Datos LOGO! 12/24 RC

	DM8 12/24R
Entradas	4DI
Entradas analógicas	-
Entrada/ Voltaje de alimentación	12/24 V DC
Rango permisible	20.4 V to 28.8 V DC
Señal en estado „0“	max. 4 V AC
Señal en estado „1“	min. 8 V AC
Consumo de corriente	30-140 mA (24V DC)
Salidas	4 relé
Corriente continua	5 A
Protección de cortocircuito	Protección necesaria (max. 16 A)
Frecuencia de operación	2 Hz con carga resistiva ; 0,5 Hz con carga inductiva
Pérdidas	0.4-1.2 W (12 V DC)
Reserva de energía del switch de tiempo	2 x 1.5 mm ² , 1 x 2.5 mm ²
Cables de conexión	2 x 1.5 mm ² , 1 x 2.5 mm ²
Dimensiones	36 x 90 x 55 mm (W x H x D)

Tabla IV.VI Datos Módulo DM8

Los datos técnicos del módulo LOGO! 12/24 RC y del módulo de expansión DM8 se presenta en la tabla IV.5 y en la tabla IV.6. Con una expansión máxima de hasta 24 DI + 8 AI + 16 DO.

4.6 SOFTWARE LOGO! Soft Comfort V6.1

Para crear un programa de control en el módulo LOGO! Siemens, existen dos posibilidades de elaborar el mismo, como se puede apreciar en la figura IV.51; la primera de ellas es utilizando el teclado del panel frontal de control que viene con el dispositivo y la segunda posibilidad es realizando un programa desde un computador utilizando el software LOGO! Soft Comfort V6.1, que es el caso que se describe a continuación en el siguiente capítulo.



Figura IV.51 Métodos de programación equipos LOGO!

El software LOGO! Soft comfort V6.1 es la última versión de este tipo de software que permite crear, modificar, simular, probar, guardar, cargar/descargar e imprimir programas de acuerdo a las necesidades requeridas en los sistema de automatización.

Una vez instalado el software de programación, aparece en el escritorio del PC el icono de acceso directo como el de la figura IV.52, de esta manera estamos en condiciones de poder editar un programa y utilizar las herramientas que ofrece el software para una programación fácil y completa.



Figura IV.52 Icono de Acceso Directo LOGO! Soft Comfort V6.1

Al ingresar en el icono de acceso directo nos aparece una ventana con todas las barras de herramientas necesarias para poder programar cualquier tipo de sistema de control, como se muestra en la figura IV.53.

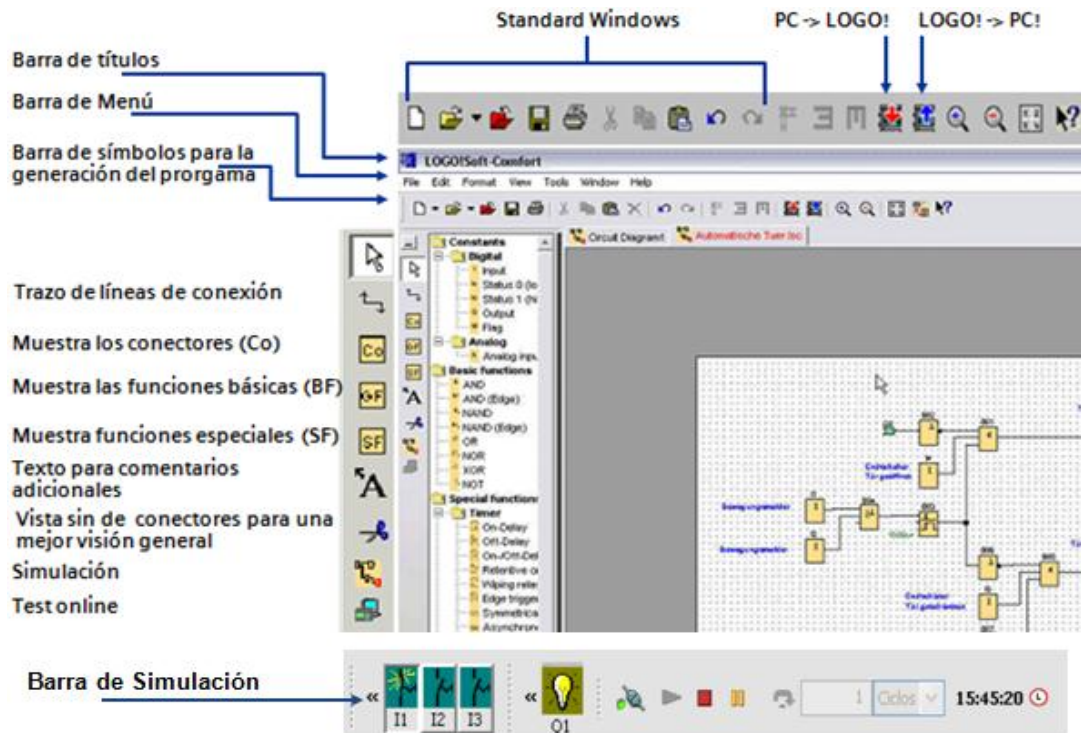


Figura IV.53 Ventana de barra de herramientas

Barra de Títulos.- En esta barra aparece el nombre del Software LOGO! Soft Comfort.

Barra de Menú.- Esta barra contiene los diferentes comandos necesarios para editar y gestionar los programas, aquí se encuentran las configuraciones y funciones para realizar las transferencias del programa.

Barra de Herramientas Standard.- Esta barra está acoplada a la barra de menú y permite acceder en forma directa a las principales funciones del software como las siguientes: crear nuevo programa, guardar, imprimir, cortar, copiar, etc.

Barra de Herramientas – Herramientas.- Esta barra de herramientas contiene todas las funciones y aplicaciones que ofrece LOGO!, que son útiles para la creación y procesamiento del programa.

Barra de Herramientas para simulación.- En la barra de prueba online y de simulación, permite observar el procedimiento del programa y cómo este reacciona a los diferentes cambios de estado de las entradas.

4.6.1 Funciones de LOGO! Soft Comfort

Para crear un nuevo programa, LOGO! Soft Comfort ofrece una gran variedad de funciones que están disponibles según la necesidad del programador y estos son:

- Funciones Básicas (GF)
- Funciones Especiales (SF)
- Conectores (CO)
- Bloque numéricos existentes (BN)

Funciones Básicas (GF).- Esta herramienta es útil cuando se necesita conectar elementos básicos del algebra booleana en el entorno de la programación, estos son los que se muestra en la figura IV.54.

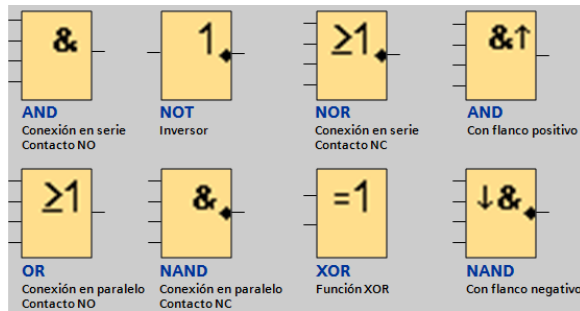


Figura IV.54 Lista de Funciones Básicas

Funciones Especiales (SF).- Esta herramienta es útil cuando se necesita conectar funciones con remanencia o comportamiento del tiempo en el entorno de la programación. La figura IV.55 muestra algunas funciones especiales disponibles.

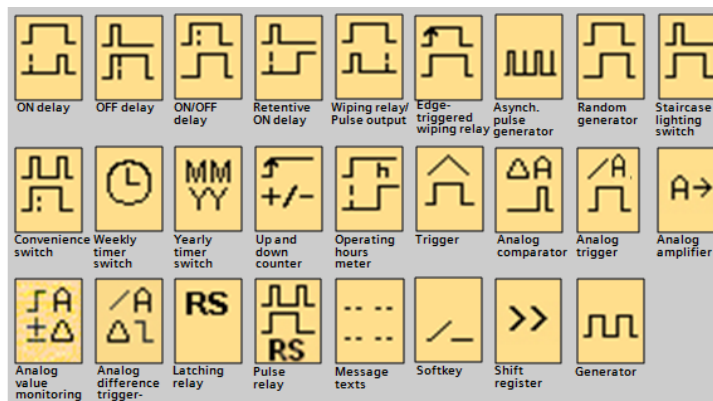


Figura IV.55 Lista de Funciones Especiales

Conectores (CO).- Las constantes y los bornes identifican entradas, salidas, marcas y niveles de tensión fijos. En la figura IV.56 se muestra el grupo de conectores disponibles.



Figura IV.56 Lista de Conectores

4.7 LÓGICA DE CONTROL DEL SISTEMA DE TRANSFERENCIA

Para empezar a diseñar el circuito de control en LOGO! Soft Comfort, se debe primero definir bien el funcionamiento que va a tener el nuevo sistema automático de transferencia, considerando los siguientes factores:

- El sistema debe estar sensando permanentemente el voltaje que suministra la red EEQ y debe desconectar el sistema del suministro normal en caso de falla por:
 - Bajo voltaje
 - Alto voltaje
 - Falta de voltaje parcial de una fase o más fases.
- El generador de emergencia de 40KVA debe arrancar en vacío, con un máximo de tres pulsos de arranque.
- Conectar la carga al sistema auxiliar de energía eléctrica, que el generador de emergencia suministra.
- Pasa nuevamente la carga al suministro de la red externa EEQ, cuando éste se restablezca con un voltaje que no sea, ni alto ni bajo, después de cinco minutos tiempo que tarda en estabilizarse.
- Desconecta el generador de emergencia después de que trabaje tres minutos en vacío, con el fin de que se enfríe.

Para describir mejor el funcionamiento de la lógica del sistema de transferencia automática, se tiene el siguiente esquema.

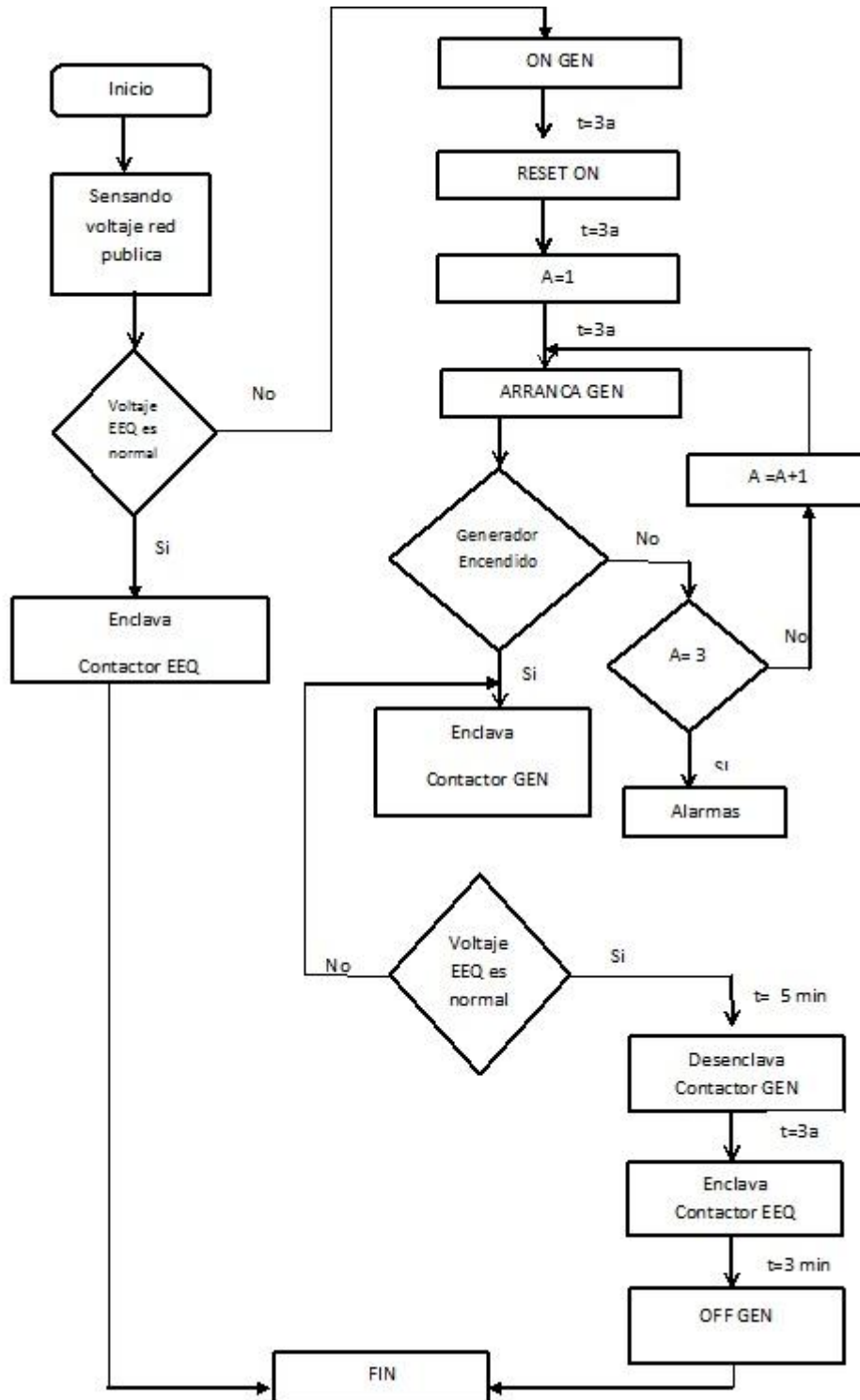
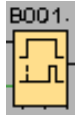


Figura IV.57 Algoritmo del control de transferencia

4.8 PROGRAMACIÓN DEL SISTEMA DE TRANSFERENCIA ELÉCTRICA

Tomando como referencia la figura IV.57, se procede con la programación del software que se posteriormente se carga en el PLC. Las funciones utilizadas para la programación del sistema de transferencia de energía eléctrica se detallan a continuación:



Retardo a la Conexión.- Está función interconecta la salida sólo tras un tiempo parametrizable.

Entrada Trg.- Con la entrada Trg (trigger) se inicia el tiempo para el retardo de activación.

Parámetro T.- Es el tiempo tras el que debe activarse la salida.

Salida Q.- Se activa una vez transcurrido el tiempo T, si está activada aún Trg.



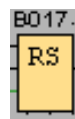
Retardo a la conexión con memoria.- Después de un impulso de entrada transcurre un tiempo parametrizable, tras el cual es activada la salida.

Entrada Trg.- A través de esta entrada se inicia el tiempo para el retardo de activación.

Entrada R.- Se repone el tiempo para el retardo de activación y se conmuta la salida a 0.

Parámetro T.- Es el tiempo tras el que debe activarse la salida.

Salida Q.- Se activa una vez transcurrido el tiempo T, si está activada aún Trg.



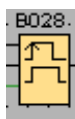
Relé autoenclavador.- La salida Q es activada a través de una entrada S. La salida es respuesta nuevamente a través de otra entrada R.

Entrada S.- A través de la entrada S se conmuta la salida Q a 1.

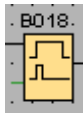
Entrada R.- A través de la entrada R se repone la salida Q a 0. Si tanto S como R son 1, es respuesta la salida.

Parámetro Par.- Con este parámetro se activa y desactiva la remanencia.

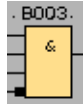
Salida Q.- Se activa mediante S y permanece activada hasta que lo sea la entrada R.



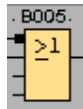
Relé de barrido activado por flancos.- Una señal de entrada genera a la salida una señal de duración parametrizable (con redisparo).



Relé de Barrido.- Una señal de entrada genera a la salida una señal de duración parametrizable.



Función Lógica AND.- La salida AND sólo ocupa el estado 1 cuando todas las entradas tienen estado 1, es decir están cerradas.



Función Lógica OR.- La salida OR ocupa el estado 1 cuando por lo menos una entrada tiene estado 1, es decir, está cerrada

En la figura IV.58 se observa el esquema interconectado de las funciones utilizadas para la programación del control de transferencia automática, con el objetivo de tomar las decisiones al momento de un corte de energía y enviar las señales hacia los contactores.

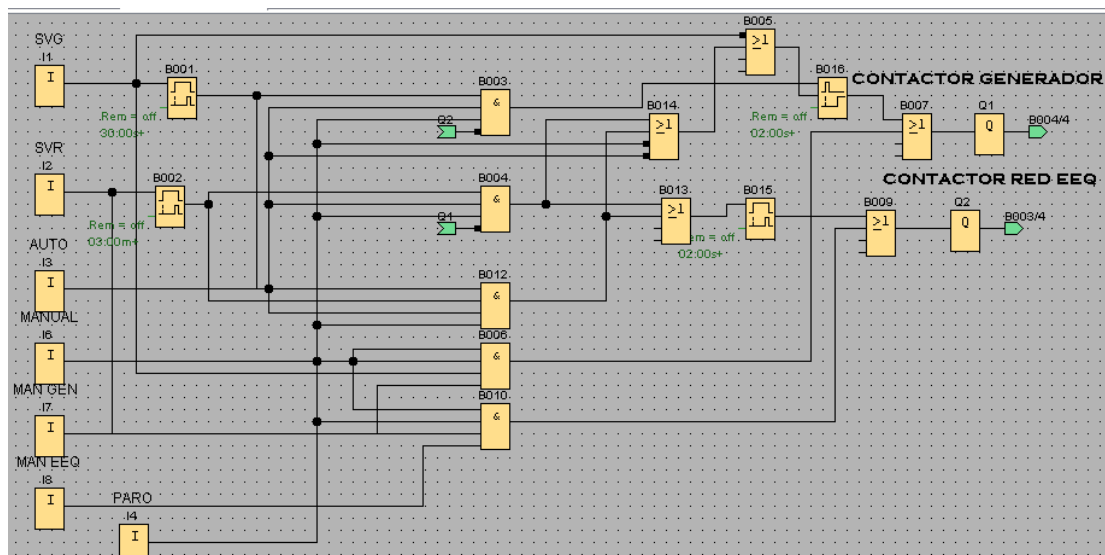


Figura IV.58 Ventana Programación para Transferencia Automática

El programa del control de transferencia automática consta de 8 entradas digitales (ON-OFF), distribuidas de la siguiente manera:

Entradas I1 e I2 provenientes de los dos supervisor de voltaje (SVG - SVR),

Entradas I3 e I6 provenientes del selector S1 de dos posiciones (AUTO - MANUAL),

Entradas I7 e I8 del selector S2 de tres posiciones (MAN GEN-MAN EEQ),

Entrada I4 proveniente del botón paro de emergencia (PARO).

Entrada I5 proveniente del botón reset alarma (RESET).

El bloque 001 representa un retardo a la conexión del SVG programado en 30 segundos, este tiempo permite al generador arrancar y operar en vacío antes de tomar la carga, este bloque se activa cuando el grupo electrógeno está generando voltaje trifásico en sus terminales de salida.

El bloque 002 es un retardo a la conexión del SVR programado en 3 minutos, este intervalo de tiempo permite que se estabilice y se normalice la energía eléctrica pública cuando este se reestablece luego de haber sufrido una falla eléctrica, por lo general permanece siempre encendido ya que de este depende el accionamiento del sistema de transferencia.

El bloque 003 corresponde a una compuerta lógica AND y se activa cuando cumple las siguientes condiciones: Entrada I1 (SVG ON), Entrada I3 (AUTO), Entrada I4 (PARO OFF), y Salida Q2 (KM2 OFF). Permite condicionar las señales de entradas, antes de ser activada la señal de salida Q1 que corresponde al contactor KM1 del Generador. El bloque 004 realiza las mismas operaciones del bloque 003 con las entradas correspondientes a la red pública EEQ.

El bloque 012 (compuerta AND) se activa cuando existen voltajes trifásicos en las dos redes de voltaje, es decir, el grupo electrógeno está generando y además la energía de la red pública se reestableció y está listo para entrar, en este caso la salida Q2 (KM2) tiene prioridad en activarse sin antes haber primero desactivado la salida Q1 (KM1).

El bloque 006 (compuerta AND) se activa cuando cumple con las siguientes condiciones: Entrada I1 (SVG ON), Entrada I6 del selector S1 (MANUAL), Entrada I7 del selector S2 (MAN-GEN), y Entrada I4 del botón de emergencia (PARO OFF). Si cumple estas condiciones entonces se activa la salida Q1 que corresponde al contactor KM1 del Grupo Electrónico. El bloque 010 actúa de la misma manera que el bloque 006, con las entradas correspondientes a la red pública EEQ.

Los bloques 015 y 016 son temporizadores ON DELAY programados en 3 segundos, nos sirven para retardar el enclavamiento de un contactor hasta que el otro se desenclave

totalmente que se demora en un tiempo estimado de 300 ms y no correr el riesgo de tener dos contactores activados al mismo instante.

En la figura IV.59 se observa la simulación de la señal de salida Q1 cuando el grupo electrógeno está funcionando, se encuentra en modo automático y el botón paro de emergencia no está presionado entonces el generador se encarga de alimentar las cargas.

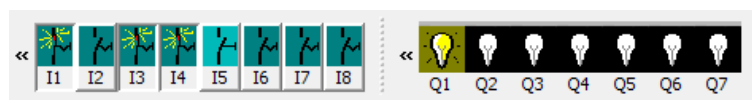


Figura IV.59 Simulación del contactor Generador activado

En la figura IV.60 se observa la simulación de la señal de salida Q2 cuando el voltaje de la red pública es normal, se encuentra en modo automático y el botón paro de emergencia no está presionado.

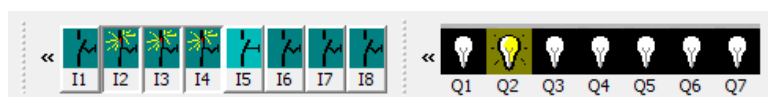


Figura IV.60 Simulación contactor EEQ activado.

En la figura IV.61 se observa el programa para el control automático de las señales **ON**, **RESET**, **START** y **STOP** que actuarán sobre el grupo electrógeno.

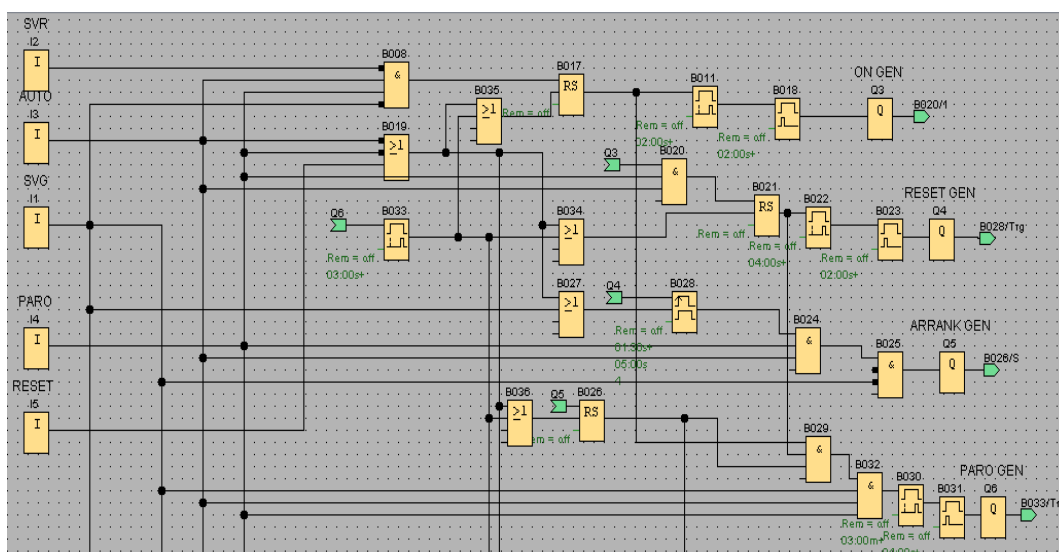


Figura IV.61. Ventana Programación para control del generador

De la figura anterior, la salida Q3 representa la señal para el pulso que encenderá el grupo electrógeno, el proceso empieza desde el bloque 008 que actúa cuando ocurre una falla de la red pública (SVR OFF), enseguida envía una señal al bloque 017 que corresponde al relé auto-enclavador que se encarga de mantener activado el bloque hasta recibir un reset al finalizar el ciclo completo de automatización desde el bloque 035 (PARO GEN), la señal de salida Q3 tiene una duración de 3 segundos con un retardo de 3 segundos hasta que se active la siguiente señal de salida Q4. La simulación de la señal **ENCENDIDO** automático del generador se observa en la figura IV.62.

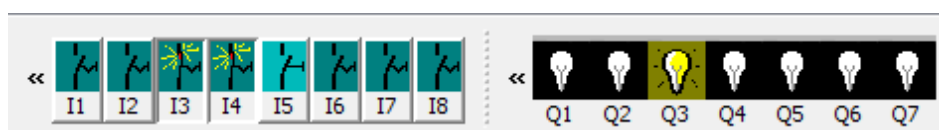


Figura IV.62 Simulación de la señal de salida ON

La salida Q4 representa el pulso para que el grupo electrógeno active la señal RESET, esta acción es importante ya que sin este pulso no puede arrancar el grupo electrógeno, el programa consta de un relé auto-enclavador que se encarga de mantener activado el pulso durante 3 segundos y 3 segundos de retardo antes de activar la siguiente señal Q5. La simulación del funcionamiento de la señal **RESET** se puede observar en la figura 63.

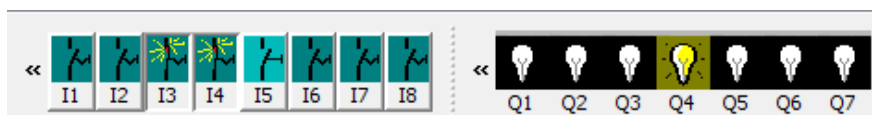


Figura IV.63 Simulación de la señal de salida RESET

La salida Q5 representa los 3 pulsos para que el grupo electrógeno pueda arrancar y generar voltaje trifásico, el programa consta con un relé de barrido activado por flancos, que se encarga de generar 4 pulsos cada uno de 2 segundos de duración, con retardos de 5 segundos antes de empezar el siguiente pulso, con el objetivo de poder arrancar el grupo eléctrico con un máximo de 3 intentos. Un parámetro importante para activar esta salida es que el grupo electrógeno debe estar apagado (SVG OFF) y en buenas condiciones mecánicas. La simulación de la salida Q5 para **ARRANCAR** el grupo electrógeno se puede observar en la figura IV.64.

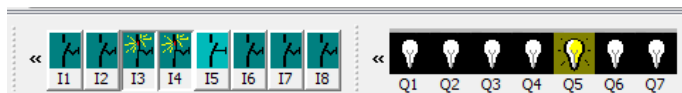


Figura IV.64 Simulación de la señal de salida START

La salida Q6 representa el pulso que debe apagar el grupo electrógeno después de haber cumplido un ciclo completo del encendido automático y haber realizado la transferencia hacia la red pública después de pasar por un temporizador ON DELAY programado en 3 minutos. Este tiempo permite enfriar el grupo electrógeno en vacío antes de apagar y además permite estar a esperas de que ocurra nuevamente una falla para entrar directamente a suplantar a la red externa. La duración del pulso de la salida Q6 está programado para 3 segundos, luego ser activada esta salida se enceran todos los temporizadores que se activaron durante el encendido automático quedando listos para nueva llamada de emergencia. La simulación de la salida Q6 que permite **APAGAR** el grupo electrógeno se puede observar en la figura IV.65.



Figura IV.65 Simulación de la señal de salida STOP

La programación que activa las señales de salidas para las alarmas (luces led y sirena) se puede observar en la figura IV.66.

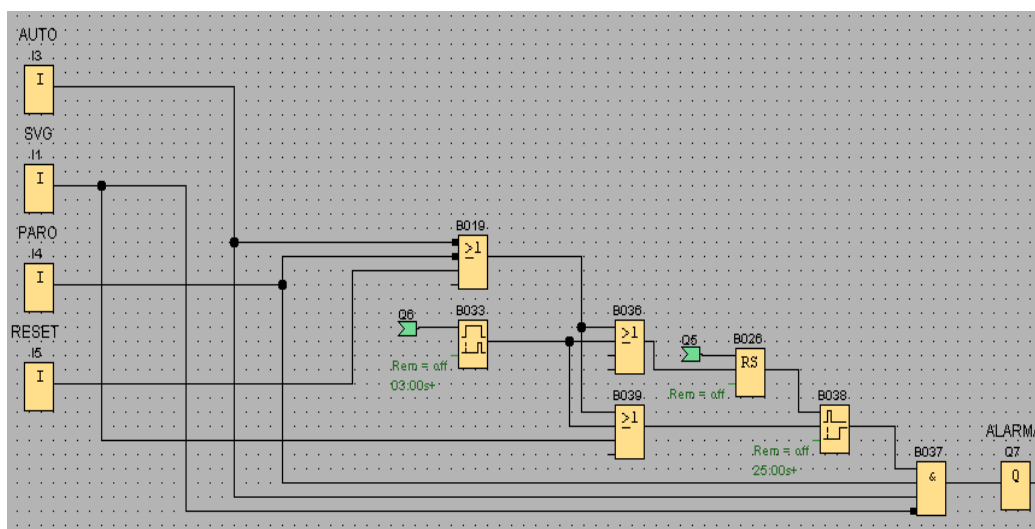


Figura IV.66 Ventana de Programación para Alarmas

La salida Q7 representa la señal de salida que activará las alarmas instaladas en el exterior del TTA (luces led) y la sirena instalada en el interior del taller, esta señal se activa luego del tercer intento que tuvo el grupo electrógeno para arrancar, consta de un relé auto-enclavador que mantiene encendido las alarmas, mientras no se presione el pulsador instalado en el TTA para empezar nuevamente el ciclo de encendido automático (RESET ON). La simulación de la salida Q7 para activar las **ALARMAS** se puede observar en la figura IV.67.

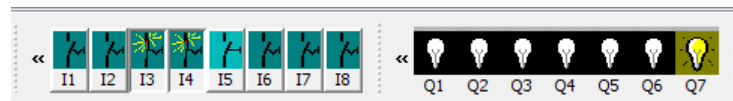


Figura IV.67 Simulación de la señal de salida ALARMA

CAPÍTULO V

PRUEBAS Y RESULTADOS

5.1. RESULTADOS DEL TTA

Los resultados obtenidos con el nuevo sistema de transferencia automático se detallan a continuación:

El ciclo de encendido automático del generador tarda 36 segundos máximo, y un mínimo de 24 segundos, programados de la siguiente manera:

N° PULSOS	OPERACIÓN	RETARDO	DURACION
1	ON GENERADOR	2 seg.	2 seg.
1	RESET GEN.	2 seg.	2 seg.
4	START GEN	5 seg.	2 seg.
1	STOP GEN	3 min.	3 seg.

Tabla V.VII Tiempos establecidos para el Generador

El ciclo de tiempos programados para el cambio de transferencia automática entre el generador de emergencia y la red pública EEQ son los siguientes:

OPERACIÓN	ACCION PREVIA	RETARDO	CAMBIO
TRANSFERENCIA EEQ-GEN	GENERADOR ON	30 seg.	2 seg.
TRANSFERENCIA GEN-EEQ	REESTABLECIO RED EEQ	3 min.	2 seg.

Tabla V.VIII Tiempos establecidos para transferencias

Se verificó y se comprobó que los tiempos establecidos comprobando que el tiempo máximo que se demora en encender el generador y realizar la transferencia entre EEQ hacia el GENERADOR es en un tiempo máximo de 1 minuto y 6 segundos, al intentar arrancar el generador con tres pulsos de arranque, mientras que si no ocurre ningún problema mecánico en el generador este arranca y realiza la transferencia en un tiempo de 53 segundos quedando en este tiempo las pruebas finales.

5.2 PRUEBAS DEL SISTEMA DE TRANSFERENCIA

Las pruebas del nuevo sistema de transferencia de energía eléctrica instalado se realizaron las siguientes pruebas antes e que entre en funcionamiento

5.2.1 PRUEBAS INICIALES

Antes de conectar los cables de energía de la red pública EEQ con el tablero de transferencia TTA, se miden los voltajes entre las tres líneas de voltaje y cada línea con neutro, obteniendo los siguientes resultados:

EMPRESA ELECTRICA QUITO

Voltaje de línea R-S =212

Voltaje de línea R-T = 214

Voltaje de línea S-T = 214

Voltaje de fase R-N = 122.8

Voltaje de fase S-N =122.6

Voltaje de Fase T-N =123.8

Voltaje Neutro-Tierra G-N = 0.1 V.

Se verifica la secuencia de fases entre la red pública (EEQ) y el Generador de Emergencia, utilizando el equipo secuenciador de Fases y se obtiene los siguientes resultados:

EMPRESA ELECTRICA QUITO

R S T

GENERADOR DE EMERGENCIA

R S T



Figura V.68. Comprobación de Fases

5.2.2 PRUEBAS FINALES

Luego de verificar que no hay inconvenientes con la medición de voltajes y con la secuencia de fases de las dos fuentes de alimentación de energía eléctrica, se procede a energizar el tablero dejando alimentando las cargas con la red pública EEQ, en modo manual.

El generador arrancó sin carga de forma automática, sin presentar problemas con los siguientes datos:

N° Horas: 271 horas, 57 min.

Frecuencia = 60.8

Voltaje de línea R-S = 220

Voltaje de línea R-T = 221

Voltaje de línea S-T = 220

Se procedió a realizar las pruebas con cargas conectadas del edificio y del taller, obteniendo los siguientes resultados:

EMPRESA ELECTRICA QUITO**GENERADOR DE EMERGENCIA**

Voltaje de línea R-S = 212

Voltaje de línea R-S = 220

Voltaje de línea R-T = 215

Voltaje de línea R-T = 220

Voltaje de línea S-T = 215

Voltaje de línea S-T = 221

IR = 48

IR = 38

IS = 18

IS = 20

IT = 39

IT = 35

F= 60.5

Se realizaron las pruebas finales del funcionamiento del tablero de transferencia automática en los dos modos de operación manual y automático y se deja constancia el documento de acta de ENTREGA-RECEPCIÓN (adjunto ANEXO 3), entregando en óptimas condiciones de uso como se muestra en la figura V.69 y dejando habilitado en modo automático.



Figura V.69. Vista Frontal del Interior del TTA

Los posibles escenarios que se puede presentar al momento de manipular el TTA en conjunto funcionando con el grupo generador se presenta en la siguiente tabla:

MODO DE OPERACIÓN		ENTRADAS		SALIDAS	
SELECTOR S1	SELECTOR S2	RED PUBLICA EEQ	GENERADOR	RED EEQ	GENERADOR
AUTO	GEN, OFF, EEQ	ON	OFF	ON	OFF
	GEN, OFF, EEQ	OFF	ON	OFF	ON
	GEN, OFF, EEQ	ON	ON	ON	OFF
MANUAL	GEN	ON	ON	OFF	ON
		ON	OFF	OFF	OFF
		OFF	ON	OFF	ON
	EEQ	ON	ON	ON	OFF
		ON	OFF	ON	OFF
		OFF	ON	OFF	OFF
	OFF	ON	ON	OFF	OFF

Tabla V.IX Escenarios de pruebas del TTA

5.3 PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN

5.3.1 ARRANQUE EN VACIO.

Para operar el Generador de Emergencia en Vacío se procede de la siguiente manera:

- 1.- Verificar los niveles de combustible, aceite y refrigerante del Generador.
- 2.- Verificar que los interruptores del Generador se encuentren en la posición ON.



Figura V.70. Interruptores del Grupo Electrónico.

- 3.- Presionar el botón ON en el panel frontal del generador



Figura V.71. Panel Frontal del Grupo Electrónico

- 4.- Revisar que las luces de alarma del panel frontal no estén encendidas.
- 5.- Verificar que el botón de PARADA DE EMERGENCIA no esté presionado; si es así, desactivarlo girando la perilla.
- 6.- Presionar el botón RESET.
- 7.- Encender el Generador presionando dos veces el botón START, con retardos de 2 segundos.
- 8.- Registrar los datos de corriente de fase, voltaje entre fases y frecuencia, en el formato de mantenimiento del Generador de Emergencia.
- 9.- Transcurrido un tiempo estimado de 30 min, apagar el generador presionando el botón STOP.

5.3.2 OPERACION CON CARGA

Modo Automático

Para operar en Modo Automático se procede de la siguiente manera:

- 1.- Verificar que el botón PARADA DE EMERGENCIA del generador no esté presionado, si es así, desactivarlo girando la perilla.
- 2.- Revisar que la luz VOLTAJE CONTROL se encuentre encendida.

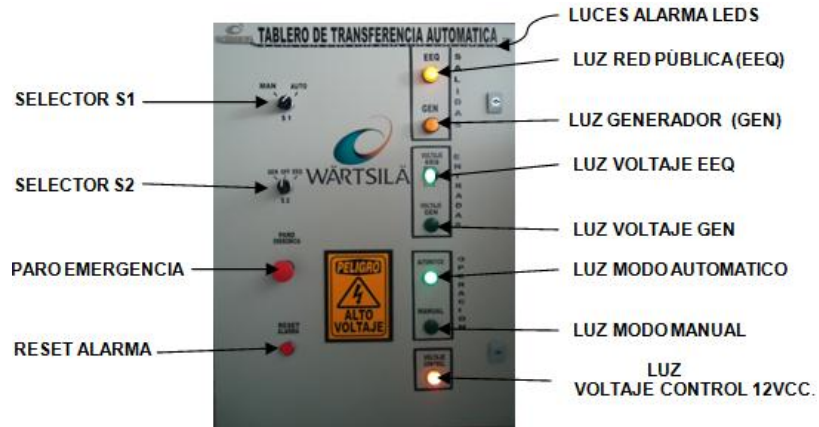


Figura V.72. TTA operando en modo automático

3.- Colocar el selector S1 del TTA en la posición AUTO (Automático).

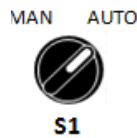


Figura V.73. Selector S1 en posición AUTO

4.- Observar que se encienda la luz AUTOMATICO del bloque de OPERACION.

Modo Manual

Para operar en Modo Manual se debe seguir los siguientes pasos:

- 1.- Arrancar el generador de emergencia en vacio (ver arranque en vacio).
- 2.- Comprobar el paso anterior, observando que la luz VOLTAJE GEN del bloque de ENTRADAS se encuentre encendida.

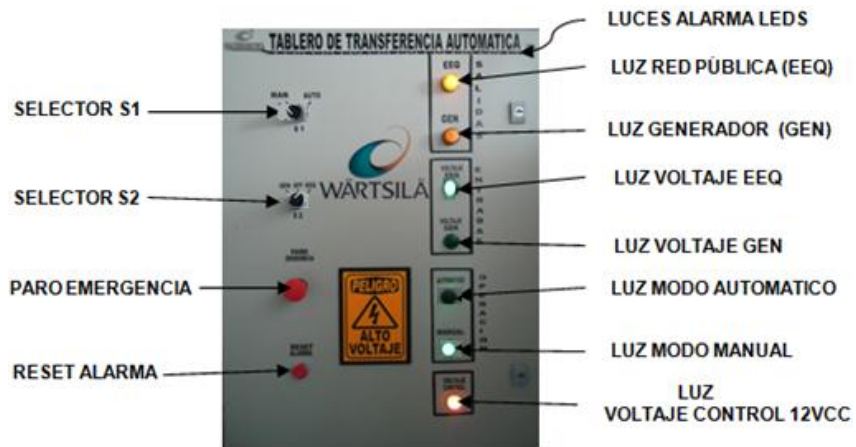


Figura V.74. TTA Operando en modo manual

3.- Colocar el selector S2 en la posición OFF.

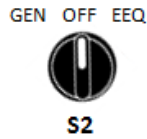


Figura V.75 Selector S2 en posición OFF

4.- Colocar el selector S1 en la posición MAN (Manual), observar que se encienda la luz MANUAL en el bloque OPERACION.

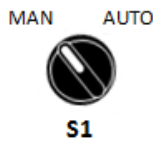


Figura V.76 Selector S1 en posición Manual

5.- Girar el selector S2 a la posición GEN (Generador), observar que se encienda la luz GEN del bloque SALIDAS.

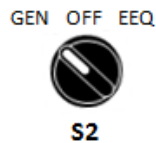


Figura V.77 Selector S2 en posición Manual-Generador

6.- Si se restableció la energía de la red pública, en el tablero TTA observar que se encuentre encendido la luz VOLTAJE EEQ en el bloque ENTRADAS.

7.- Girar el selector S2 desde la posición GEN hasta la posición EEQ, observar que se encienda la luz EEQ del bloque SALIDAS.

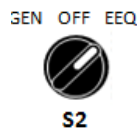


Figura V.78 Selector S2 en posición Manual-Red Pública

8.- Apagar el generador presionando el botón STOP en el panel frontal.

5.4 PLAN DE MANTENIMIENTO

5.4.1 MANTENIMIENTO DEL TTA

- Se debe limpiar el polvo con una brocha debidamente aislada, todos los componentes del tablero, ya que por condiciones ambientales del sitio se acumula el polvo en el lugar.
- Se debe ajustar los pernos y tornillos y borneras de los componentes, ya que por corrientes parásitas o vibraciones estos tienden a aflojarse.
- Se debe verificar que las luces piloto se encuentren en buen estado, y cambiarlos si es necesario.
- Se debe revisar los voltajes de la batería de control, además que el cargador de baterías se encuentre encendido.
- Por motivos de seguridad es importante simular una interrupción de energía de la red pública para verificar el estado en que se encuentra el sistema grupo generador –TTA.

5.4.2 MANTENIMIENTO DEL GRUPO ELECTRÓGENO

El programa para el mantenimiento del generador de emergencia es el siguiente:

- **MANTENIMIENTO SEMANAL**
 - Verificar los niveles de combustible (siempre debe permanecer lleno), aceite y refrigerante.
 - Encender el generador sin carga durante 30 minutos.
 - Realizar una Inspección visual

➤ **MANTENIMIENTO MENSUAL**

- Encender el motor con carga, registrar datos de corriente de fase, voltaje entre fases y frecuencia.
- Revisar conexiones eléctricas

➤ **MANTENIMIENTO de 1000 horas o DOS Años**

- **Calibración de válvulas**

Verificar el gap de las válvulas de admisión y escape (14 y 18 respectivamente)

- **Cambio de filtros**

Cambiar los siguientes filtros:

- Filtro de aceite John Deere: T19044
- Filtro de combustible John Deere: RE60021
- Filtro de aire Duralite Donaldson: ECC085001 DC012UA

- **Cambio de aceite:**

Purgar el aceite del motor, llenarlo con aceite nuevo marca Shell 20W50. (2.5 gl de aceite).

- **Cambio de refrigerante:**

Inspeccionar las condiciones del refrigerante, si es necesario cambiar, purgar y llenar con una dosificación de 50% de refrigerante y 50% de agua. Si el refrigerante está en condiciones de seguir funcionando, completar el nivel de ser necesario.

Nota.- En el anexo 4 se presenta el formato de la hoja de registro que se utiliza para controlar los mantenimientos preventivos que se realizan semanalmente al grupo electrógeno de emergencia.

CONCLUSIONES

- ✓ Una vez finalizado el proyecto se ha cumplido con el diseño y construcción del circuito de potencia para transferir el suministro de energía eléctrica entre la red pública y el grupo electrógeno de emergencia de 40 KVA, utilizando contactores electromagnéticos de 125A.
- ✓ Se realizó el diseño y construcción del circuito de control para recibir y enviar señales a los dos contactores y al grupo electrógeno de emergencia, de esta manera conseguimos tener un sistema automático por medio de un LOGO! PLC.
- ✓ Se programó el TTA para que realice el encendido del grupo electrógeno y realice la transferencia automático en menos de 1 minuto, este tiempo es menor al tiempo máximo de duración del UPS de 10 minutos, logrando así reducir el tiempo de encendido manual anteriormente utilizado.
- ✓ El TTA instalado, funciona en dos modos de operación manual y automático, el modo manual es un sistema auxiliar para trabajar cuando ocurra una falla del modo automático especialmente del PLC, este se activa con la manipulación de dos selectores instalados en el TTA.
- ✓ El nuevo sistema de transferencia se ha implementado sin reportar ninguna lesión física de personal, además, es importante señalar que todos los equipos y máquinas que funcionan a 220VAC, se encuentran funcionando correctamente con el nuevo sistema instalado.

RECOMENDACIONES

- ✓ En lo que respecta a las cargas que puede soportar el grupo electrógeno, se deben seguir las siguientes instrucciones por parte del personal de taller y oficinas del edificio WEC:
 - No utilizar equipos de 440 V.
 - Encender progresivamente las lámparas del taller.
 - No encender equipos de alto consumo como calefactores.
 - Conectar todos los computadores a las tomas UPS.

- ✓ Se recomienda al personal de taller WEC, revisar continuamente el procedimiento de operación del tablero de transferencia y designar al personal autorizado para la manipulación del TTA, para prevenir fallas en el funcionamiento del sistema de transferencia, incluso para prevenir accidentes en el personal por una mala manipulación del mismo.

- ✓ Se recomienda al personal de taller encargado del mantenimiento preventivo semanal del grupo electrógeno, registrar todos los datos de las mediciones del generador utilizando el formato que se adjunta en el ANEXO 2.

- ✓ Se recomienda incentivar el desarrollo de este tipo de aplicaciones a los alumnos de la FIE de la ESPOCH.

RESUMEN

Se construyó la automatización del sistema de transferencia de energía eléctrica entre la red pública Empresa Eléctrica Quito y el generador de Emergencia de 40KVA, para el edificio WÄRTSILÄ ECUADOR de la ciudad de Quito; WÄRTSILÄ empresa Finlandesa líder en proveer soluciones energéticas en el sector marino y petrolero del Ecuador, en el edificio funcionan los departamentos administrativos de la empresa, junto con un taller que se encarga de realizar mantenimientos correctivos de los motores Vassa 32 y Wärtsilä 32 entre sus principales actividades.

Durante la investigación aplicamos el método analítico partiendo de la identificación del problema, formulación de la hipótesis, definición del alcance y su posterior análisis.

El circuito de potencia está formado por dos contactores electromagnéticos de 125A, que están protegidos contra sobre intensidades con interruptores termomagnéticos y fusibles NH ultra rápidos. El circuito de control está formado por dos supervisores de voltaje trifásico, un Controlador Lógico Programable LOGO!,12/24 RC, un módulo de expansión digital DM8, relés electromagnéticos funcionando a 12VDC desde una fuente de batería de 9AH, cada componente está protegido contra sobre intensidades con fusibles cilíndricos de 1A. El software utilizado para la programación del sistema de transferencia es LOGO! Soft Comfort V6.1.

Los resultados obtenidos con el funcionamiento del nuevo TTA, se puede verificar que el tiempo que se tarda en encender el generador y realizar la transferencia automática es un tiempo máximo de 1 minuto con 6 segundos y un mínimo de 53 segundos, con un porcentaje del 98% de efectividad durante las pruebas finales realizadas, el tiempo de retardo depende de cuantos pulsos de arranque necesita el generador para encender, con un máximo de tres pulsos.

Podemos concluir diciendo que el sistema de transferencia automática de energía eléctrica constituye un importante aporte para la producción de la empresa WARTSILA Ecuador. Permitiendo tener un suministro continuo de energía eléctrica durante las 24 horas del día, evitando así tener pérdidas de información en los departamentos

administrativos, y paros de mantenimientos en el taller, por causa de los cortes de energía eléctrica de la red pública.

Es recomendable que todo edificio disponga de un generador auxiliar de energía eléctrica funcionando en conjunto con un sistema de transferencia automática.

SUMMARY

The Electric energy transfer system automation between the public Empresa Eléctrica Quito and the Emergency generator 40KVA network was constructed for the building WARTSILA ECUADOR of Quito city; WARTSILA is a finish enterprise which a leader in providing energy solutions in the marine and oil sector of Ecuador, in the building the enterprise administrative departments work together with a workshop in charge of carrying out corrective maintenance of motors Vassaa2 and Wartsila 32 among its main activities.

During the investigation the analytical method was applied starting from the problem identification, hypothesis, formulation reach definition and further analysis.

The power circuit is formed by electro-magnetic contactors 125A which are protected against over-intensities with thermo-magnetic breakers and ultra-rapid fuses.

The control circuit is formed by two tri-phase voltage supervisors, a Programmable Logic Controller LOGO 12/24 RC, a digital expansion module DM8, electro-magnetic relays functioning at 12VDC from a 9AH battery source; each component is protected against over-intensities with 1A cylindrical fuses. The software used for the transfer system programming is LOGO Soft Comfort V6.1.

The results obtained with the functioning of the new TTA can show that the time to start the generator and carry out the automated transfer is 1 min maximum time with 6 seconds and a minimum of 53 seconds with 98% effectiveness during the final tests; the delay time depends on how many pulses the generator needs to start with a maximum of three pulses.

It can be concluding by saying that the electric energy automated transfer system constitutes an important contribution to the production of the WARTSILA Ecuador

enterprise, permitting to have a continuous energy supply during the 24 hours, avoiding information losses at the administrative departments and maintenance stops in the workshop because of the electric energy cuttings of the public network.

It is recommended that all the building had an auxiliary electric energy generator functioning as a whole with an automated transfer system.

GLOSARIO

Tablero de Traslferencia Automática TTA.- El TTA es un sistema que realiza el control permanente del estado de las tres líneas de voltaje de 220V., y efectúa el cambio del suministro de energía en Modo de operación Manual o Automático, una vez que se ha detectado la falla en una o las tres líneas de voltaje que suministra la Empresa Eléctrica Quito.

Operación con Carga.- Esta operación se realiza cuando el grupo generador de reserva, entra a alimentar las cargas del edificio Wartsila.

Arranque en Vacío.- Este procedimiento nos indica el encendido del grupo generador en forma Manual, para realizar el mantenimiento semanal o para activar el Modo Manual por falla del modo automático.

Modo Manual.- Si se presenta una falla del modo automático (especialmente del PLC), el TTA cuenta con un sistema auxiliar para trabajar en modo manual, que tiene la función de activar todo el sistema de energía manualmente, con la ayuda de dos selectores.

Modo Automático.- Este modo de operación permite realizar el arranque del grupo generador y realizar el cambio de suministro de energía en forma automática, entre la red pública y el generador de Emergencia.

Corriente de servicio: Corriente que consume un receptor (estufa eléctrica, lámpara, motor) de forma permanente.

Calibre: La corriente que es capaz de soportar el contactor durante 8 horas seguidas sin que se sobrecaliente. AC1, AC2.

Corriente cortada: La máxima corriente que es capaz de cortar un contactor sin destruirse por sobrecalentamiento (soporta 1.000.000 de maniobras aprox.).

BIBLIOGRAFIA GENERAL

- 1.- CHAPMAN, S., Máquinas Eléctricas., 4.a.ed.,
México D.F.-México., McGraw-Hill., 2005., Pp. 375-441.
- 2.- COOPRER, W. y otros., Instrumentación Electrónica Moderna., 2.a.ed.,
Madrid-España., Pearson Educación., 1991., Pp. 100-150.
- 3.- DORF, R., Sistemas de Control Moderno., 10.a.ed.,
Washington-Estados Unidos., Prentice Hall., 2000., Pp. 70-80.
- 4.- ENRIQUEZ, G., Libro Práctico de Generadores, Transformadores., 2.a.ed.,
México D.F.-México., Limusa., 2003., Pp. 20-60
- 5.- ENRIQUEZ, G., Fundamentos de Instalaciones Eléctricas.,
México D.F.-México., Limusa., 2003., Pp. 360-400
- 6.- KOSOW, I., Máquinas Eléctricas y Transformadores., 2.a.ed.,
Washington-Estados Unidos., Prentice Hall., 1993., Pp. 500-530.
- 7.- MAYOL, G., Autómatas Programables., 3.a.ed.,
México D.F.-México., McGraw-Hill., 2005., Pp. 100-120.
- 8.- SIEMENS., Manual LOGO!., 6.a.ed.,
México D.F.-México., McGraw-Hill., 2006., Pp. 20-273.

9.- COMPONENTES ELÉCTRICOS

http://www.procobre.org/archivos/peru/conductores_electricos.pdf

2011-11-10

<http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Contactor&oldid=50864914>

<http://silvinobarcelomerida.suite101.net/circuito-de-mando-y-circuito-de-potencia-de-un-automatismo-a48655#ixzz113zlzyd8>

2011-11-15

10.- GENERADOR DE CORRIENTE ALTERNA

<http://www.sabelotodo.org/electrotecnia/generadoralterna.html>

http://www.walter-fendt.de/ph14s/generator_s.htm

2011-09-20

11.- GRUPOS ELECTRÓGENOS

<http://www.slideshare.net/Import3000/manual-grupos-electrogenos-taiger>

<http://grupoelectrogeno.net/>

<http://www.sdmo.com/ES/FAQ/index.aspx>

2011-10-10

12.- TRANSFERENCIA AUTOMÁTICA

<http://es.wikipedia.org/wiki/Rel%C3%A9>

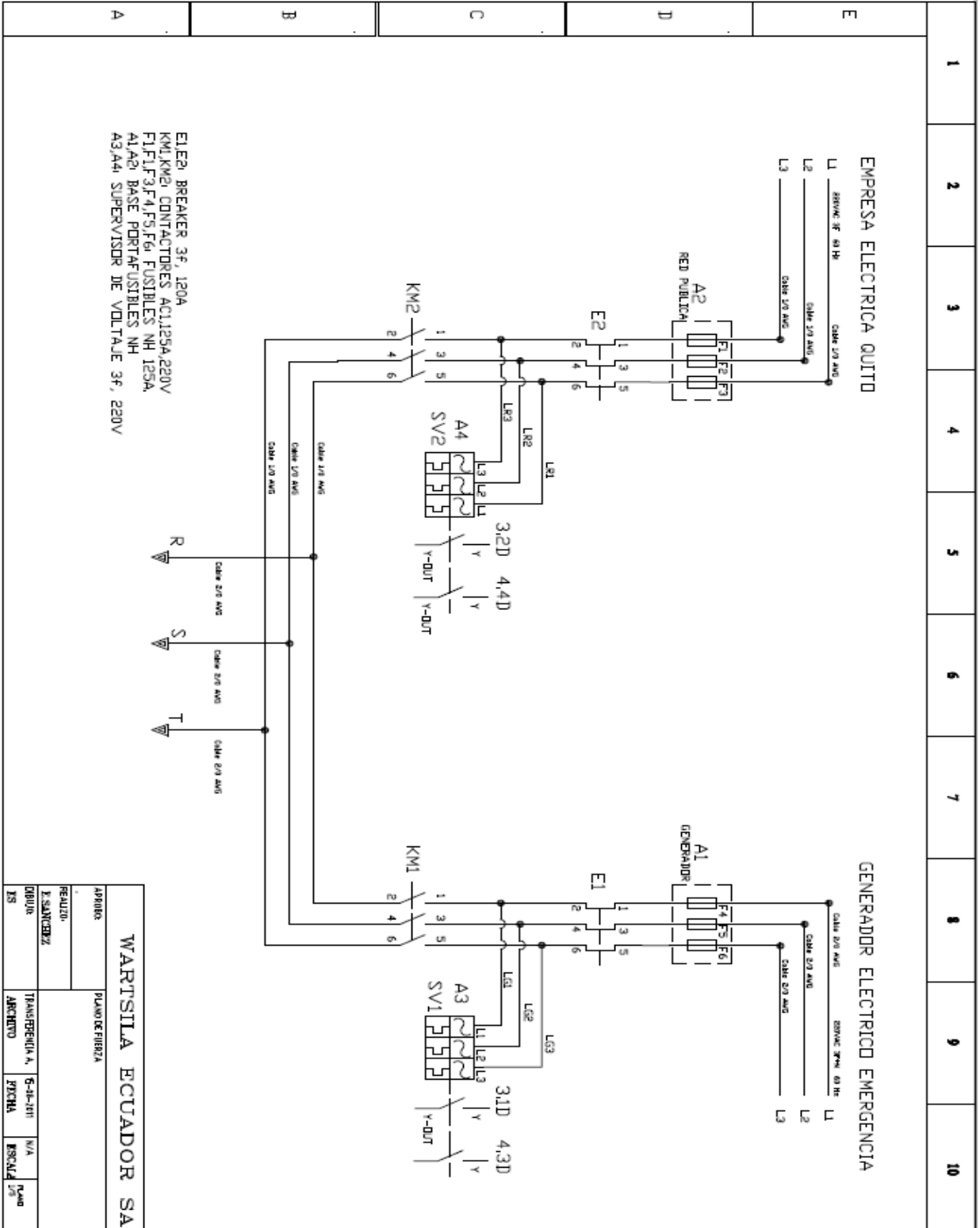
http://www.velasquez.com.co/catalogo/transferencia_automatizada_con_contactores.pdf

2011-10-09

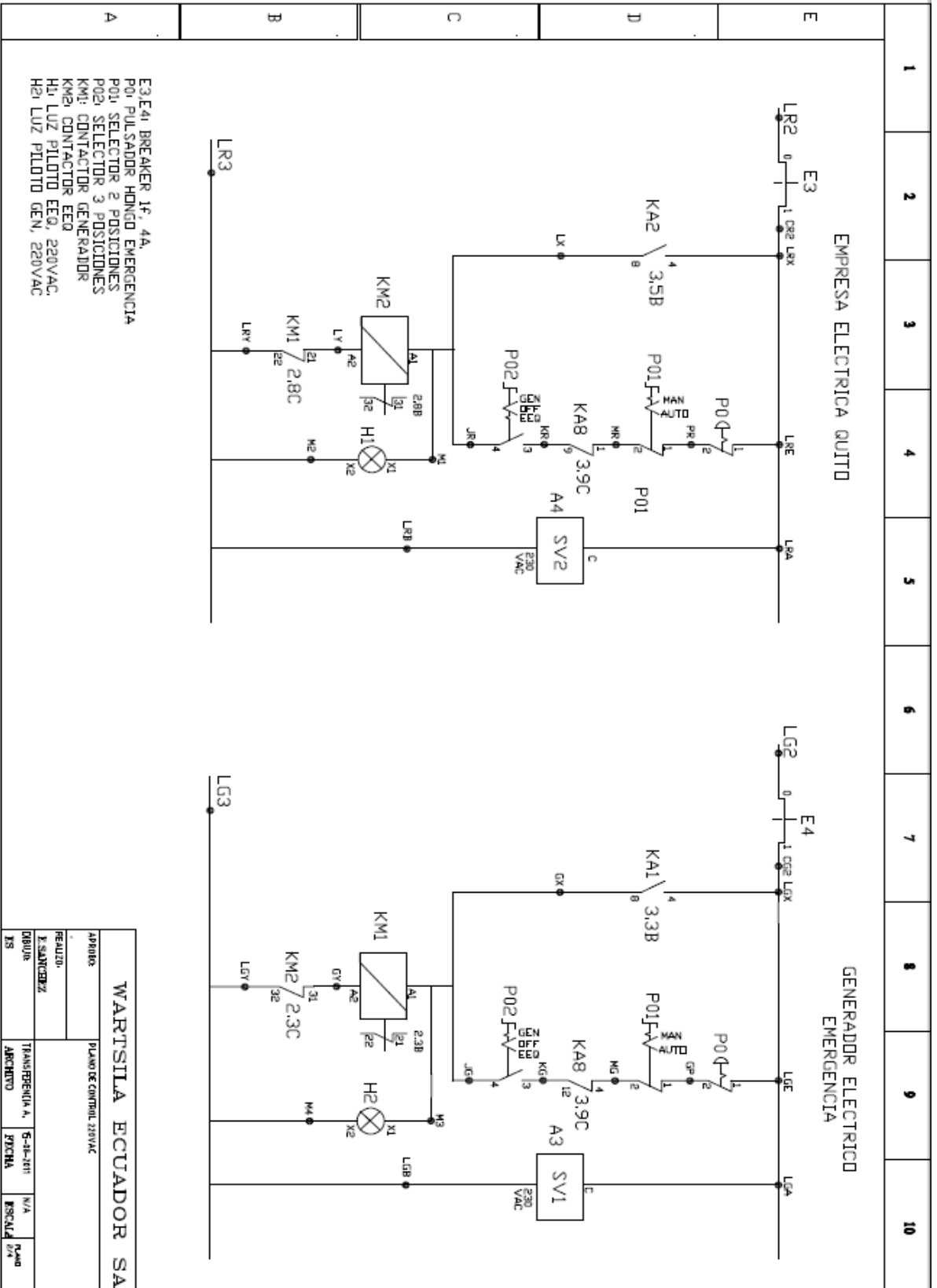
ANEXOS

ANEXO 1

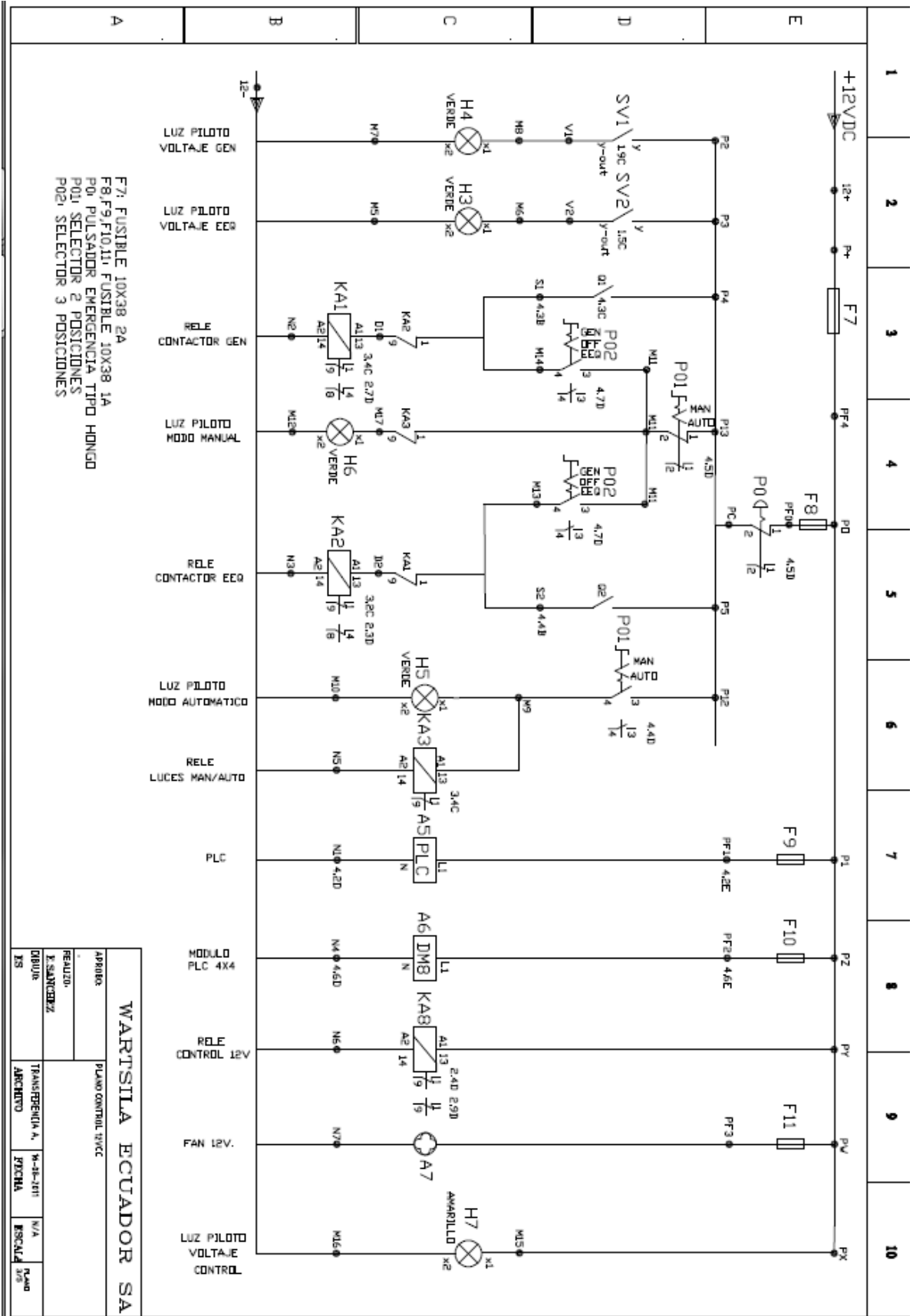
PLANO #1 DE FUERZA



PLANO #2 CONTROL 220VAC

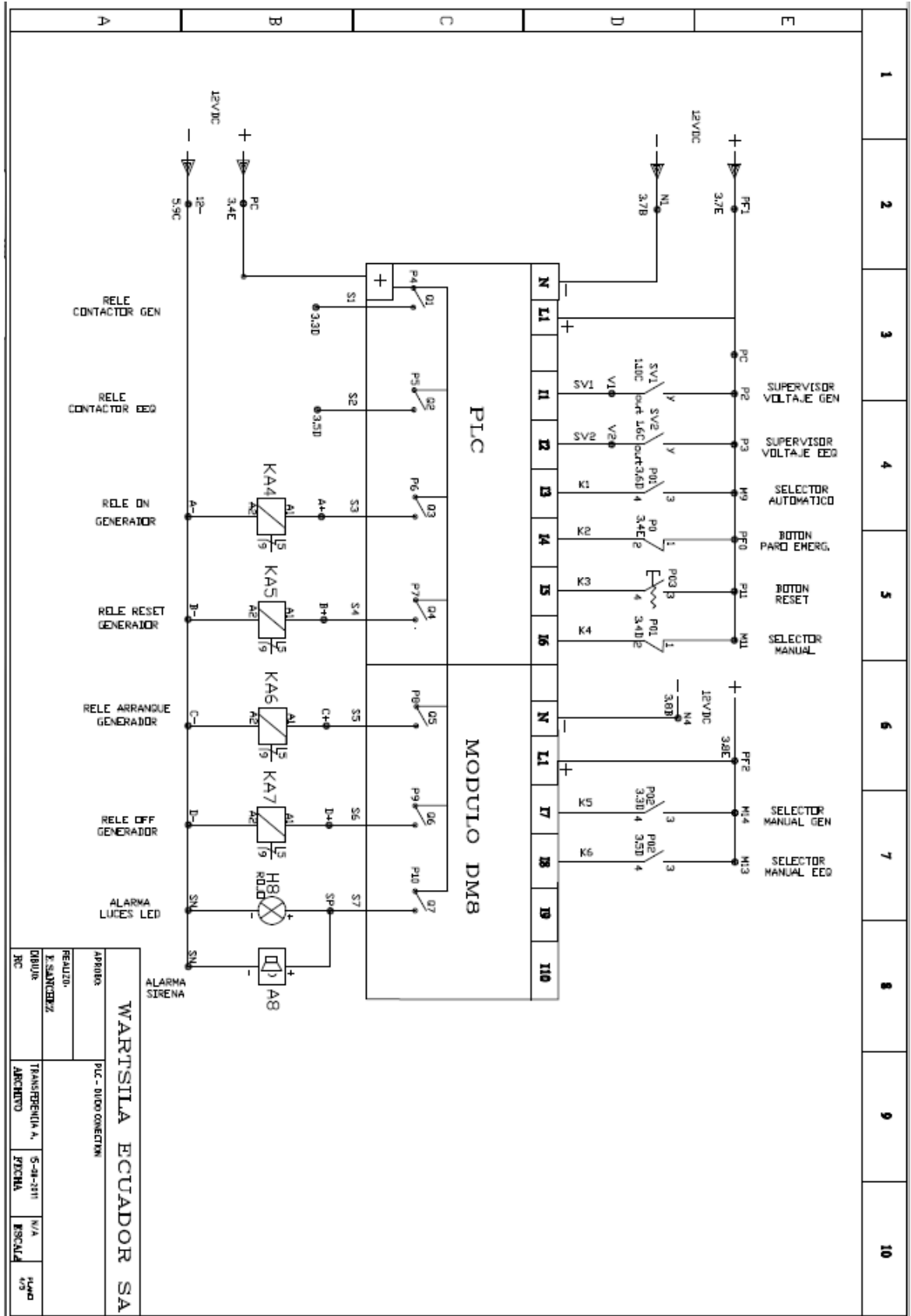


PLANO #3 CONTROL 12VCC



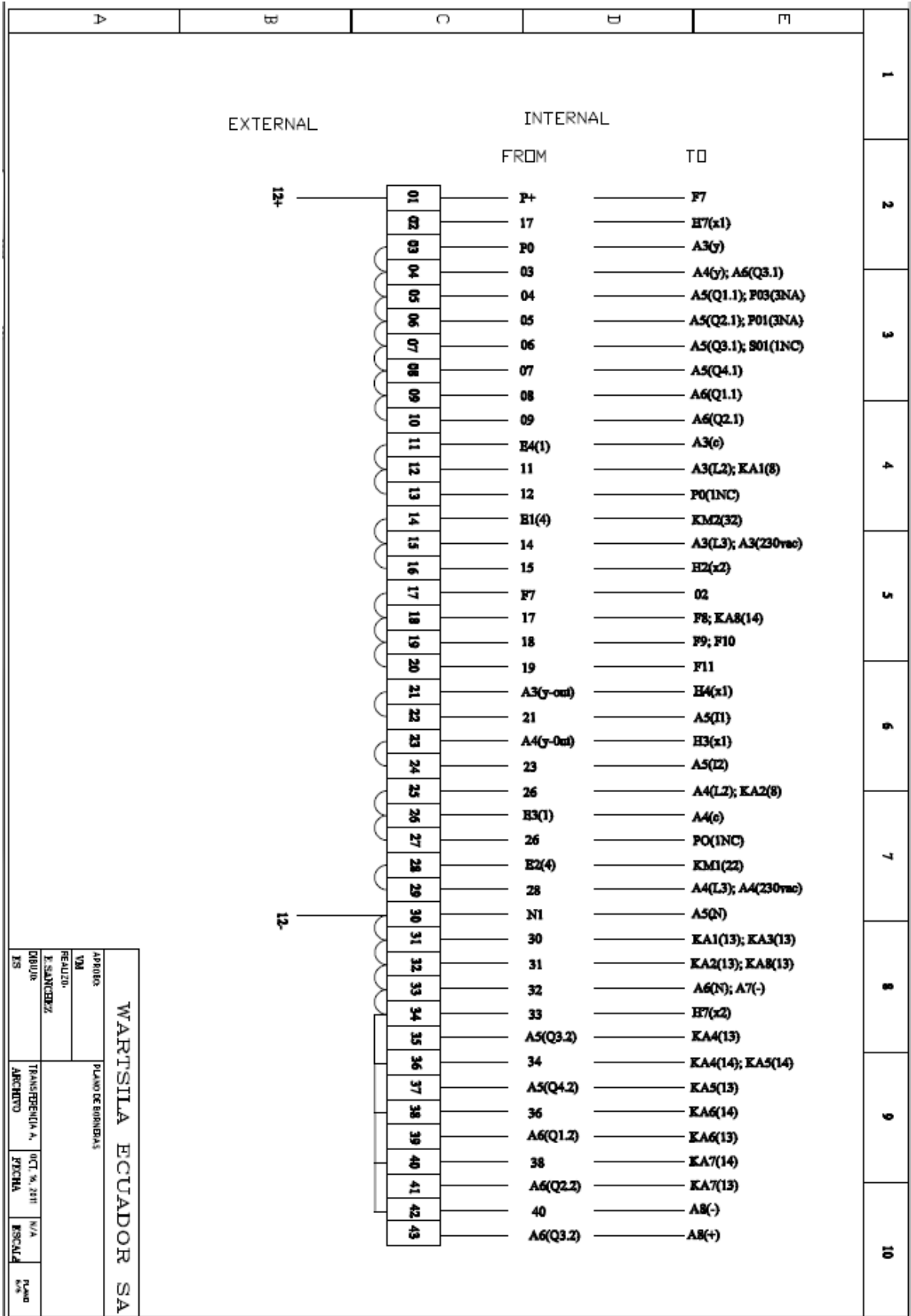
WARTSILA ECUADOR SA			
APROBADO:		PLANO CONTROL 12VCC	
E. SANCHEZ		TRANSFERENCIA A.	
DIBUJO:		ARCHIVO	
JIS		FYCHA	
M-24-1011		V/A	
ESCALA		PLANO	
3/5		3/5	

PLANO #4 PLC DI/DO CONECTION

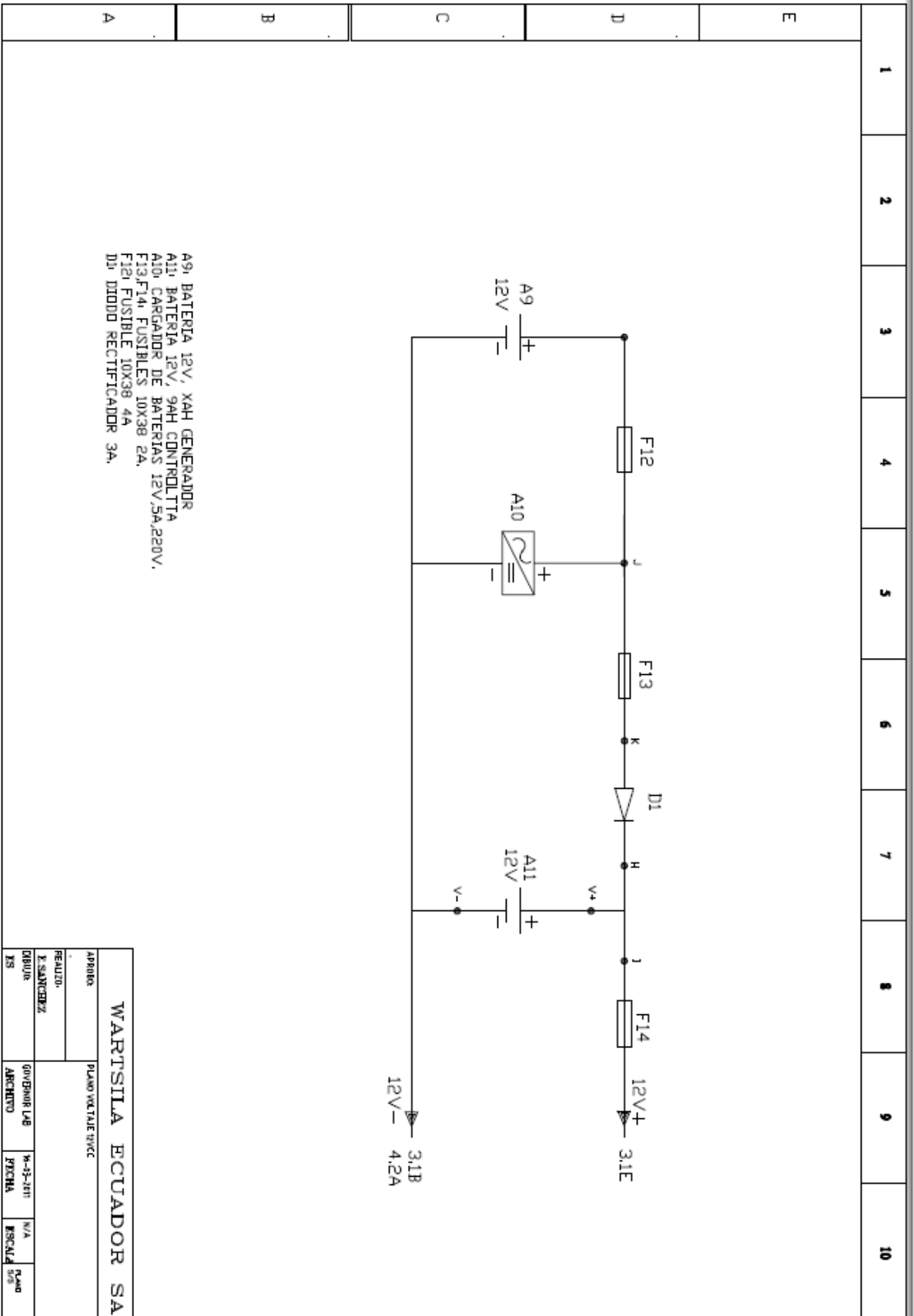


WARTSILA ECUADOR SA			
APRUBADO: PLC - DI/DO CONECTIVO			
REALIZADO:			
E. SALAZAR			
REVISADO:			
TRANSMISION A:			
ARCHIVO:	5-24-211	N/A	1440
PROYECTO:	PROYECTO	REVISADO	4/2

PLANO #5 BORNERAS



PLANO #6 SUMINISTRO 12VCC



ANEXO 2

HOJA DE REGISTRO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO
GENERADOR DE EMERGENCIA

MES:	
-------------	--

Mantenimiento Semanal

ACTIVIDAD	ESTADO				Observaciones
Fecha					
Horas de Trabajo					
Nivel de Combustible					
Nivel de aceite					
Nivel de refrigerante					
Voltaje de la Batería					
Encendido del Generador (30 min.)					
Responsable (firma)					

Mantenimiento Mensual

ACTIVIDAD	ESTADO		Observaciones
Fecha			
Horas de Trabajo			
Encendido del motor con carga			
Corrientes de fase (A)	I1		
	I2		
	I3		
Voltaje entre fases (V)	V12		
	V23		
	V13		
Frecuencia (HZ)			
Conexiones Eléctricas			
Responsable (firma)			

Comentarios:

ANEXO 3



CHECK LIST DE ENTREGA - RECEPCION


El nuevo Tablero de Transferencia Automático (TTA), se entrega con las siguientes capacidades:

ITEM	DESCRIPCION	ESTADO		OBSERVACION
		OK	NOT	
1	Control de Transferencia Modo Manual a 12 Vcc	✓		✓
2	Control de Transferencia Modo Automático a 12 Vcc	✓		✓
3	Control de Transferencia Modo Manual a 220 Vac	✓		✓
4	Encender Generador en Modo Automático	✓		✓
5	Transferencia Automática entre EEQ – GEN	✓		✓
6	Transferencia Automática entre GEN – EEQ	✓		✓
7	Apagar Generador en Modo Automático	✓		✓
8	Alarma de Falla Arranque Generador en Modo Automático	✓		✓

ENTREGA:


Edison Sánchez.

APROBADO:


Víctor Moreno
Electrical Technical Service
Wärtsilä Ecuador

ANEXO 4

LISTADO DE PRECIOS DE MATERIALES

CANTIDAD	DESCRIPCION	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	tablero eléctrico	144	144
1	canaleta ranurada 60x40	4.4	4.4
1	canaleta ranurada 25x25	2.99	2.99
2	riel djn	2.8	5.6
1	ventilador con rejilla	25.6	25.6
2	Selector	12.56	25.12
5	luz piloto 12vcc	8.96	44.8
2	luz piloto 220vac	3.6	7.2
2	contactores LS 125A.	182.25	364.5
1	logo siemens	111.6	111.6
1	modulo logo siemens	86.5	86.5
2	supervisor de voltaje 3f.	59.4	118.8
2	breaker 125A. 3f	115.2	230.4
8	bases para fusible 10x38	1.55	12.4
8	fusibles 2A. (10x38)	0.29	2.32
12	fusibles NH, 125ª	7.5	90
2	base fusibles NH. 3f	11.6	23.2
1	sirena 12vcc	12	12
2	relé 12vcc, 14 pines con base	5.2	10.4
7	relé 12vcc, 8 pines con base	4.7	32.9
3	canaletas metálicas	16.35	49.05
8	curva 90grad. canaleta metálica	9.15	73.2
1	enclavamiento mecánico	26.41	26.41
1	cargador de baterías	129.82	129.82
1	batería 12vcc 9AH	45	45
30	Borneras	1.2	36
4	punte de borneras	9.5	38
3	cable (mts) desnudo 8AWG	1.45	4.35
30	cable (mts) flexible 1/0AWG	10.52	315.6
20	cable (mts) flexible 2/0AWG	12.533	250.66
30	cable (mts) 2 hilos 16AWG	2.2	66
24	terminal talón 1/0AWG	0.73	17.52
6	terminales talón 2/0AWG	1.1	6.6
1	lamina acrílico	62.4	62.4
4	aisladores eléctricos de barra	3.86	15.44
1	lámpara de emergencia	65	65
1	cinta luces led	12	12
TOTAL			\$ 2567.78

Fuente de Financiamiento: Empresa Wärtsilä Ecuador S.A.

ANEXO 5



SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN REGISTRO DE ANÁLISIS DE RIESGOS EN TAREAS (ART)

WEF-A-703

- 1.- Fecha evaluación de riesgos: 8-11-2011
- 2.- Fecha inicia servicios: 8-11-2011
- 3.- Fecha entrega informe: 9-11-2011
- 4.- Nombre Empresa: Wartsila
- 5.- Actividades que realizará en WEC: Conexión de líneas de fuerza
Pruebas en estación generador
- 6.- Personal que realizarán las actividades: Pedro Albaro - Edison Sánchez
- 7.- Condiciones climáticas:
- 8.- Riesgos laborales y ambientales por actividades:

ACTIVIDADES	RIESGOS	MEDIOS CONTROL	OBSERVACIONES
<p>NOMBRE:</p> <p>Actividades:</p> <p>a) Conexión fuerza termo tablero</p> <p>b)</p> <p>c)</p> <p>d)</p> <p>e)</p> <p>Materiales:</p> <p>a) Cable BAWG desmudo</p> <p>b) Terminales</p> <p>c)</p> <p>d)</p> <p>e)</p> <p>Herramientas y Equipos:</p> <p>a) llave 10 mm</p> <p>b)</p> <p>c)</p> <p>d)</p> <p>e)</p> <p>Tiempo Estimado: 30 min.</p> <p>Fecha de Realización: 8-11-2011</p>	<p>electroshock</p>	<p>Utilizar EPP, herramientas adecuadas.</p>	
<p>NOMBRE:</p> <p>Actividades:</p> <p>a) Pruebas de funcionamiento con</p> <p>b) generador en vacío.</p> <p>c)</p> <p>d)</p> <p>e)</p> <p>Materiales:</p>			

a) ← b) c) d) e) Herramientas y Equipos: a) PC b) Cable PLC c) Tiempo Estimado: 2 horas Fecha de Realización: 8-11-2011			
NOMBRE: Actividades: a) b) c) d) e) Materiales: a) b) c) d) e) Herramientas y Equipos: a) b) Tiempo Estimado: Fecha de Realización:			
Inicio de Actividades: 8-11-2011	Responsable WEC: <i>Rodolfo Alba</i>		

Notificación: La ausencia o uso inadecuado de los equipos de protección personal, señalización y medidas de prevención determinadas por Wäertsilä Ecuador, exime a la compañía de toda posibilidad de reclamo por parte del contratista. Las actividades descritas son las únicas autorizadas para realizarlas. En caso de continuar actividades luego de las 17H00, continuar al día siguiente o cambio de las condiciones climáticas se deberá aprobarse un nuevo ART.

Asistentes a la reunión:

Nombre	Firma	Nombre	Firma
<i>Mayra Cortés</i>	<i>[Firma]</i>		
<i>Rodolfo Alba</i>	<i>[Firma]</i>		
<i>Edison Sanchez</i>	<i>[Firma]</i>		
.....

Aprobación:

Fecha:

Fecha próxima evaluación: