

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN TABLERO DE TRANSFERENCIA AUTOMÁTICA PARA EL SISTEMA DE SERVICIOS AUXILIARES DE LA SUBESTACIÓN LAS ESCLUSAS

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO EN ELECTROMECAÁNICA

RENE MARCELO CAMACHO VERA
E mail: Marcelo1562000@hotmail.com

DIRECTOR DEL PROYECTO
ING. GERMÁN CASTRO MACANCELA. MSc.
E mail: gammaservicios@andinanet.net

Quito, Mayo 2013

DECLARACIÓN

Yo, René Marcelo Camacho Vera, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

RENE MARCELO CAMACHO VERA

CERTIFICACIÓN

Certifico que el siguiente trabajo fue desarrollado por el Sr. René Marcelo Camacho Vera, bajo mi supervisión, el trabajo práctico se encuentra desarrollado en su totalidad, operativo y sin problema alguno.

ING. GERMÁN CASTRO MACANCELA. MSc.
DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTO

Luego de transitar una etapa importante en mi vida y al estar cerca de culminarla, es preciso agradecer a todas las personas que de una u otra forma ha recorrido a mi lado este camino.

Es así que quiero dar a Dios todo poderoso, que me ha conservado con salud, que me dio la inteligencia, que me ha guiado y cuidado e iluminado en toda mi vida universitaria.

A mis padres Cesar Camacho y Geoconda Vera que me han enseñado los valores del respeto, solidaridad, humildad, y responsabilidad lo cual me ha ayudado a ser una buena persona y excelente profesional.

A mi familia por el apoyo incondicional durante mi formación tanto personal como profesional.

A la Escuela Politécnica Nacional y a quienes son parte de ella, en la cual he desarrollado mis conocimientos, en especial al Ing. Germán Castro por su ayuda y guía en el desarrollo de este proyecto.

A la empresa ACROSEL por haberme dado la oportunidad, y todas las facilidades para la implementación de este proyecto.

Marcelo C.V.

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a mi novia Ingeniera Tania Toapanta por regalarme siempre una sonrisa en mi vida, quien siempre me está apoyando, que con su amor y cariño me enseña a nunca darme por vencido.

Marcelo C.V.

INDICE

RESUMEN	1
PRESENTACION	2

CAPITULO 1

SISTEMAS DE TRANSMISIÓN Y DISTRIBUCIÓN

1.1. INTRODUCCION.....	3
1.2. ENERGIA ELECTRICA.....	4
1.2.1. GENERACION	4
1.3. GENERACION ELECTRICA	5
1.3.1. CENTRAL TERMOELECTRICA.....	5
1.3.2. CENTRAL DE ENERGIA NUCLEAR	6
1.3.3. CENTRAL DE ENERGIA EOLICA	8
1.3.4. CENTRAL TERMICA DE ENERGIA SOLAR.....	9
1.3.5. CENTRAL DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA	10
1.3.6. CENTRAL DE ENERGIA MAREOMOTRIZ	11
1.3.7. CENTRAL DE ENERGIA HIDROELECTRICA.....	12
1.3.8. GENERACION ELECTRICA POR GRUPO ELECTROGENO	14
1.3.8.1. Motor.....	14
1.3.8.2. Regulador o governor.....	14
1.3.8.3. Sistema de refrigeracion.....	15
1.3.8.4. Alternador.....	15
1.3.8.5. Bancada.....	15
1.3.8.6. Aislamiento de la vibracion.....	15
1.3.8.7. Sistema de control.....	15
1.4. SISTEMA DE TRANSMISION DE ENERGIA ELECTRICA.....	16
1.4.1. LINEAS DE TRANSMISION	17
1.4.2. TORRES TRANSMISION	17
1.5. SISTEMA NACIONAL INTERCONECTADO ECUATORIANO	18
1.6. SUBESTACIONES.....	19
1.7. ELEMENTOS QUE CONSTITUYEN LA SUBESTACION LAS ESCLUSAS	21
1.7.1. CARACTERISTICAS PRINCIPALES.....	23

1.7.2.	OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.....	24
1.8.	SISTEMA DE SERVICIOS AUXILIARES DE LA SUBESTACION LAS ESCLUSAS	25
1.8.1.	SELECCIÓN DE LA CONFIGURACION.....	25
1.8.2.	TRANSFORMADORES DE SERVICIOS AUXILIARES	26
1.8.3.	CLASIFICACION DE LOS SERVICIOS AUXILIARES.....	27
1.8.3.1.	Sistema de corriente alterna de 800 A – 220/127 Vac.....	28
1.8.3.2.	Sistema de corriente continua de 100 A – 125 Vdc.....	29
1.8.4.	CENTRO DE CONTROL	31

CAPITULO 2

DISEÑO DEL TABLERO DE TRANSFERENCIA AUTOMÁTICA

2.1.	INTRODUCCION.....	32
2.2.	DESCRIPCION GENERAL.....	33
2.3.	TRANSFERENCIA AUTOMATICA.....	35
2.4.	ESPECIFICACIONES TECNICAS	36
2.4.1.	CARACTERISTICAS PRINCIPALES.....	36
2.4.2.	DETALLE DE ESTRUCTURA METALICA	37
2.4.3.	DETALLE DE BARRAJE Y CONFIGURACION	37
2.4.4.	DETALLE DE ALAMBRADO Y TERMINALES	38
2.4.5.	DETALLE DE OPERACIÓN Y FUNCIONAMIENTO	38
2.4.6.	DETALLE DE COMANDOS Y SEÑALIZACION	38
2.5.	DISEÑO.	39
2.5.1.	SELECCIÓN DE MODULOS MECANICOS Y ACCESORIOS	39
2.5.1.1.	Modulo de control	39
2.5.1.2.	Modulo de accionamiento	40
2.5.1.1.	Tablero modular	41
2.5.2.	DISEÑO DEL CIRCUITO DE FUERZA	41
2.5.2.1.	Características del breaker motorizado.....	43
2.5.2.1.1.	<i>Operación y manual</i>	43
2.5.2.1.2.	<i>Operación y automatical</i>	43
2.5.2.1.3.	<i>Bobinas de cierre y apertura</i>	45
2.5.2.1.4.	<i>Accionamiento motorizado</i>	45
2.5.2.1.5.	<i>Unidad de disparo electronico Micrologic 2.0.A</i>	46

2.5.2.2. Enclavamiento mecanico.....	47
2.5.2.3. Barras.....	47
2.5.2.4. Aisladores.....	48
2.5.3. DISEÑO DEL CIRCUITO DE CONTROL.....	48
2.5.3.1. Sistema de alimentacion.....	48
2.5.3.2. Sistema de supervicion.....	49
2.5.3.3. Sistema de medida.....	50
2.5.3.3.1. Caracteristicas de los analizadores de redes.....	51
2.5.3.3.2. Caracteristicas de los transformadores de corriente.....	51
2.5.3.4. Control logico.....	52
2.5.3.4.1. Funciones basicas de un PLC.....	53
2.5.3.4.2. Caracteristicas del controlador.....	53
2.5.3.4.3. Distribucion de entradas del PLC.....	55
2.5.3.4.4. Distribucion de salidas del PLC.....	56
2.5.3.5. Sistema de iluminacion y alefaccion.....	57
2.6. CALADO DE PUERTAS.....	58

CAPITULO 3

PROGRAMACION DEL CONTROLADOR

3.1. INTRODUCCION.....	59
3.2. DESCRICION DEL SOFTWARE TWIDO SUITE.....	60
3.2.1. FUNCIONES DE TWIDO SUITE.....	60
3.2.2. REQUISITOS MINIMOS RECOMENDADOS.....	60
3.2.3. INSTALACION.....	60
3.2.4. EJECUCION DEL SOFTWARE.....	61
3.2.5. ESPACIO DE TRABAJO.....	63
3.2.6. CONFIGURACION DEL HARDWARE.....	64
3.2.7. EDICION DE DATOS.....	66
3.2.8. ESCRIBIR EL PROGRAMA.....	67
3.2.8. EDITOR DEL PROGRAMA.....	67
3.3. PROGRAMACION EN LADDER.....	68
3.3.1. INSERCIÓN DE INSTRUCCIONES.....	68
3.3.2. SIMULACION DEL PROGRAMA.....	69

3.4.	TRANSFERENCIA DEL PROGRAMA	71
3.4.1.	EJECUCION DEL PROGRAMA	73
3.5.	FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE TRANSFERENCIA AUTOMATICA.....	74
3.5.1.	AJUSTE DE LOS PARAMETROS DE LOS SUPERVISORES DE VOLTAJE.....	76
3.5.2.	FUNCIONAMIENTO AUTOMATICO	77
3.5.2.1.	Secuencia de transferencia automatica	77
3.5.2.2.	Secuencia de retransferencia automatica	78
3.5.3.	FUNCIONAMIENTO MANUAL	81
3.5.3.1.	Secuencia de cierre y apertura manual	82
3.6.	PROGRAMACION DE LA APLICACION.	82

CAPITULO 4

ARMADO, PRUEBAS E IMPLEMENTACION

4.1.	INTRODUCCION.....	84
4.2.	MONTAJE DE EQUIPOS Y ACCESORIOS.....	85
4.2.1.	EQUIPO DE CONTROL	85
4.2.1.	EQUIPO DE FUERZA.....	87
4.3.	CONEXIONES	89
4.4.	PRUEBAS.....	90
4.4.1.	PRUEBA DE AISLAMIENTO.....	91
4.4.2.	PRUEBA DEL SISTEMA DE CONTROL	91
4.4.3.	PRUEBA DEL SISTEMA DE SUPERVISION	92
4.4.4.	PRUEBA DEL SISTEMA DE MEDIDA	92
4.4.5.	PRUEBA DE OPERACIÓN LOCAL Y REMOTO	92
4.4.6.	PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO AUTOMATICO	93
4.4.7.	PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO MANUAL	93
4.5.	IMPLEMENTACION	93
4.6.	ENERGIZACION Y PUESTA EN MARCHA.....	94
4.6.1.	OPERACIÓN LOCAL MANUAL	94
4.6.2.	SELECCIÓN LOCAL AUTOMATICO.....	95

CAPITULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES	97
6.2. RECOMENDACIONES	99
GLOSARIO DE TERMINOS.	101
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.	103

ANEXOS

ANEXO A

Diagrama unifilar del sistema nacional interconectado del Ecuador con ubicación geográfica de las centrales de generación, transformación, y líneas de transmisión a 230KV, 138KV, y 69KV en los anillos que conforman el SNI, así como las interconexiones con Colombia y Perú.

ANEXO B

Diagrama unifilar del sistema nacional interconectado del Ecuador con ubicación de todas las subestaciones así como también la subestación Las Esclusas.

ANEXO C

Diagramas del sistema de servicios auxiliares De Corriente Alterna 800 A - 220/127V AC de la Subestación Las Esclusas.

ANEXO D

Diagramas del sistema de servicios auxiliares De Corriente Continua 100 A – 125 Vdc. De la Subestación Las Esclusas.

ANEXO E

Planos estructurales de la selección de los módulos mecánicos del tablero de transferencia.

ANEXO F

Planos estructurales del Diseño del circuito de fuerza en los Módulos mecánicos del tablero de transferencia.

ANEXO G

Planos de control del diseño del sistema de transferencia automática.

ANEXO H

Programa completo en lenguaje ladder de todo el sistema de transferencia automática triple de la subestación Las Esclusas.

INDICE DE FIGURAS

CAPITULO 1

FIGURA 1.1.	CENTRAL TÉRMICA DE CARBÓN DE CICLO CONVENCIONAL	6
FIGURA 1.2.	ESQUEMA DE UNA CENTRAL NUCLEAR	7
FIGURA 1.3.	ESQUEMA DE UNA TURBINA EÓLICA	8
FIGURA 1.4.	CENTRAL TÉRMICA DE ENERGÍA SOLAR	10
FIGURA 1.5.	CENTRAL DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA	11
FIGURA 1.6.	ESQUEMA DE UNA CENTRAL DE ENERGÍA MAREOMOTRIZ	12
FIGURA 1.7.	CENTRAL HIDROELÉCTRICA PAUTE	13
FIGURA 1.8.	PARTES CONSTITUTIVAS DE UN GRUPO ELECTRÓGENO	14
FIGURA 1.9.	GRUPO ELECTRÓGENO TÍPICO	16
FIGURA 1.10.	ESQUEMA DE SISTEMA DE TRANSMISIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA TÍPICO.....	17
FIGURA 1.11.	ANILLO ELECTRICO DE GUAYAQUIL 230 KV	22
FIGURA 1.12.	SUBESTACIÓN LAS ESCLUSAS	23
FIGURA 1.13.	AUTO TRASFORMADOR DE POTENCIA	24
FIGURA 1.14.	ALIMENTACIÓN AL SISTEMA DE SERVICIOS AUXILIARES.....	26
FIGURA 1.15.	TRASFORMADOR DE SSAA	27
FIGURA 1.16.	GENERADOR SSAA	27
FIGURA 1.17.	TABLERO DE TRASFERENCIA AUTOMÁTICA	29
FIGURA 1.18.	CARGADORES Y RECTIFICADORES.....	30
FIGURA 1.19.	BANCO DE BATERÍAS	30

CAPITULO 2

FIGURA 2.1.	ESQUEMA DE CONEXIÓN DE LA FUENTE DE ALIMENTACIÓN	33
FIGURA 2.2.	PANEL OPERADOR.....	34
FIGURA 2.3.	MODULO DE CONTROL.....	39

FIGURA 2.4.	MODULO DE ACCIONAMIENTO.....	40
FIGURA 2.5.	MOTORIZADO SCHNEIDER.....	41
FIGURA 2.6.	UBICACIÓN DE LOS BREAKERS MOTORIZADOS.....	42
FIGURA 2.7.	BORNES DE CONEXIÓN DE BREAKER MOTORIZADO SCHNEIDER.....	42
FIGURA 2.8.	DESCRIPCIÓN DE LAS PARTES DEL BREAKER MOTORIZADO.....	43
FIGURA 2.9.	DE CONEXIONES DEL BREAKER MOTORIZADO.....	44
FIGURA 2.10.	BOBINA DE CIERRE O APERTURA.....	45
FIGURA 2.11.	ACCIONAMIENTO MOTORIZADO.....	45
FIGURA 2.12.	ACCESORIOS EN BARRA DE COBRE.....	47
FIGURA 2.13.	ESQUEMA DE CONEXION.....	49
FIGURA 2.14.	SUPERVISOR DE VOLTAJE ICM 450.....	49
FIGURA 2.15.	SUPERVISORES DE DE VOLTAJE DEL TABLERO DE TRASFERENCIA.....	50
FIGURA 2.16.	ANALIZADOR DE RED.....	50
FIGURA 2.17.	TRANSFORMADOR DE CORRIENTE.....	52
FIGURA 2.18.	CPU Y PLC TWIDO TWDLCAA40DRF.....	53
FIGURA 2.19.	CPU Y PLC TWIDO TWDLCAA40DRF.....	54
FIGURA 2.20.	TABLERO DE ESTRUCTURAL.....	58

CAPITULO 3

FIGURA 3.1.	INSTALACIÓN DEL SOFTWARE.....	61
FIGURA 3.2.	PANTALLA DE INICIO DE TWIDO SUITE.....	62
FIGURA 3.3.	PANTALLA DE CONFIGURACIÓN INICIAL.....	62
FIGURA 3.4.	ESPACIO DE TRABAJO.....	64
FIGURA 3.5.	DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS.....	65
FIGURA 3.6.	SELECCIÓN DE DE EQUIPOS.....	65
FIGURA 3.7.	EDICIÓN DE SÍMBOLOS.....	66
FIGURA 3.8.	PANTALLA DE EDICIÓN DEL PROGRAMA.....	67
FIGURA 3.9.	AGREGAR SECCION.....	68
FIGURA 3.10.	AGREGAR ESCALON.....	68
FIGURA 3.11.	PALETA DE INSTRUCCIONES.....	69
FIGURA 3.12.	INICIO DEL SIMULADOR.....	70
FIGURA 3.13.	INDICADORES DE ESTADO.....	70
FIGURA 3.14.	CONSOLA DE CONTROL.....	71
FIGURA 3.15.	CONEXIÓN PC AUTÓMATA.....	71
FIGURA 3.16.	TRASFERENCIA DE LA APLICACIÓN AL AUTÓMATA.....	72
FIGURA 3.17.	TRANSFERENCIA DEL PROGRAMA.....	73

FIGURA 3.18. CONSOLA DE CONTROL DEL AUTÓMATA.....	73
FIGURA 3.19. FLUJO GRAMA CON DEL SISTEMA DE TRASFERENCIA.....	75
FIGURA 3.20. FLUJO GRAMA DEL FUNCIONAMIENTO AUTOMÁTICO.....	80
FIGURA 3.21. FLUJO GRAMA DEL FUNCIONAMIENTO MANUAL.....	81

CAPITULO 4

FIGURA 4.1. EQUIPOS DE SUPERVISIÓN.....	85
FIGURA 4.2. EQUIPOS DE CONTROL.....	86
FIGURA 4.3. PANEL DE CONTROL.....	86
FIGURA 4.4. ESTANDARIZACIÓN DE COLORES PARA BARRA DE COBRE.....	87
FIGURA 4.5. UNIONES DE BARRAS DE COBRE.....	88
FIGURA 4.6. ETIQUETA.....	88

INDICE DE TABLAS

TABLA 1.1. LÍNEAS DE TRASMISIÓN DEL ANILLO DE 230 KV.....	19
TABLA 2.1. CARACTERISTICAS TECNICAS ANG 96.....	51
TABLA 3.1. AJUSTE DEL SUPERVISOR DE VOLTAJE DEL T1.....	76
TABLA 3.2. AJUSTE DEL SUPERVISOR DE VOLTAJE DEL T2.....	76
TABLA 3.3. AJUSTE DEL SUPERVISOR DE VOLTAJE DEL GEN.....	76

RESUMEN

El presente proyecto detalla el desarrollo de un tablero de transferencia automática para la subestación Las Esclusas.

El tablero de transferencia automática se desarrolla para que abastezca de energía al sistema de servicios auxiliares, conmuta tres redes de alimentación de forma manual o automática, desde el propio tablero de control o desde el HMI del centro de control de la subestación, para lo cual el diseño del circuito de control se fundamenta en un control paralelo a distancia.

En el capítulo 1 se da a conocer la infraestructura involucrada en el proceso de generación y distribución de energía eléctrica a las poblaciones y grandes ciudades, en el Ecuador la energía es distribuida mediante el sistema nacional interconectado el cual conecta todas las centrales generadoras con las empresas distribuidoras.

En el capítulo 2 se explica el diseño y la construcción de un tablero de transferencia automática, y los dispositivos de maniobra, comando, y protección, necesarios para cumplir un buen funcionamiento dentro de un sistema eléctrico.

En el capítulo 3 se describe las características del software de programación utilizado para editar la aplicación lógica que gobierna el comportamiento del controlador, además se detalla el funcionamiento del sistema de transferencia automática.

En el capítulo 4 se describe el proceso de armado del tablero de transferencia, así como también la identificación de cada componente y las pruebas de rutina que deben pasar los tableros eléctricos antes de su puesta en marcha y operación.

En el capítulo 5 se expone las conclusiones y recomendaciones obtenidas durante la ejecución de este proyecto.

PRESENTACIÓN

Con la finalidad de proporcionar un sistema de accionamiento automático que controla el suministro de energía al sistema de servicios auxiliares de la subestación Las Esclusas desde tres fuentes de alimentación diferentes, se ha implementado un tablero de transferencia automática.

CAPITULO 1

SISTEMAS DE TRANSMISIÓN Y DISTRIBUCIÓN

1.1. INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se da a conocer la infraestructura involucrada en el proceso de generación y distribución de energía eléctrica a las poblaciones y grandes ciudades. En la actualidad las fuentes de energía primarias que más se aprovechan en el Ecuador son las hidroeléctricas y térmicas, pero en los últimos años se ha visto un crecimiento de las fuentes de energía alternativas como las solar y eólica.

La energía eléctrica generada es transportada desde el punto de generación hasta los centros de consumo, mediante el sistema nacional interconectado (S.N.I.) el cual conecta todas las centrales generadoras con las empresas distribuidoras. Para la transmisión de energía eléctrica a grandes distancias el voltaje es elevado y regulado mediante subestaciones eléctricas, que son complejos en donde se regula los parámetros de la energía eléctrica, y su elemento principal es el transformador de potencia.

Una subestación cuenta con equipos de monitoreo, control, y comunicaciones, conocido como sistema de servicios auxiliares que es el encargado de mantener operativa al sistema de potencia de la subestación.

1.2. ENERGÍA ELÉCTRICA

La energía eléctrica se genera aprovechando las fuentes de energía naturales, las cuales se transforman para generar movimiento rotativo, el cual impulsa un alternador y este genera una diferencia de potencial entre sus terminales.

La energía eléctrica resulta de la existencia de una diferencia de potencial entre dos puntos, lo que permite la circulación de una corriente cuando se los conecta mediante un conductor eléctrico con cierta resistencia.

La energía eléctrica se manifiesta como corriente eléctrica, es decir, como el movimiento de electrones a través de un cable conductor.

1.2.1. GENERACIÓN¹

La generación de energía eléctrica se lleva a cabo mediante diferentes técnicas. Las que suministran las mayores cantidades y potencias de electricidad aprovechan un movimiento rotatorio para generar corriente alterna mediante un alternador o corriente continua mediante un dinamo.

El movimiento rotatorio resulta directamente de una fuente de energía mecánica, que se puede obtener aprovechando el salto de una corriente de agua, o una corriente de aire, este tipo de energía mediante un mecanismo electromecánico puede hacer girar una turbina, y este movimiento rotatorio se usa para la generación de energía eléctrica.

Los aparatos construidos con el fin de crear energía eléctrica se llaman generadores eléctricos.

En general, la generación de energía eléctrica consiste en transformar alguna clase de energía mecánica, térmica, química, o luminosa, entre otras, en energía eléctrica.

Para la generación industrial se recurre a instalaciones denominadas centrales eléctricas, que ejecutan alguna de las transformaciones antes mencionadas, estas constituyen el primer escalón de un sistema de suministro eléctrico.

¹http://es.wikipedia.org/wiki/Generaci%C3%B3n_de_energ%C3%ADa_el%C3%A9ctrica

1.3. GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Dependiendo de la fuente primaria de energía a utilizarse, las centrales generadoras más conocidas por el potencial de generación de energía se clasifican en:

- Termoeléctricas.
- Nucleares.
- Eólicas.
- Solares termoeléctricas.
- Solares fotovoltaicas.
- Mareomotrices.
- Hidroeléctricas.

1.3.1. CENTRAL TERMOELÉCTRICA²

Una central termoeléctrica o central térmica es una instalación empleada para la generación de energía eléctrica a partir de la energía liberada en forma de calor, normalmente mediante la quema de combustibles fósiles como diesel, gas natural o carbón.

El calor es empleado para generar vapor de alta temperatura y presión, con el cual se hace girar una turbina la cual está acoplada mecánicamente a un alternador para producir energía eléctrica.

En su forma más clásica, las centrales termoeléctricas consisten en una caldera en la que se quema el combustible para generar calor que se transfiere a unos tubos por donde circula agua, la cual se evapora.

El vapor obtenido, a alta presión y temperatura, se expande a continuación en una turbina de vapor, cuyo movimiento impulsa un alternador que genera la electricidad.

Luego el vapor es enfriado en un condensador donde circula por tubos agua fría de un caudal abierto de un río o por torre de refrigeración.

Ver figura 1.1

²http://es.wikipedia.org/wiki/Central_termoel%C3%A9ctrica

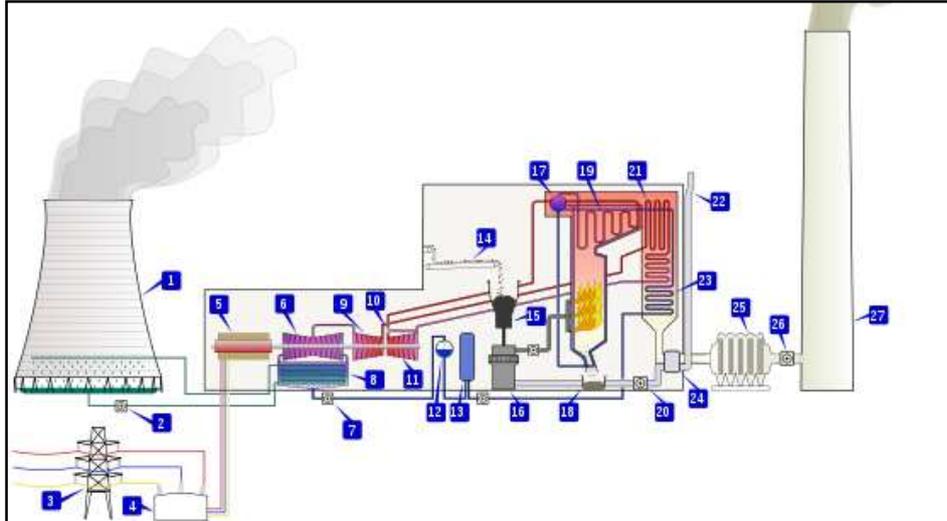


FIGURA: 1.1 CENTRAL TÉRMICA DE CARBÓN DE CICLO CONVENCIONAL³

- | | |
|--------------------------------------|---------------------------------|
| 14. Torre de refrigeración | 1. Tolva de carbón |
| 15. Bomba hidráulica | 2. Pulverizador de carbón |
| 16. Línea de transmisión | 3. Tambor de vapor |
| 17. Transformador eléctrico | 4. Tolva de cenizas |
| 18. Generador eléctrico | 5. Súper calentador |
| 19. Turbina de vapor | 6. Ventilador |
| 20. Bomba de condensación | 7. Recalentador |
| 21. Condensador | 8. Toma de aire |
| 22. Turbina | 9. Economizador |
| 23. Válvula de control de gases | 10. Pre calentador de aire |
| 24. Turbina de vapor de alta presión | 11. Precipitador electrostático |
| 25. Desgasificador | 12. Ventilador |
| 26. Calentador | 13. Chimenea |
| 27. Cinta transportadora de carbón | |

CENTRAL DE ENERGIA NUCLEAR⁴

Una central nuclear es una instalación industrial empleada para la generación de energía eléctrica a partir de energía nuclear, que se caracteriza por el empleo de materiales fisionables que mediante reacciones nucleares proporcionan calor. El calor es empleado por un ciclo termodinámico para mover un alternador y producir energía eléctrica.

³http://es.wikipedia.org/wiki/Central_termoelectrica

⁴http://es.wikipedia.org/wiki/Central_nuclear

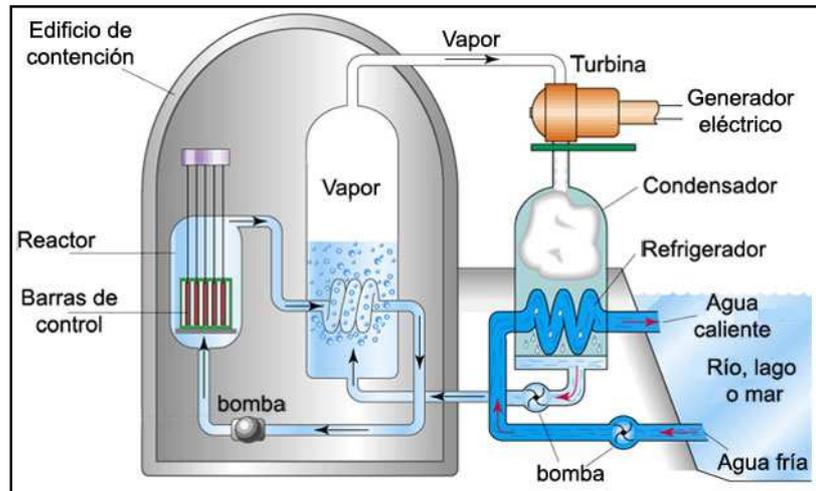


FIGURA: 1.2 ESQUEMA DE UNA CENTRAL NUCLEAR⁵

Estas centrales constan de uno o varios reactores, que son contenedores en cuyo interior se albergan varillas u otras configuraciones geométricas de minerales con algún elemento fisil (es decir, que puede fisionarse) o fértil (que puede convertirse en fisil por reacciones nucleares), usualmente uranio, y también plutonio, generado a partir de la activación del uranio.

En el proceso de fisión radioactiva, se establece una reacción que es sostenida y moderada mediante el empleo de elementos auxiliares dependientes del tipo de tecnología empleada.

Las instalaciones nucleares son construcciones complejas por la variedad de tecnologías industriales empleadas y por la elevada seguridad con la que se les dota. Las características de la reacción nuclear hacen que pueda resultar peligrosa si se pierde su control y prolifera por encima de una determinada temperatura a la que funden los materiales empleados en el reactor.

La energía nuclear se caracteriza por producir una gran cantidad de energía eléctrica, además produce residuos nucleares que hay que albergar en depósitos aislados y controlados durante largo tiempo, a cambio, no produce contaminación atmosférica de gases derivados de la combustión que producen el efecto invernadero, ni precisan el empleo de combustibles fósiles para su operación. Sin embargo, las emisiones contaminantes indirectas derivadas de su propia

⁵http://energia-nuclear.net/como_funciona_la_energia_nuclear.html

construcción, de la fabricación del combustible y de la gestión posterior de los residuos radiactivos no son despreciables. En la figura 1.2 se describe el esquema de un reactor nuclear y las partes que conforman una central nuclear típica.

1.3.2. CENTRAL DE ENERGÍA EÓLICA⁶

La energía eólica es la energía obtenida del viento, es decir, la energía cinética generada por efecto de las corrientes de aire, y que es transformada en otras formas útiles para las actividades humanas.

La energía eólica es un recurso abundante, renovable, limpio y ayuda a disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero al reemplazar termoeléctricas a base de combustibles fósiles, lo que la convierte en un tipo de energía verde.

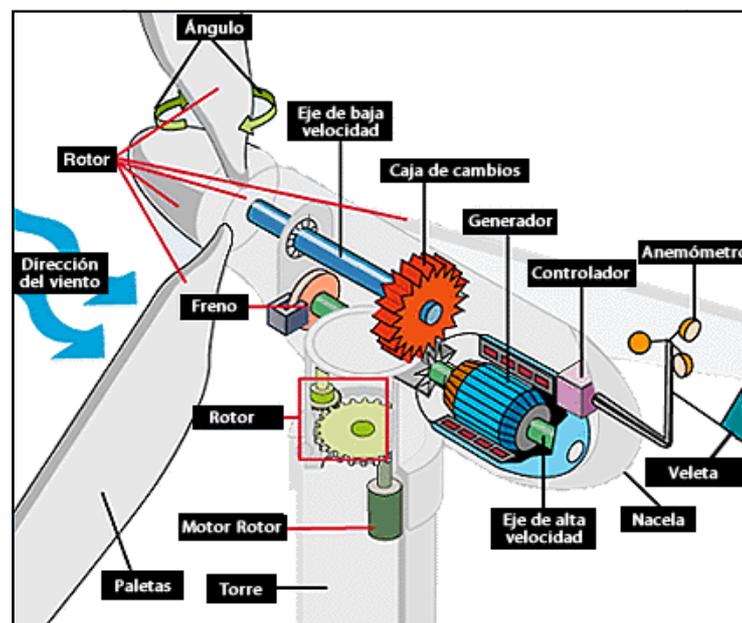


FIGURA: 1.3 ESQUEMA DE UNA TURBINA EÓLICA⁷

Un sistema conversor de energía eólica se compone de tres partes principales:

El rotor, que convierte la energía cinética del viento en un movimiento rotatorio en la flecha principal del sistema.

⁶http://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa_e%C3%B3lica

⁷<http://www.energy-spain.com/energia-eolica>

El rotor puede ser de eje horizontal o vertical, éste recupera, la energía cinética del flujo de viento que lo acciona. Está formado por las aspas y la maza central en donde se fijan éstas y se unen a la flecha principal; el rotor puede tener una o más aspas.

Un rotor pequeño, de dos aspas, trabaja a 900 revoluciones por minuto (rpm), en tanto que uno grande, de tres aspas lo hace a 32 rpm. El rotor horizontal de tres aspas es el más usado en los aerogeneradores de potencia, para producir electricidad trifásica conectada a los sistemas eléctricos. Para la generación de electricidad normalmente se utiliza una caja de engranes para aumentar las revoluciones a 900, 1,200 ó 1,800 rpm, para obtener corriente alterna trifásica de 50 o 60 ciclos por segundo.

En los aerogeneradores de potencia (figura 1.3), el sistema de control lo constituye un microprocesador que analiza y evalúa las condiciones de operación considerando rumbo y velocidad del viento; turbulencia y rachas; temperaturas en el generador, en la caja de transmisión y en los baleros de la flecha principal. Además, muestrea la presión y la temperatura de los sistemas hidráulicos de los frenos mecánicos de disco en la flecha; sus revoluciones por minuto, así como los voltajes y corrientes de salida del generador. Detecta vibraciones indebidas en el sistema, optando por las mejores condiciones para arrancar, parar, orientar el sistema al viento y enviar señales al operador de la central eléctrica sobre la operación del mismo.

1.3.3. CENTRAL TÉRMICA DE ENERGÍA SOLAR⁸

Son plantas compuestas por múltiples espejos cóncavos orientables, que concentran la luz solar sobre un depósito metálico que contiene agua u otro fluido. La captación y concentración de los rayos solares se hacen por medio de espejos con orientación automática que apuntan a una torre central donde se calienta el fluido, el cual al evaporarse mueve una turbina generando electricidad. Es una instalación en donde la energía mecánica que se necesita para mover el rotor del generador y, por tanto, obtener la energía eléctrica, se obtiene a partir del vapor formado al hervir el agua en una caldera.

⁸http://es.wikipedia.org/wiki/Central_t%C3%A9rmica_solar

El vapor generado tiene una gran presión, y se hace llegar a las turbinas para que en su expansión sea capaz de mover los álabes de las mismas. El vapor de agua a presión, por lo tanto, hace girar los alabes de la turbina generando energía mecánica. A su vez, el eje que une a los tres cuerpos de la turbina (de alta, media y baja presión) hace girar al mismo tiempo a un alternador unido a ella, produciendo así energía eléctrica. Esta es vertida a la red de transporte a alta tensión mediante la acción de un transformador. Por su parte, el vapor ya debilitado es enviado a unos condensadores. Allí es enfriado y convertido de nuevo en agua. Esta es conducida otra vez a los tubos que rodean las paredes de la caldera, con lo cual el ciclo productivo puede volver a iniciarse. En la figura 1.4 se muestra una central térmica solar.



FIGURA: 1.4 CENTRAL TÉRMICA DE ENERGÍA SOLAR⁹

1.3.4. CENTRAL DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA¹⁰

La energía solar fotovoltaica es un tipo de electricidad renovable obtenida directamente de los rayos del sol gracias al efecto fotoeléctrico de un determinado dispositivo; normalmente una lámina metálica semiconductor llamada célula fotovoltaica. La energía solar se usa para alimentar innumerables aparatos autónomos, para abastecer refugios o casas aisladas y para producir electricidad para redes de distribución.

⁹<http://aprendemei.blogspot.com/>

¹⁰http://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa_solar_fotovoltaica

Los módulos o paneles fotovoltaicos están formados por un cristal o lámina transparente superior y un cerramiento inferior entre los que queda encapsulado el sustrato conversor y sus conexiones eléctricas. La lámina inferior puede ser transparente, pero lo más frecuente es un plástico de telar. Para encapsular se suele añadir unas láminas finas y transparentes de EVA que se funden para crear un sellado antihumedad, aislante, transparente y robusto. La corriente eléctrica continua que proporcionan los módulos fotovoltaicos se puede transformar en corriente alterna mediante un aparato electrónico llamado inversor e inyectar en la red eléctrica. En entornos aislados, donde se requiere poca potencia eléctrica y el acceso a la red es difícil, como estaciones meteorológicas o repetidores de comunicaciones, se emplean las placas fotovoltaicas como alternativa económicamente viable. Figura 1.5



FIGURA: 1.5 CENTRAL DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA¹¹

1.3.5. CENTRAL DE ENERGÍA MAREOMOTRIZ¹²

La energía mareomotriz es la que se obtiene aprovechando las mareas, es decir, la diferencia de altura media de los mares según la posición relativa de la tierra y la luna, y que resulta de la atracción gravitatoria de esta última y del Sol sobre las masas de agua de los mares. Esta diferencia de alturas puede aprovecharse poniendo partes móviles al proceso natural de ascenso o descenso de las aguas,

¹¹<http://www.flickrriver.com/photos/vitor107/3365791344/>

¹²http://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa_mareomotriz

junto con mecanismos de canalización y depósito, para obtener movimiento en un eje. Mediante su acoplamiento a un alternador se puede utilizar el sistema para la generación de electricidad, transformando así la energía mareomotriz en energía eléctrica (Figura 1.6), una forma energética más útil, aprovechable, renovable y limpia. No produce subproductos contaminantes gaseosos, líquidos o sólidos.

Sin embargo, la relación entre la cantidad de energía y el coste económico de instalar los dispositivos para su proceso han impedido una proliferación de este tipo de energía.

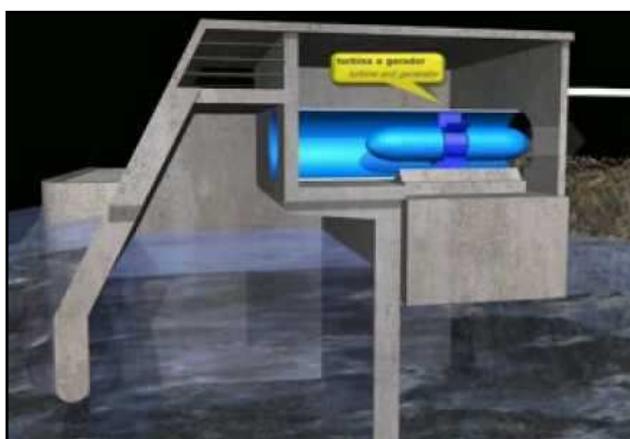


FIGURA: 1.6 ESQUEMA DE UNA CENTRAL DE ENERGÍA MAREOMOTRIZ¹³

1.3.6. GENERACIÓN HIDROELÉCTRICA¹⁴

La función de una central hidroeléctrica es utilizar la energía potencial del agua almacenada y convertirla, primero en energía mecánica y luego en eléctrica.

Las centrales hidroeléctricas aprovechan, mediante un desnivel, la energía potencial contenida en la masa de agua de los ríos para convertirla en energía eléctrica, utilizando turbinas acopladas a alternadores.

En algunos lugares el caudal del río asegura una aportación regular de agua. En tales casos la energía potencial de esta puede ser aprovechada directamente, sin necesidad de envasarla o bien utilizando un embalse bien reducido.

¹³<http://www.monografias.com/trabajos73/fuentes-energia-renovable/fuentes-energia-renovable4.shtml>

¹⁴http://es.wikipedia.org/wiki/Central_hidroel%C3%A9ctrica

Lo más habitual, por el contrario, es que sea necesario de retener una cantidad apreciable de agua mediante una presa. Se forma así un embalse o lago artificial del que se puede generar un salto para liberar la energía potencial de la masa de agua y transformarla en energía eléctrica.

Figura 1.7



FIGURA: 1.7 CENTRAL HIDROELÉCTRICA PAUTE.

Básicamente existen dos modelos de centrales hidroeléctricas, las características orográficas del lugar donde se asienta la central condicionan en gran medida dicho modelo.

El primer modelo, denominado de aprovechamiento por derivación de aguas, consiste básicamente en desviar las aguas del río, mediante una pequeña presa, hacia un canal que las conduce, con una pérdida de nivel lo menor que sea posible, hasta un pequeño depósito llamado cámara de carga. De esta cámara arranca una tubería forzada que conduce el agua hasta la sala e máquinas de la central. Posteriormente el agua es restituida al río utilizando un canal de descarga.

El segundo modelo, denominado aprovechamiento por acumulación de aguas, consiste en construir una presa de determinada altura en un tramo del río que ofrezca un apreciable desnivel. El nivel de agua se situara entonces en el punto cercano al extremo superior de la presa y en la base inferior aguas abajo de la presa, se situara la sala de máquinas con los grupos turbina-alternador

1.3.7. GENERACIÓN ELÉCTRICA POR GRUPO ELECTRÓGENO

Los sistemas de generación energía eléctrica de emergencia son indispensables en lugares donde la misma es de vital importancia para la vida humana o para mantener operativos el proceso de producción de las industrias o en lugares específicos en donde se debe mantener la continuidad de servicio eléctrico.

Un grupo electrógeno es una máquina que mueve un generador de electricidad 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.

Un grupo electrógeno consta de las siguientes partes: Figura 1.8

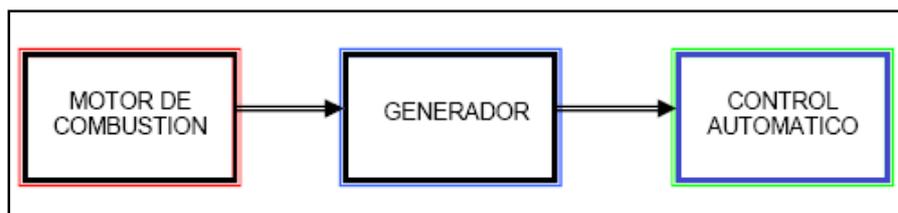


FIGURA: 1.8 PARTES CONSTITUTIVAS DE UN GRUPO ELECTRÓGENO.

1.3.7.1. Motor

El motor representa nuestra fuente de energía mecánica (Máquina Motriz) para que el alternador gire y genere electricidad. Existe dos tipos de motores: Motores diesel y de gasolina.

Generalmente los motores diesel son los más utilizados en los grupos Electrógenos por sus prestaciones mecánicas, y económicas.

1.3.7.2. Regulador o governor

Es un dispositivo electrónico 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.

1.3.7.3. Sistema de refrigeración

El sistema de refrigeración del motor puede ser por medio de agua, aceite o aire. El sistema de refrigeración por aire consiste en un ventilador de gran capacidad que hace pasar aire frío a lo largo del motor para enfriarlo. El sistema de refrigeración por agua/aceite consta de un radiador, un ventilador interior para enfriar sus propios componentes.

1.3.7.4. Alternador

La energía eléctrica de salida se produce por medio de un alternador apantallado, protegido contra salpicaduras, autoexcitado, autorregulado y sin escobillas acoplado con precisión al motor, aunque también se pueden acoplar alternadores con escobillas para aquellos grupos cuyo funcionamiento vaya a ser limitado y, en ninguna circunstancia, forzado a regímenes mayores.

1.3.7.5. Bancada

El motor y el alternador están acoplados y montados sobre una bancada de acero de gran resistencia, la cual evita que se desalinien los componentes mecánicos y móviles que conforman el grupo electrógeno.

1.3.7.6. Aislamiento de la vibración

El grupo electrógeno está dotado de tacos antivibrantes diseñados para reducir las vibraciones transmitidas por el grupo motor alternador.

Los aisladores están colocados entre la base del motor, del alternador, del cuadro de mando y la bancada.

1.3.7.7. Sistema de control

Se puede instalar uno de los diferentes tipos de paneles y sistemas de control para controlar el funcionamiento y salida del grupo y para protegerlo contra posibles fallos en el funcionamiento.

os paneles de control también evalúan los parámetros de la energía generada con el fin de que la potencia de salida este en las mejores condiciones para alimentar las cargas eléctricas de los usuarios.

En la figura 1.9 se describen las partes de un grupo electrógeno típico.

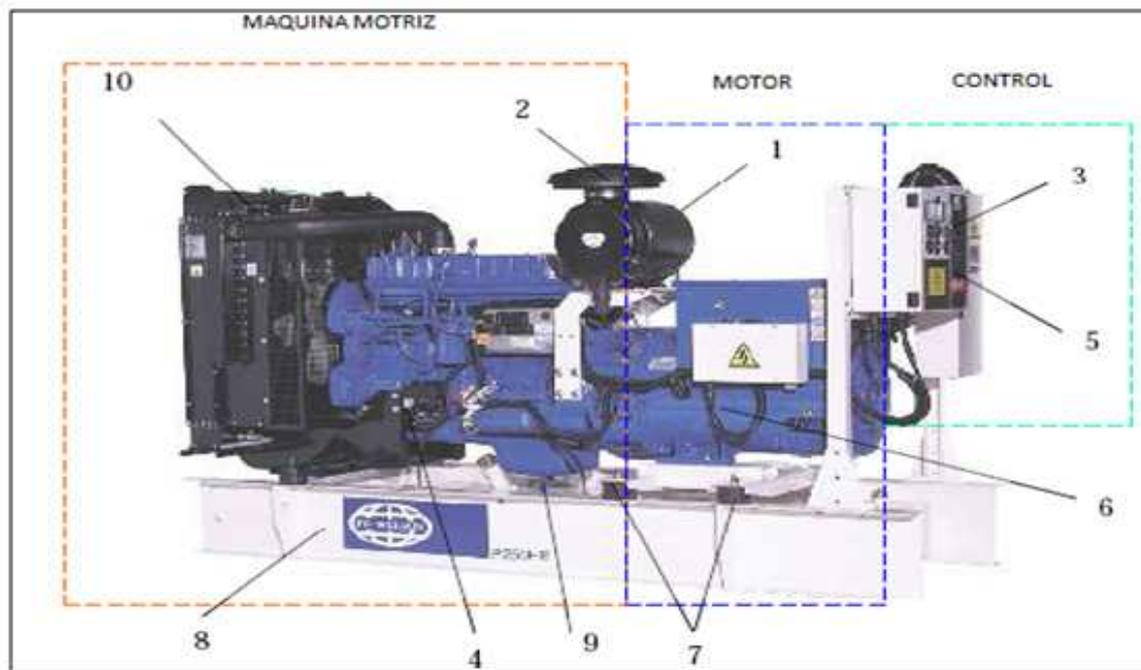


FIGURA: 1.9 GRUPO ELECTRÓGENO TÍPICO

- | | |
|---------------------------|-------------------------|
| 1. Filtro de aceite | 6. Generador |
| 2. Tubo de escape | 7. Tacos anti vibración |
| 3. Sistema de control | 8. Bancada |
| 4. Alternador de arranque | 9. Baterías |
| 5. Sistema electrónico | 10. Radiador |

1.4. SISTEMA DE TRANSMISIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA

La red de transporte de energía eléctrica es la parte del sistema de suministro eléctrico constituida por los elementos necesarios para llevar hasta los puntos de consumo y a través de grandes distancias la energía eléctrica generada en las

centrales eléctricas. Para ello, los niveles de energía eléctrica producidos deben ser transformados, elevándose su nivel de voltaje. Esto se hace considerando que para un determinado nivel de potencia a transmitir, al elevar el voltaje se reduce la corriente que circulará, reduciéndose las pérdidas por efecto Joule. Con este fin se construyen subestaciones elevadoras en las cuales dicha transformación se efectúa empleando transformadores, o bien autotransformadores, de esta manera una red de transmisión emplea usualmente voltajes del orden de 138KV, 230KV, 500KV, denominados alta tensión. Figura 1.10

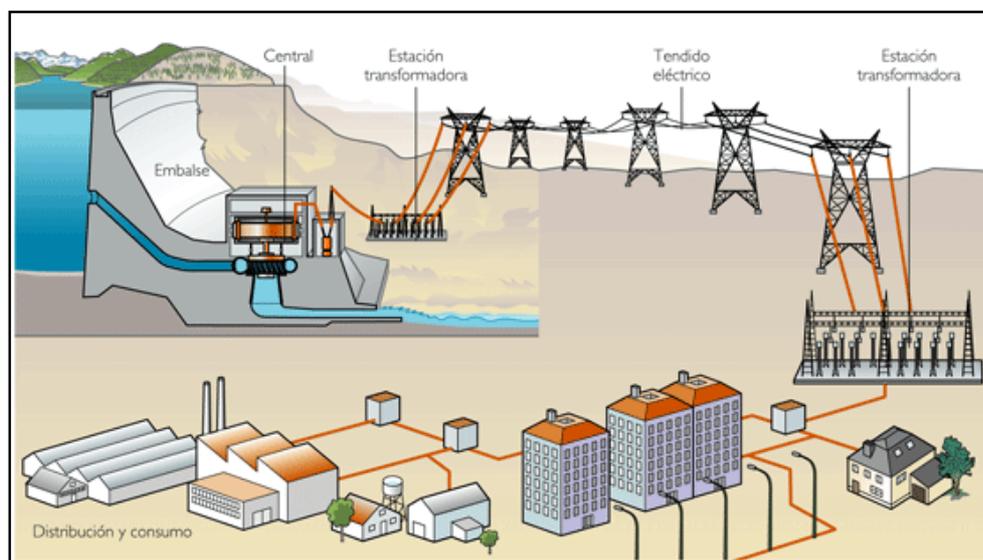


FIGURA: 1.10 ESQUEMA DE SISTEMA DE TRANSMISIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA TÍPICO¹⁵

1.4.1. LÍNEAS DE TRANSMISIÓN

Una línea de transporte de energía eléctrica o línea de alta tensión es básicamente el medio físico mediante el cual se realiza la transmisión de la energía eléctrica a grandes distancias. Está constituida tanto por el elemento conductor, usualmente cables de cobre o aluminio, como por sus elementos de soporte, las torres de alta tensión. Generalmente se dice que los conductores "tienen vida propia" debido a que están sujetos a fuerzas de tracción causada por la combinación de agentes como el viento, y la temperatura del conductor, etc.

¹⁵http://ec.kalipedia.com/tecnologia/tema/transporte-distribucion-energia-electrica.html?x=20070822klpington_103.Kes&ap=9

1.4.2. TORRES TRANSMISIÓN

Una torre de transmisión es una estructura de gran altura, normalmente construida en acero, usada para el soporte de los conductores eléctricos aéreos. Se utilizan tanto en la distribución eléctrica de alta, y media tensión además en sistemas de corriente continua. Pueden tener gran variedad de formas y tamaños en función del uso y del voltaje de la energía transportada.

Existen una gran variedad de torres de transmisión como son conocidas, entre ellas las más importantes y más usadas son las torres de amarre, la cual debe ser mucho más fuertes para soportar las grandes tracciones generadas por los elementos antes mencionados, usadas generalmente cuando es necesario dar un giro con un ángulo determinado para cruzar carreteras, evitar obstáculos, así como también cuando es necesario elevar la línea para subir un cerro o pasar por debajo o encima de una línea existente. Existen también las llamadas torres de suspensión, las cuales no deben soportar peso alguno más que el del propio conductor. Este tipo de torres son usadas para llevar al conductor de un sitio a otro, tomando en cuenta que sea una línea recta, que no se encuentren cruces de líneas u obstáculos.

La capacidad de la línea de transmisión afecta el tamaño de estas estructuras principales, al estar estas formadas por estructuras hechas de perfiles de acero se emplea aisladores como medio de sustentación del conductor y herrajes para soportarlos.

1.5. SISTEMA DE NACIONAL INTERCONECTADO ECUATORIANO

Se denomina sistema nacional interconectado al sistema integrado por los elementos del sistema eléctrico conectados entre sí, el cual permite la producción y transferencia de energía eléctrica entre centros de generación y centros de consumo, dirigido a la prestación del servicio público de suministro de electricidad.

En el Ecuador existe el sistema nacional interconectado (S.N.I.) y otros sistemas no incorporados. Este sistema comprende sus propias plantas de generación, líneas de transmisión y redes de distribución.

En la actualidad el S.N.I. está conformado por 17 empresas eléctricas generadoras, 1 transmisora, y 20 distribuidoras, de estas últimas 13 cuentan con generación y 7 empresas distribuidoras operan con sistemas no incorporados, ver el anexo A donde se muestra el diagrama unifilar del sistema nacional interconectado del Ecuador con ubicación geográfica de las centrales de generación, transformación, y líneas de transmisión a 230KV, 138KV, y 69KV en los anillos que conforman el SNI, así como las interconexiones con Colombia y Perú.

TABLA: 1.1 LÍNEAS DE TRASMISIÓN DEL ANILLO DE 230 KV

NOMBRE DE LA LINEA	VOLTAJE (kV)	LONGITUD (Km)	CAPACIDAD TRANSMISION (MVA)	NUMERO DE CIRCUITOS
Jamondino – Pomasqui	230	213,00	332,0	2
Paute – Totoras	230	200,2	342	1
Paute – Pascuales	230	188,43	342,0	2
Paute - Riobamba	230	157,30	342,0	1
Quevedo – Pascuales	230	145,25	353,0	2
Paute – Milagro	230	135,74	342,0	2
Sta. Rosa – Totoras	230	110,09	342,0	2
Sto. Domingo – Quevedo	230	104,00	353,0	2
Sta. Rosa - Sto. Domingo	230	78,34	342,0	2
Milagro – Pascuales	230	52,70	353,0	2
Santa Rosa – Pomasqui	230	45,90	340,0	2
Milagro - Dos Cerritos	230	45,00	353,0	1
Totoras - Riobamba	230	42,88	342,0	1
Pascuales – Trinitaria	230	28,28	353,0	2
Dos Cerritos - Pascuales	230	10,00	353,0	1

En la tabla 1.1 se describe de las líneas de transmisión del SNI a 230KV, voltaje, longitud, capacidad de transmisión y el número de circuitos.

1.6. SUBESTACIONES

Una subestación es un conjunto de máquinas, aparatos y circuitos, que tienen la función de modificar los parámetros de la potencia eléctrica, permitiendo el control

del flujo de energía, brindando seguridad para el sistema eléctrico, para los mismos equipos y para el personal de operación y mantenimiento

Una subestación eléctrica es una instalación destinada a modificar y establecer los niveles voltaje de una infraestructura eléctrica, con el fin de facilitar el transporte y distribución de la energía eléctrica. Su equipo principal es el transformador o autotransformador de potencia. Las subestaciones eléctricas elevadoras, situadas en las inmediaciones de las centrales generadoras de energía eléctrica, cuya función es elevar el nivel de voltaje, antes de entregar la energía a la red de transporte.

Las subestaciones eléctricas de transmisión son las encargadas de monitorear los parámetros eléctricos además regulan el voltaje y controlan la derivación de circuitos eléctricos que acoplan las líneas de transmisión de diferentes niveles de tensión.

Las subestaciones eléctricas reductoras, bajan el nivel de voltaje hasta valores manejables de media tensión y entregan la energía a las empresas comercializadoras para la distribución a la red pública.

Posteriormente, los centros de transformación reducen los niveles de voltaje hasta valores comerciales (baja tensión) aptos para el consumo doméstico e industrial.

La razón técnica que explica por qué el transporte y la distribución en energía eléctrica se realizan a voltajes elevados, y en consecuencia, por qué son necesarias las subestaciones eléctricas es la siguiente:

Las pérdidas de potencia que se producen en un conductor por el que circula una corriente eléctrica, debido al Efecto Joule, son directamente proporcionales al valor de esta.

$$P = I^2 * R \qquad \text{Ec. 1.1}$$

La potencia eléctrica transportada en una red es directamente proporcional al valor de su voltaje y al de su intensidad de corriente.

$$P = V * I \quad \text{Ec. 1.2}$$

Por tanto, cuanto mayor sea el valor del voltaje, menor deberá ser el de intensidad para transmitir la misma potencia y, en consecuencia, menores serán las pérdidas por efecto Joule.

Además de transformadores, las subestaciones eléctricas están dotadas de elementos de maniobra como interruptores, seccionadores, protección fusibles, interruptores automáticos, etc. que desempeñan un papel fundamental en los procesos de mantenimiento y operación de las redes de distribución y transporte.

Los elementos que constituyen una subestación se clasifican en elementos principales y elementos secundarios.

Elementos principales

- Transformador de potencia
- Interruptor de potencia
- Restaurador
- Pararrayos
- Tableros de control
- Tableros de servicios auxiliares
- Banco de compensación
- Torres y estructuras
- Sistema de malla a tierra

Elementos secundarios

- Cables de potencia
- Cables de control
- Equipo contra incendios
- Acometidas
- Ductos
- Cercas
- Sistema de comunicaciones
- Sistema de alumbrado
- Equipos de medida indirecta

1.7. ELEMENTOS QUE CONSTITUYEN LA SUBESTACIÓN LAS ESCLUSAS

Celec EP – Transelectric, con el objetivo de atender la creciente demanda eléctrica de la región que debido al continuo crecimiento de la población, obliga a buscar alternativas de suministro de energía, que permitan disponer de nuevos puntos de alimentación, ubicadas estratégicamente.

La subestación Las Esclusas ubicada en la isla Josefina al sur de Guayaquil aumenta la confiabilidad y la calidad del servicio de energía en este sector, evitando así racionamientos de energía derivadas de la falta de capacidad de transformación que tenían las instalaciones con las que se atendía a este importante sector de la ciudad de Guayaquil.

En la figura 1.11 podemos ver el anillo eléctrico de la ciudad de Guayaquil de 230 KV, además las derivaciones de 138 KV y la ubicación de las subestaciones más importantes.



FIGURA: 1.11 ANILLO ELECTRICO DE GUAYAQUIL 230 KV¹⁶

La subestación Las Esclusas está ubicada estratégicamente y permite mejorar las condiciones de servicio para la ciudad de Guayaquil y sus alrededores, ya que en los últimos años la demanda eléctrica ha crecido en esta zona, por el aumento de la población, comercios, y grandes industrias.

¹⁶<http://www.andes.info.ec/es/econom%C3%ADa/4780.html>

Para ubicar la subestación Las Esclusas en el sistema nacional interconectado del Ecuador, ver anexo B.

En la figura 1.12 podemos observar los patios de maniobra de la subestación Las Esclusas.



FIGURA: 1.12 SUBESTACIÓN LAS ESCLUSAS.

1.7.1. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

La subestación Las Esclusas cuenta con las características principales siguientes:

- Un transformador de potencia de 225 MVA, 230/138KV/13.8KV (Figura 1.13)
- Un patio de maniobras de 230 KV, en esquema barra principal y transferencia.(Figura 1.12)
- Un patio de maniobras de 138 KV, en esquema barra principal y transferencia. (Figura 1.12)
- Un patio de maniobras de 69 KV, en esquema barra principal y transferencia. (Futuro)
- Una posición de interrupción de línea de transmisión de 230 KV hacia la subestación Milagro.

- Una posición de interrupción de línea de transmisión de 138 KV hacia la subestación Caraguay.
- Una posición de interrupción de línea de transmisión de 138 KV hacia la subestación Ulyseas.
- Una posición de interrupción de transformador de potencia, lado de 230 KV.
- Una posición de interrupción de transformador de potencia, lado de 138 KV.
- Bahías de acople con la generadora térmica de termoguayas.
- Sistema de supervisión, control, protección, medición, servicios auxiliares, grupo electrógeno de emergencia, baterías y cargadores de 125 Vdc.
- Centro de control de la subestación.
- Casa de control para el sistema de servicios auxiliares 138 KV
- Casa de control para el sistema de servicios auxiliares 230 KV



FIGURA: 1.13 AUTO TRASFOMADOR DE POTENCIA DE LA SUBESTACIÓN LAS ESCLUSAS

1.7.2. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Las actividades de operación y mantenimiento son permanentes durante la vida útil de la subestación. La operación se inicia cuando se energice la parte eléctrica de alta tensión.

El mantenimiento cuenta con programas de prevención, que contemplan un reconocimiento visual y documentado técnicamente el estado de los diferentes componentes de la subestación, además de mantenimiento especializado de equipos y otras obras construidas

1.8. SISTEMA DE SERVICIOS AUXILIARES DE LA SUBESTACIÓN LAS ESCLUSAS

Los sistemas de servicios auxiliares son esenciales para lograr una operación confiable y comprenden el sistema eléctrico de distribución y control de la energía a todos los equipos que conforman la subestación.

Los sistemas auxiliares se consideran cuidadosamente en la etapa de diseño, porque desde su concepción misma se está determina la confiabilidad y flexibilidad de la operación, se clasifican como: de corriente alterna y de corriente continua.

Los servicios auxiliares comprenden las siguientes funciones: suministro y control de energía, sistemas anti incendios, aire acondicionado, iluminación, fuerza, control de equipos de patio etc.

1.8.1. SELECCIÓN DE LA CONFIGURACIÓN

La selección de la configuración para los servicios auxiliares eléctricos de una subestación debe estar fundamentada en tres criterios principales.

- Ser técnicamente realizable.
- Ser económicamente factible.
- Ser de una alta confiabilidad.

La configuración elegida para los servicios auxiliares de la subestación Las Esclusa cumple con los tres criterios antes descritos, y garantiza una muy alta confiabilidad y continuidad de operación. Está fundamentada en tres fuentes de alimentación.

La fuente de alimentación principal (T1) es parte de la propia subestación pues está conectado al terciario autotransformador de potencia con un voltaje de salida de 13.8 KV. La segunda fuente de alimentación (T2) es la red pública en este caso la

Empresa Eléctrica de Guayaquil con un voltaje en media tensión de 13.8 KV. Este alimentador pertenece a otra subestación. La tercera fuente de alimentación es la de emergencia (GEN) que es el grupo electrógeno con una capacidad de 200 KVA - 220 /127Vac. Estas tres fuentes de alimentación suministran energía a toda la subestación mediante un sistema de transferencia automático.

En la figura 1.14 se describe configuración del sistema de alimentación al sistema de servicios auxiliares de la subestación Las Esclusas.

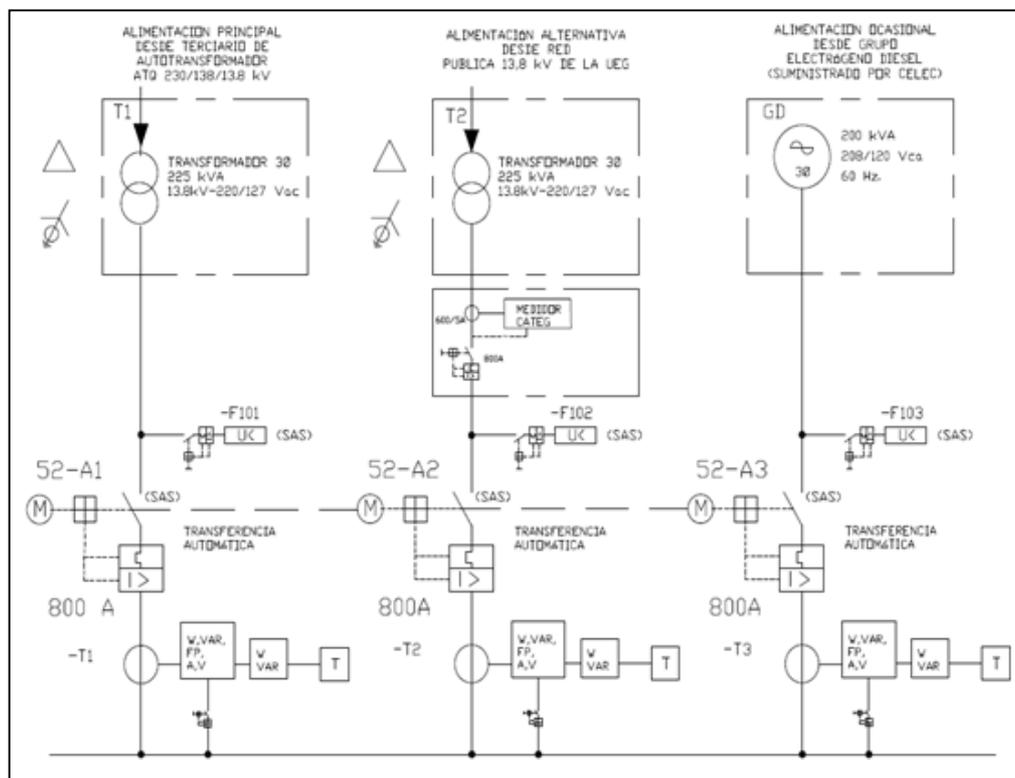


FIGURA: 1.14 CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN AL SISTEMA DE SERVICIOS AUXILIARES DE LA SUBESTACIÓN LAS ESCLUSAS.

1.8.2. TRANSFORMADORES DE SERVICIOS AUXILIARES

Para una selección adecuada de la capacidad de los transformadores de servicios auxiliares, se requiere conocer la potencia de cada uno de los equipos a instalarse, y aplicar factores de demanda adecuados, considerando que se puede agregar equipos adicionales o de uso eventual, por eso siempre se considera capacidad de reserva.

En la subestación Las Esclusa el sistema de alimentación a los servicios auxiliares está constituido por tres redes de alimentación, en una configuración de barra única de carga.

- Un transformador trifásico de 225 KVA 13.8/220-127Vac. Para la red principal (T1). (Figura 1.15)
- Un transformador trifásico de 225 KVA 13.8/220-127Vac. Para la red pública (T2).(Figura 1.15)



FIGURA: 1.15 TRASFORMADOR DE SSAA.

- Un grupo electrógeno de emergencia trifásico de 200 KVA 220 – 127Vac (GEN). (Figura 1.16)



FIGURA: 1.16 GENERADOR SSAA.

1.8.3. CLASIFICACIÓN DE LOS SERVICIOS AUXILIARES

Los servicios esenciales son los que alimentan cargas esenciales como los accionamientos de interruptores, seccionadores, equipos de control y protección, etc. Estos servicios requieren una alta confiabilidad puesto que son elementales para el

funcionamiento de una subestación. Los servicios no esenciales son los que alimentan cargas no esenciales como iluminación interna o externa y suministro de agua, etc. Estos servicios requieren una confiabilidad aceptable pues una subestación puede prescindir de los mismos y seguir operando en caso de emergencia.

La subestación Las Esclusas tiene dos sistemas de distribución de energía, el uno de corriente alterna, y el otro de corriente continua.

1.8.3.1. Sistema de corriente alterna 800 A – 220/127 Vac

Este sistema proporciona a la subestación de voltaje alterno y sinusoidal desde el sistema de transferencia automática a todos los tableros de distribución, los cuales alimenta a todos los equipos y sistemas de corriente alterna.

Los tableros de distribución para este fin se han denominado:

- Tableros de transferencia automática. (Figura 1.17)
- Tablero distribución Principal TCA-P1. (Figura 1.17)
- Tableros de distribución secundario TCA-E138KV
- Tableros de distribución secundario TCA-D230KV

Ver anexo C donde se muestra los diagramas del sistema de servicios auxiliares De Corriente Alterna 800 A - 220/127V AC de la Subestación Las Esclusas.

Partes del tablero de transferencia automática y distribución TCA-P1

- (A) Tableros de transferencia automática.
- (B) Tablero distribución Principal TCA-P1.
- (C) Modulo de control del tablero de transferencia automática.
- (D) Modulo de accionamiento del tablero de transferencia automática.



FIGURA: 1.17 TABLERO DE TRASFERENCIA AUTOMÁTICA Y DE DISTRIBUCIÓN PRINCIPAL.

1.8.3.2. Sistema de corriente continua 100 A – 125 Vdc

El sistema de corriente continua está diseñado para la operación de equipos de control de los patios de maniobra y del sistema de comunicaciones, constituido por:

- Dos tableros rectificadores y cargadores de baterías 150 A – 125 Vdc. (Figura 1.18)
- Banco de baterías de corriente continua 150 A - 125 Vdc. (Figura 1.19)
- Tablero de distribución Principal TCC-D1
- Tableros de distribución secundario TCC-E138KV
- Tableros de distribución secundario TCC-D230KV



FIGURA: 1.18 CARGADORES Y RECTIFICADORES.

- (A) Tablero rectificador y cargador de baterías BC1
- (B) Tablero rectificador y cargador de baterías BC2



FIGURA: 1.19 BANCO DE BATERÍAS.

Ver anexo D donde se muestra los diagramas del sistema de servicios auxiliares De Corriente Continua 150 A – 125 Vdc. De la Subestación Las Esclusas.

1.8.4. CENTRO DE CONTROL

En el centro de control se encuentran los equipos más importantes pues a este sitio ingresa la alimentación desde el terciario del autotransformador, desde la red pública y desde el grupo electrógeno de emergencia y se distribuye el suministro de energía.

En el centro de control están alojados los tableros de servicios auxiliares, comunicaciones y de control de redes, todas las instalaciones serán concentradas a sus tableros correspondientes y de cada uno de estos se enviarán las señales a un solo concentrador del sistema automático de la subestación (SAS), por medio del cual se controlará toda la subestación mediante la integración de una interfaz hombre maquina (HMI), que establece la comunicación de cada uno de los equipos con el operador local y remotamente con el centro de control en Quito.

CAPITULO 2

DISEÑO DEL TABLERO DE TRANSFERENCIA AUTOMÁTICA

2.1. INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se explica el proceso a seguir para la construcción de un tablero eléctrico, tomando en cuenta las especificaciones y normas técnicas desde la etapa de diseño.

Un tablero eléctrico contiene los dispositivos de conexión, maniobra, comando, medición, protección, alarma y señalización, con sus cubiertas y soportes correspondientes, para cumplir una función específica dentro de un sistema eléctrico.

El tablero de transferencia automática energiza al sistema de servicios auxiliares desde tres fuentes de alimentación diferentes, la fuente de alimentación principal (T1) que la proporciona el terciario del transformador de potencia, la fuente de alimentación secundaria que proporciona la red pública (T2), y el grupo electrógeno de emergencia (GEN).

El diseño del tablero de transferencia automática de la subestación Las Esclusas se realiza de acuerdo con las normas y especificaciones técnicas de CELEC E.P.

2.2. DESCRIPCIÓN GENERAL

El tablero de transferencia automática está formado de dos módulos de estructura de acero auto soportable, el primero es el modulo de control, y el segundo es el modulo de accionamiento, los dos módulos forman un solo tablero modular, y en el interior alojan los doble fondos que contienen los equipos de control y maniobra.

Las tres redes de alimentación en barra de cobre de alta conductividad están colocadas en la parte posterior y forman un solo juego de barras auto soportadas.

El juego de barras se conectan a los terminales de entrada de los breakers motorizados, y los terminales de salidas se conectan a una sola barra de carga la cual alimenta al tablero de distribución principal.

La fuente de alimentación del circuito de control es de 127 Vac y se lo realizo con un inversor el cual está conectado a una línea positiva ya la negativa con una diferencia de potencial de 125 Vdc.

En la figura 2.1 se muestra es esquema de conexión de la fuente de alimentación al sistema de control del tablero de transferencia automática de la subestación Las Esclusas.

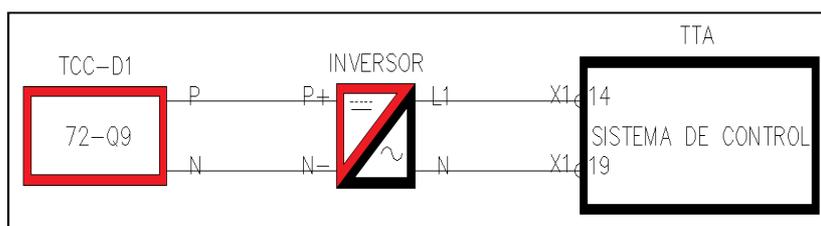


FIGURA: 2.1 ESQUEMA DE CONEXIÓN DE LA FUENTE DE ALIMENTACIÓN.

La operación del tablero de transferencia se realiza desde un panel el modulo de control, donde están instalados los analizadores de redes, selectores, botoneras, y luces indicadoras.

En la figura 2.2 se muestra es panel operador del tablero de transferencia automática que está ubicado en la puerta del modulo de control.

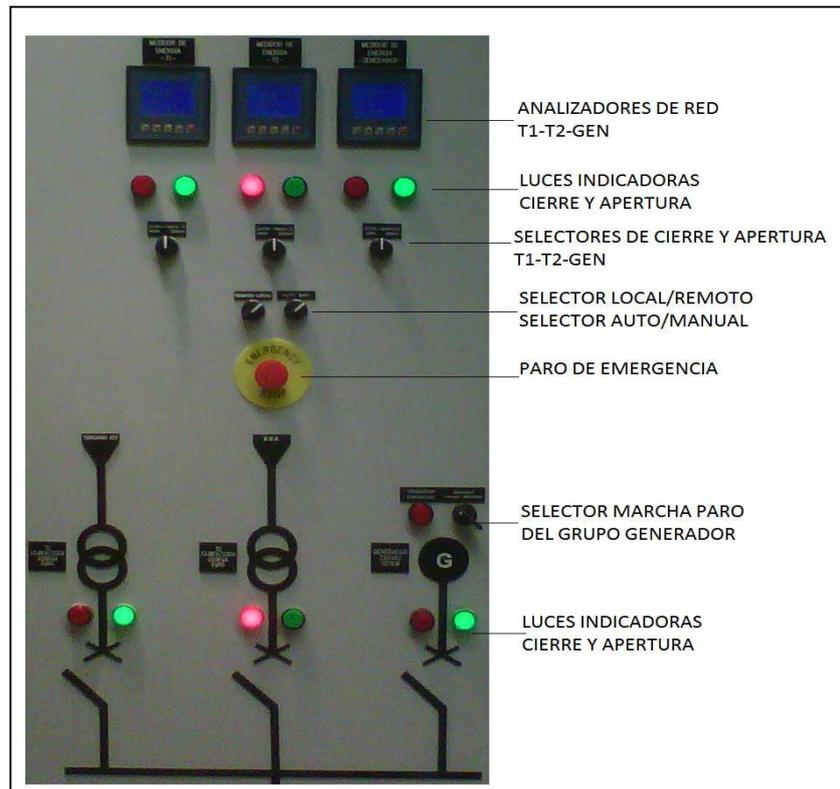


FIGURA: 2.2 PANEL OPERADOR.

Los selectores de operación activan relés auxiliares, y contactos de estos relés conmutan las señales de las entradas del PLC, las entradas del PLC se activan con señales de voltaje de 24 Vdc provenientes de la fuente interna del PLC.

Las salidas del PLC activan las bobinas de cierre y apertura de los breakers motorizados mediante pulso de tensión, además activana un relé para el encendido automático del grupo electrógeno de emergencia.

Las bobinas de cierre de los tres breakers motorizados tienen un enclavamiento eléctrico, además de un enclavamiento mecánico, para evitar el cierre simultaneo de los breakers, ya que solo un breaker puede estar cerrado al mismo tiempo.

Las maniobras de cierre de los breakers motorizados en funcionamiento Automático solo se pueden realizar si existe voltaje apropiado en las redes de alimentación, para esto se utiliza los supervisores de voltaje los cuales accionan relés auxiliares y contactos de estos envían las señales al PLC.

Mediante un enclavamiento eléctrico con el selector Local / Remoto se realiza el bloqueo de la operación desde el tablero de control y toda las funciones de operación se realiza desde la BCU la cual está integrada al sistema automático de la subestación (SAS) y controlado desde un HMI. Las funciones desde el HMI son iguales que las del tableo de transferencia.

Las magnitudes eléctricas se pueden medir y visualizar a través de los analizadores de redes instalados uno para cada red de alimentación en la puerta del modulo de control. Las señales de voltaje que ingresan a los analizadores vienen directamente de las barras de alimentación y se pueden seccionar a través de breakers, las señales de corriente se obtienen de transformadores de corriente cuyas señales se las puede seccionar con borneras seccionables y cortocircuitables antes de ingresar a los analizadores de redes. La implementación de equipos que constituyen los sistemas de alimentación, supervisión, visualización, medida, control y accionamiento, los cuales brindan la versatilidad y confiabilidad al tablero de transferencia automática. Con todos estos equipos instalados en el tablero de transferencia automática se garantiza el suministro de energía a niveles apropiados al sistema de servicios auxiliares de la subestación Las Esclusas.

2.3. TRANSFERENCIA AUTOMÁTICA

Se denomina tablero de transferencia automática a la estructura metálica que alberga un conjunto de dispositivos eléctricos, electrónicos y mecánicos, que permiten la conmutación de fuentes de alimentación energía hacia la carga de manera que solo una conmuta a la vez de forma automática y autónoma en caso de falla de la red de alimentación principal. Al conjunto de dispositivos eléctricos, electrónicos, y mecánicos se los denomina como, sistema de transferencia, puesto que son los encargados de la conmutación de las fuentes de energía eléctrica de forma segura.

Un sistema automático es conjunto de componentes físicos conectados entre sí, de manera que controlen su propia actuación sin la intervención de agentes externos, y que pueden corregir posibles errores que se presenten en su funcionamiento.

Cualquier mecanismo, o sistema presenta una parte actuadora y un mecanismo de control que genera órdenes para realizar una acción. Un sistema de transferencia automática además de contener equipos de fuerza y control lo constituyen también sistemas adicionales como equipos de supervisión, de medida, comando, y protección.

Un sistema automático aunque sean el dispositivo que realice la mayor parte del trabajo, para su correcto desempeño se necesita una supervisión humana. Así un tablero de transferencia automática es una estructura de acero auto soportable en cuyo interior alberga dispositivos eléctricos, electrónicos y mecánicos que conforman los sistemas de supervisión, medición, comando, y protección, todos estos sistemas se integran para formar un solo sistema de transferencia que conmuta tres fuentes de alimentación diferentes en una sola barra de distribución de forma segura y automática.

2.4. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Este sistema está pensado para el suministro de energía eléctrica a la subestación Las Esclusas de forma que los sistemas auxiliares de la misma se puedan mantener operativos frente a fallas de energía eléctrica internos o externos y así mantener la continuidad de de servicio. La Subestación Eléctrica Las Esclusas al ser Propiedad de la Estatal CELEC E.P. tiene ciertas normas, especificaciones técnicas, y calificaciones que deben cumplir cualquier equipo que se piense en instalar en esta subestación, a continuación se describe las especificaciones técnicas que consideramos para el diseño e implementación del Tablero de Transferencia Automática.

2.4.1. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

El tablero de transferencia automática es de tipo interior, tiene un grado protección IP-40, y consiste principalmente de lo siguiente:

- Estructura de acero auto soportable.
- Barras de cobre, conexiones de barras y conexiones de terminales.
- Barra a tierra.

- Instrumentos de medición digitales, relés, conmutadores, pulsadores y bloques terminales.
- Interruptores motorizados cuyos componentes básicos son: Cámara de interrupción de arco al vacío, bobinas de cierre y apertura, carga por resorte eléctrico y manual, supervisión de las bobinas de disparo, montaje en caja no extraíble, protección de sobrecorriente, contactos principales, contactos auxiliares, botonera de mando local y demás elementos.

2.4.2. DETALLE DE ESTRUCTURA METÁLICA

- Cada sección constituye una estructura de acero rígido auto soportable empernada a secciones adyacentes que forman un conjunto completo.
- La parte posterior del tablero está permanentemente cerrada.
- Los tableros tienen la suficiente robustez para resistir sin dañarse por los esfuerzos que resulten de transporte, instalación y movimientos sísmicos, son capaces también de soportar los esfuerzos derivados de las condiciones de operación, incluidos cortocircuitos externos, sin distorsión u otros daños.
- Los tableros están provistos en su interior de una lámpara para alumbrado interior la cual será controlada mediante un interruptor de puerta.

2.4.3. DETALLE DE BARRAJE Y CONFIGURACIÓN

- El tablero contiene las barras para todos los servicios de 220/127Vac, la alimentación desde el terciario del transformador de potencia, la alimentación desde la red pública, y la alimentación desde el grupo de emergencia.
- Las derivaciones de la barra principal y las conexiones de barras son de cobre de alta conductividad.
- La disposición normalizada de las barras, cuando son vistas desde el frente del compartimiento del panel, son ABC de izquierda a derecha, de arriba hacia abajo y desde el frente hacia atrás.
- Las conexiones y derivaciones de las barras son empernadas con pernos de acero galvanizado y cadmiado.
- Se instaló una barra de puesta a tierra, con capacidad mínima igual al 25% de la capacidad de la barra de mayor sección.

2.4.4. DETALLE DE ALAMBRADO Y TERMINALES

- El aislamiento de cada cable usado es de 600V.
- El alambrado es sin empalmes.
- Los cables están provistos marquillas termocontraíbles.

2.4.5. DETALLE DE OPERACIÓN Y FUNCIONAMIENTO

- El sistema de transferencia es automático y operara únicamente cuando se pierda la alimentación principal proveniente del terciario del transformador de potencia conmutando en este caso la alimentación de la red pública y conmutando la alimentación proveniente del grupo generador en caso de falla de las dos primeras.
- Cuando se restablece cualquiera de las dos alimentaciones se abrirá el interruptor del grupo diesel, volviendo a las condiciones iniciales normales de funcionamiento, de igual manera procede si se encuentra en operación con la red pública y se restablece la alimentación desde el terciario, la conmutación se hace hacia esta.
- Todo el esquema de transferencia es automático y supervisado por relés de bajo voltaje convenientemente localizados que censan la tención en cada fase.

2.4.6. DETALLE DE COMANDOS Y SEÑALIZACIÓN

El tablero de transferencia como parte del sistema de servicios auxiliares de corriente alterna está ubicado en la caseta de adquisición de datos contiene:

- Indicadores multifuncionales digitales de amperios, voltios, vatios, frecuencia, factor de potencia de las barras.
- Indicadores de posición de los interruptores.
- Relés de bajo voltaje de las barras.
- Mandos local/remoto
- Mandos automático/manual
- Señalización de modo de operación, modo normal, modo transferido a red pública, modo transferido al grupo diesel de emergencia.

2.5. DISEÑO

El diseño de este tablero de transferencia se lo ha planteado en base a las especificaciones técnicas, y lo hemos dividido en tres partes:

- Selección de módulos mecánicos.
- Diseño del circuito de fuerza.
- Diseño del circuito de control.

2.5.1. SELECCIÓN DE MÓDULOS MECÁNICOS Y ACCESORIOS

Partiendo de los planos del sistema de corriente alterna y vasados en las especificaciones técnicas de la estructura metálica se seleccionaron los módulos prefabricados que integran el tablero de transferencia automática.

Para este fin se escogió dos módulos a los que denominaremos modulo de control, y modulo de accionamiento. Cada uno de los módulos tienen las dimensiones 800*2000*800 [mm]

2.5.1.1. Modulo de control

En este modulo se colocan todos los equipos correspondientes a los sistemas de supervisión, medición, comando, protección, y lógicos, los cuales se encargan de procesar las señales provenientes desde el panel de instrucciones o desde equipos remotos. (Figura: 2.3)

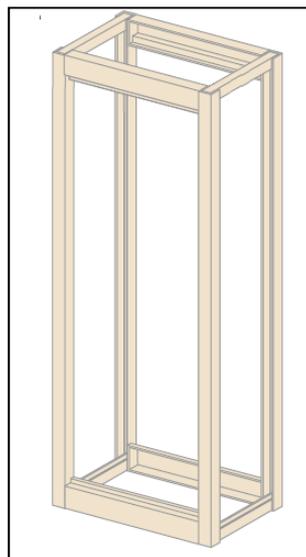


FIGURA: 2.3 MODULO DE CONTROL.

Para la ubicación de estos equipos en el interior del tablero, se coloca un doble fondo. Este tipo de doble fondo están diseñado para ser anclado de forma vertical, en su estructura incorporan ocho tuercas remachables para pernos de $\frac{1}{4} \times \frac{3}{4}$ [pulgadas]. En esta estructura se puede anclar equipos con un peso máximo 10 [Kg] y está construida en toll de acero galvanizado de 2 [mm] con un acabado en pintura electrostática al horno. Este modulo tiene incorporado undoblefondo716*1600[mm] que será ubicado en el interior del modulo de control.En la puerta delantera se ubican los sistema de medida, y los equipos de maniobra del sistema de transferencia.

2.5.1.2. Modulo de accionamiento

En este modulo se ubican los breakers motorizados del circuito de fuerza encargados de realizar el cierre de determinada línea de alimentación. Para la ubicar estos equipos en el interior del modulo se instala tres doble fondos.

Este tipo de doble fondo están diseñado para ser anclado de forma horizontal, en su estructura están montadas ocho tuercas remachables para pernos de $\frac{1}{4} \times \frac{3}{4}$ [pulgadas]. En esta estructura se puede anclar equipos con un peso máximo 70 [Kg] y está construida en toll de acero galvanizado de 2 [mm] con un acabado en pintura electrostática al horno. (Figura: 2.4)

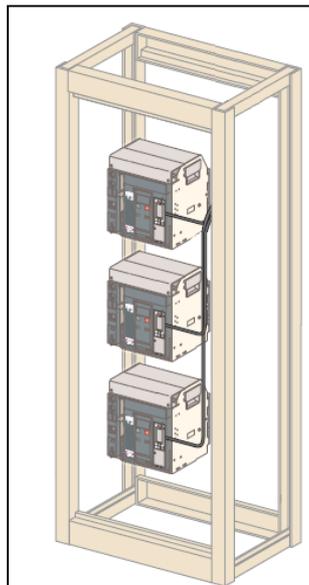


FIGURA: 2.4 MODULO DE ACCIONAMIENTO.

2.5.1.3. Tablero modular

Los dos módulos se ensamblan formando un solo tablero modular. El arreglo de los circuitos de entrada en barra de cobre, se colocan en la parte posterior y en frente se puede visualizar directa de los equipos de control y fuerza, montados en los doble fondos respectivos. La puerta del modulo de control se abre hacia la izquierda, mientras que la del modulo de accionamiento se abre a la derecha, con el fin de dar versatilidad para el cableado de equipos entre los dos módulos que conforman el tablero. El cierre y apertura de las puertas se realiza mediante bisagras, cuatro para cada puerta y llaves matizadas. Las cerraduras son de tres puntos de sujeción para brindar seguridad al equipo interno instalado. En el anexo E, se muestran los planos estructurales de la selección de los módulos mecánicos del tablero de transferencia.

2.5.2. DISEÑO DEL CIRCUITO DE FUERZA

El circuito de fuerza utiliza tres breakers motorizados y las conexiones se realizan con barra de cobre, y están ancladas en la parte posterior mediante aisladores y accesorios. Los breakers motorizados son de tipo abierto, con cámara de interrupción de arco al vacío, bobinas de cierre y apertura, carga por resorte eléctrico y manual, supervisión de las bobinas de disparo, protección de sobrecorriente, contactos principales, contactos auxiliares, botonera de mando local y demás elementos. Figura 2.5.



FIGURA: 2.5 BREAKER MOTORIZADO SCHNEIDER.¹⁷

¹⁷Manual Interruptor automático de potencia Masterpact NW

Los breakers se ubican desde arriba hacia abajo, el primero para la red principal T1, el segundo para la red pública T2, y el tercero para el grupo electrógeno de emergencia. Figura 2.6

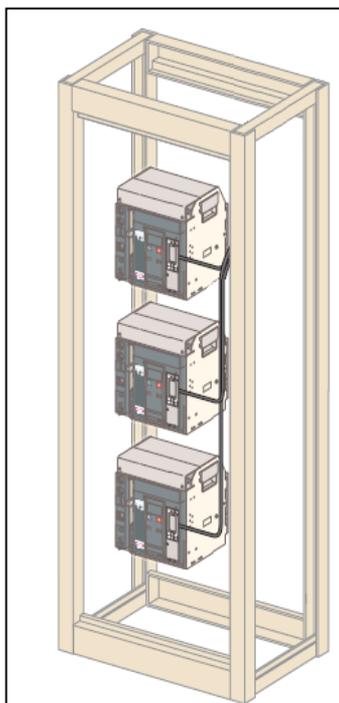


FIGURA: 2.6 UBICACIÓN DE LOS BREAKERS MOTORIZADOS.

En los tres breakers motorizados, la primera fila de los bornes se destina a las barras de entrada, y la segunda fila de bornes de los tres breakers está cortocircuitados formando la barra de carga, la cual se conecta al tablero de distribución principal. Figura 2.7



FIGURA: 2.7 BORNES DE CONEXIÓN DE BREAKER MOTORIZADO SCHNEIDER.

El Breaker motorizado es uno de los elementos más importantes porque va a soportar esfuerzos mecánicos y eléctricos derivado de su operación bajo carga.

2.5.2.1. Características del breaker motorizado

Los interruptores abiertos motorizados escogidos son de marca Schneider Electric. Debido a que cumple con todas las especificaciones técnicas requeridas, además de ser una marca reconocida por las amplias características que tienen sus equipos, como se muestra en la figura 2.8.



FIGURA: 2.8 DESCRIPCIÓN DE LAS PARTES DEL BREAKER MOTORIZADO.

2.5.2.1.1. Operación manual.

Se maniobra la palanca de carga de los resortes hasta que el indicador muestre CHARGED.

- Para encender el breaker se presiona el botón ON.
- Para apagar el breaker se presiona el botón OFF.

2.5.2.1.2. Operación automática.

La operación automática del breaker motorizado se realiza por comando eléctrico mediante bobinas de cierre y apertura instaladas internamente en el breaker.

El accionamiento motorizado carga los resortes del mecanismo de operación automáticamente, siempre que el breaker sea apagado, operación que finaliza después de aproximadamente 5 segundos.

El breaker motorizado tiene incorporado en su parte superior bornes de conexiones a los cuales se conectan todos los circuitos que lo componen, en estos bornes conectamos nuestros conductores con los que abriremos y cerraremos el breaker.

La alimentación del motor se realiza por los terminales B1 y B2 con una señal de voltaje permanente de 125 Vdc.

Para encender el breaker estando este con los resortes cargados, se aplica un pulso de 125 Vdc de tensión a los terminales de la bobina de cierre A1 y A2.

Para apagar el breaker se aplica un pulso de 125 Vdc de tensión a los terminales de la bobina de apertura C1 y C2. Figura 2.9

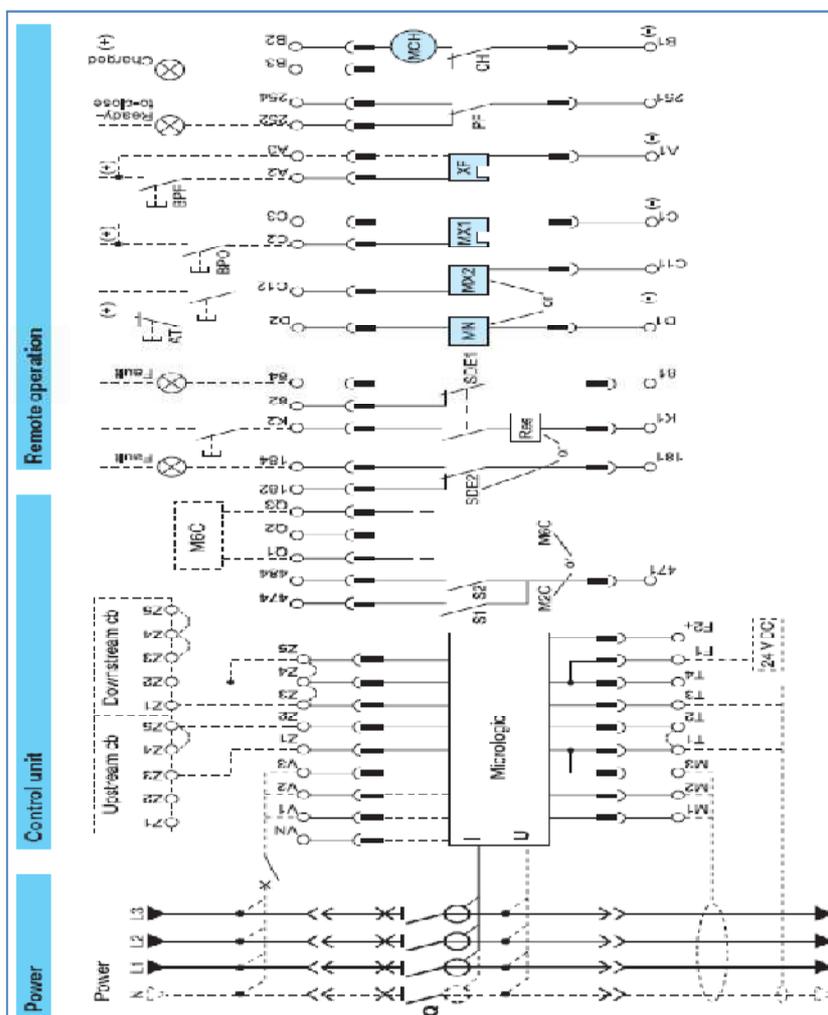


FIGURA: 2.9 DIAGRAMA DE CONEXIONES DEL BREAKER MOTORIZADO.¹⁸

¹⁸Manual Interruptor automático de potencia Masterpact NW

2.5.2.1.3. Bobinas de cierre y apertura

Estas bobinas permiten conectar y desconectar el breaker por medio de comando eléctrico.

El comando eléctrico se realiza con pulsos de tensión de 125 Vdc. En la Figura 2.10 se muestra la bobina de cierre y apertura las cuales están ubicadas en el interior del breaker motorizado.

Estas bobinas tienen incorporado circuitos electrónicos que evitan accionamientos consecutivos.



FIGURA: 2.10 BOBINA DE CIERRE O APERTURA.

2.5.2.1.4. Accionamiento motorizado

Se utiliza para la precarga automática los resortes del mecanismo de operación del breaker. Su operación se inicia inmediatamente después de la apertura del mismo y al final de este proceso, un contacto auxiliar indica que los resortes están cargados.

Figura 2.11



FIGURA: 2.11 ACCIONAMIENTO MOTORIZADO.

Así mismo, con el accionamiento motorizado instalado, aún es posible cargar los resortes en forma manual a través de la palanca de precarga frontal.

2.5.2.1.5. Unidad de disparo electrónico Micrologic 2.0A.

La unidad de disparo Micrologic 2.0A proporciona funciones de disparo ajustables a los interruptores de disparo electrónico. Las funciones de disparo se pueden ajustar en los selectores ubicados en la parte frontal de la unidad de disparo, vienen de fábrica con el selector de activación de tiempo largo ajustado en 1,0 y los otros selectores ajustados en su valor más bajo. En su pantalla inicial, indica los valores de las corrientes, instantáneos, carga por fase y posibilita también la visualización de los ajustes realizados en el breaker

La unidad de disparo Micrologic 2.0A proporciona protección básica y viene con un amperímetro integrado.

▪ **Protección de tiempo largo**

La protección de tiempo largo protege al equipo contra sobrecargas. La activación de tiempo largo (I_r) establece el nivel máximo de la corriente en base a los valores nominales (I_n), Si la corriente excede este valor, se disparará el interruptor una vez que alcanza el valor del retardo de tiempo prefijado. La activación de tiempo largo (I_r) se puede ajustar entre 0,4 y 1,0 veces el valor nominal (I_n).

El retardo de tiempo largo (t_r) establece el período durante el cual el interruptor llevará una sobrecorriente por debajo del nivel de la corriente de activación de tiempo corto o instantánea antes de dispararse.

▪ **Protección instantánea**

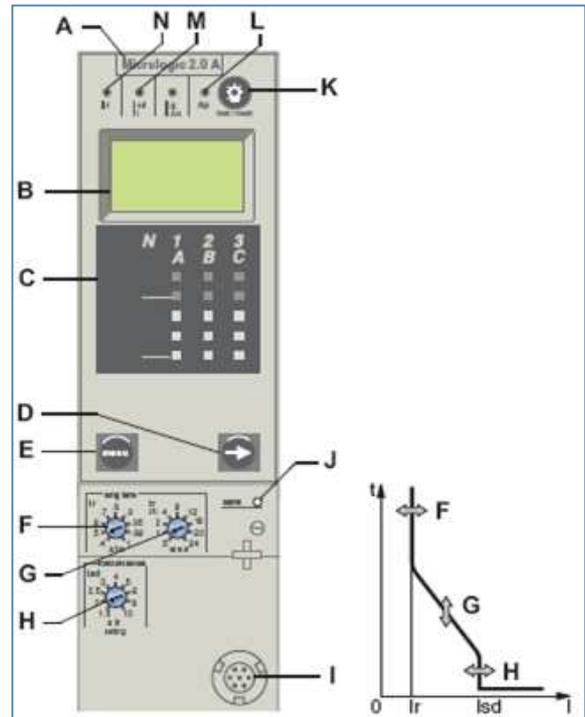
La función instantánea brinda protección al equipo contra cortocircuitos sin retardo de tiempo intencional.

La protección instantánea de disparo se logra utilizando una protección de tiempo corto (I_{sd}) con un retardo de tiempo corto justado en cero.

La protección instantánea en las unidades de disparo se basa en el ajuste de activación de tiempo largo (I_r).

▪ **Características.**

- A. Nombre de la unidad de disparo
- B. Pantalla alfanumérica
- C. Gráfica de barras de tres fases
- D. Botón de desplazamiento
- E. Botón de menú
- F. Selector de activación de tiempo largo (I_r)
- G. Selector de retardo de tiempo largo (t_r)
- H. Selector de activación de tiempo corto (I_{sd})*
- I. Receptáculo para el enchufe de prueba
- J. Luz indicadora de sobrecarga
- K. Botón de restablecimiento de los indicadores de verificación del estado de la batería y del disparo
- L. Luz indicadora de autoprotección
- M. Luz indicadora de disparo de tiempo corto o instantáneo
- N. Luz indicadora de disparo de tiempo largo



2.5.2.2. Enclavamiento mecánico

El enclavamiento mecánico imposibilita por medio de cables flexibles, que los tres interruptores sean conectados simultáneamente, este enclavamiento mecánico proporciona seguridad ya que solo un breaker puede estar cerrado mientras que los dos restantes quedan imposibilitados a la acción de cierre.

2.5.2.3. Barras

El juego de barras está fabricado en cobre de alta conductividad con una capacidad de conducción de corriente de 1250 Amperios. La figura 2.12 muestra los accesorios de las barra.



FIGURA: 2.12 ACCESORIOS EN BARRA DE COBRE.

2.5.2.4. Aisladores

Los aisladores a instalarse son de tipo porta barra, con aislante de fibra de vidrio impregnada en resina, la superficie externa es lisa y exenta de imperfecciones proporciona aislamiento para 1600 Voltios.

En el anexo F, se muestran los planos estructurales del Diseño del circuito de fuerza en los Módulos mecánicos del tablero de transferencia.

2.5.3. DISEÑO DEL CIRCUITO DE CONTROL

El diseño del sistema de control se fundamenta en el controlador lógico programable (PLC), y dispositivos auxiliares como, supervisores de voltaje, medidores de potencia, transformadores de corriente, relés auxiliares etc.

- Todo el sistema de control de diseño a 127Vac.
- Las entradas del PLC son de 24 Vdc.
- El mando local como remoto es a 125 Vdc.

Considerando las especificaciones de diseño, el sistema de control de la transferencia se divide en:

- Sistema de alimentación.
- Sistema de supervisión.
- Sistema de medida.
- Control lógico.
- Sistema de iluminación y calefacción.

2.5.3.1. Sistema de alimentación

El sistema de alimentación es independiente, para mantener todos los equipos en funcionamiento en caso de falla de las redes de alimentación.

La subestación Las Esclusas cuenta con un equipo rectificador y un cargador de baterías que alimentan un banco de baterías de 125Vdc 150A, y este alimenta al tablero de distribución TCC-D1, y de una de las derivaciones se alimenta a un inverso de 1KVA que energiza al sistema de control de la transferencia automática. Figura 2.13.

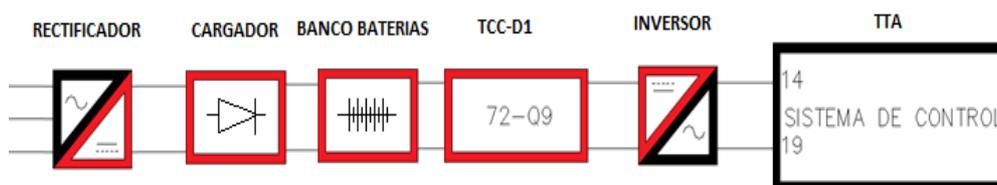


FIGURA: 2.13 ESQUEMA DE CONEXION

Un sistema inversor es un equipo que se lo alimenta con voltaje continuo y mediante circuitos electrónicos nos entrega a la salida voltaje alterno, con el cual se alimenta el sistema de control.

2.5.3.2. Sistema de supervisión

Un supervisor de voltaje es un dispositivo eléctrico construido con base en un microcontrolador utilizado para proteger cargas trifásicas contra los efectos producidos por fallas o perturbaciones en la red de suministro eléctrico. Figura 2.14

FIGURA: 2.14 SUPERVISOR DE VOLTAJE ICM 450¹⁹

El sistema de supervisión está compuesto por tres supervisores de voltaje, conectados directamente desde las barras de alimentación mediante breakers de tres polos para seccionar y proteger los equipos como se muestra en la figura 2.15

Los supervisores de voltaje escogidos son ICM-450, los cuales censan pérdida total de fases, perdida de alguna de las fases, sobre voltaje, sub voltaje, secuencia de fase, todos los parámetros se pueden programar así como también los tiempos de

¹⁹Manual de Supervisor de voltaje ICM 450

interrupción y reconexión, integra una salida a relé y la alimentación es de 127 Vac. El ICM-450 almacena hasta 25 fallas las cuales se pueden visualizar en la pantalla LCD incorporada.



FIGURA: 2.15 SUPERVISORES DE DE VOLTAJE DEL TABLERO DE TRASFERENCIA.

2.5.3.3. Sistema de medida

Cada red de alimentación tiene su propio analizador de red, las señales de voltaje llegan pasando por breakers para su seccionamiento y protección, mientras que las señales de corriente se toman de cada barra mediante transformadores de corriente y llegan al equipo por medio de borneras seccionables y cortocircuitables, las cuales se usan para su seccionamiento, y comprobación.

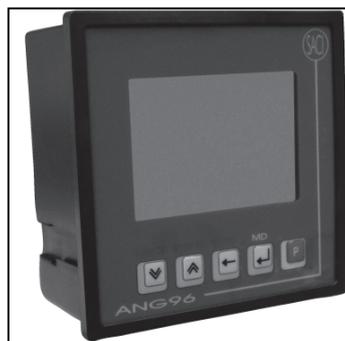


FIGURA: 2.16 ANALIZADOR DE RED.²⁰

Las señales de voltaje son de medida directa, y las señales de corriente son de medida indirecta, y se obtienen mediante transformadores de corriente con una relación de transformación de 800A a 5A. El sistema de medida lo componen tres

²⁰Manual analizador ANG96

analizadores de redes de marca SACI modelo ANG 96 (Figura 2.16) y nueve transformadores de corriente de marca CAMSCO.

2.5.3.3.1. Características de los analizadores de redes

Los analizadores de redes permiten llevar un registro de todas las magnitudes eléctricas de las especificaciones técnicas, se consideran también otras magnitudes que son un buen complemento al sistema eléctrico de la subestación. Además posee una interfaz de comunicación RS485 MODBUS RTU programable, con lo cual se podrán integrar al sistema automático de la subestación (SAS). Tabla 2.1.

TABLA: 2.1 CARACTERISTICAS TECNICAS ANG 96.²¹

MAGNITUD ELÉCTRICA	Símbolo	L1	L2	L3	SISTEMA
Tensión (Fase-Neutro)	V	•	•	•	
Tensión (Fase-Fase)	V	•	•	•	
Corriente por el neutro	In				•
Intensidad	A	•	•	•	•
Potencia activa (P)	kW	•	•	•	•
Potencia Reactiva inductiva (QL)	kVAr	•	•	•	•
Potencia Reactiva capacitiva (QC)	kVAr	•	•	•	•
Potencia aparente (S)	kVA				•
Factor de potencia (coseno ϕ)	PF	•	•	•	•
Máxima demanda (Intensidad)	A	•	•	•	•
Máxima demanda (P)	kW				•
Máxima demanda (S)	kVA				•
Frecuencia	Hz				•
THD Intensidad	% A	•	•	•	15th
THD Tensión	% V	•	•	•	15th
Energía activa Consumida (E _{P+})	kW-h				•
Energía reactiva inductiva Consumida (E _{Ql})	KvarL-h				•
Energía reactiva capacitiva Consumida (E _{Qc})	KvarC-h				•
Energía aparente consumida (E _{S+})	kVA-h				•
Energía activa Generada (E _{P-})	-kW-h				•
Energía reactiva inductiva generada (E _{Qc+})	-kvarL-h				•
Energía reactiva capacitiva generada (E _{Ql-})	-kvarC-h				•
Energía aparente generada (E _{S-})	-kVA-h				•

2.5.3.3.2. Características de los transformadores de corriente

Los transformadores se montan directamente en las barras y no necesitan ser conectados en serie, ya que su funcionamiento se basa en inducción

²¹Manual analizador ANG96

electromagnética, el flujo de corriente que circula por la barra se induce en el transformador, con una relación de transformación de 800/5 Amperios. Figura 2.17 Tienen dos terminales S1 y S2, los terminales S2 se conectan entre si y las señales de S1 se conectan en el equipo de medición, a esta configuración de conexión se la denomina estrella.



FIGURA: 2.17 TRANSFORMADOR DE CORRIENTE.

2.5.3.4. Control lógico

El control lógico del sistema de transferencia se diseñó con base en un controlador lógico programable. Un controlador lógico programable o PLC es un equipo electrónico, programable en lenguaje no informático, diseñado para controlar en tiempo real, procesos industriales de secuencia. Un PLC trabaja en base a la información recibida por los captadores o sensores y el programa lógico interno, actuando sobre los accionadores de la instalación. Su utilización se da fundamentalmente en aquellas instalaciones en donde es necesario un proceso de maniobra, control, y señalización, por tanto, su aplicación abarca desde procesos de fabricación industriales de cualquier tipo a transformaciones industriales, control de potencia, etc.

2.5.3.4.1. Funciones básicas de un PLC

Detección. Es la lectura de la señal de los captadores o sensores distribuidos por el sistema de control.

Mando. Envía las órdenes los accionadores, dependiendo del estado de las entrada lógicas y del algoritmo programado en la memoria del autómata.

Programa. Es la secuencia lógica desarrollada para determinar las operaciones del autómeta.

Ventajas.

- Menor tiempo en la elaboración de proyectos.
- Posibilidad de añadir modificaciones sin costo añadido en otros componentes.
- Mínimo espacio de ocupación.
- Menor costo de mano de obra de la instalación.
- Mantenimiento económico.
- Posibilidad de controlar varias máquinas con el mismo PLC.
- Menor tiempo de puesta en funcionamiento.
- Comunicación con otros componentes.
- Módulos de entradas digitales y analógicas en la misma CPU.

2.5.3.4.2. Características del controlador

Este PLC (Figura 2.18) es de tipo compacto tiene integrado en el mismo cuerpo la unidad central de proceso CPU, 24 bornes de entradas digitales, 14 bornes de salidas digitales, y 2 bornes de salidas analógicas.

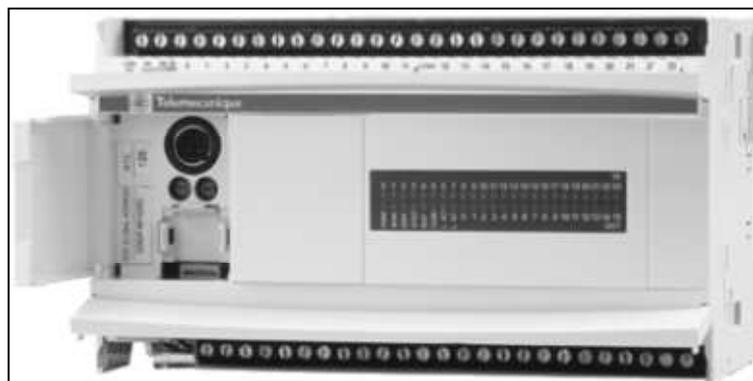


FIGURA: 2.18 CPU Y PLC TWIDO TWDLCAA40DRF.²²

En este PLC es posible colocar hasta 7 módulos de expansión, posee una interfaz de comunicación TCP-IP integrada, se puede programar a través del software Twido Suite.

²²Manual de controladores programables Twido 2009

Los PLC Twido compactos tienen integrada la fuente de alimentación y utiliza una alimentación de corriente alterna comprendida entre 100 y 240 Vac, que garantiza la alimentación 24Vdc para las entradas digitales.

Los PLC Twido compactos están formados por los siguientes componentes, teniendo en cuenta que hay pequeñas diferencias entre modelos, pero que los componentes siempre serán los mismos como se indica en la figura 2.19

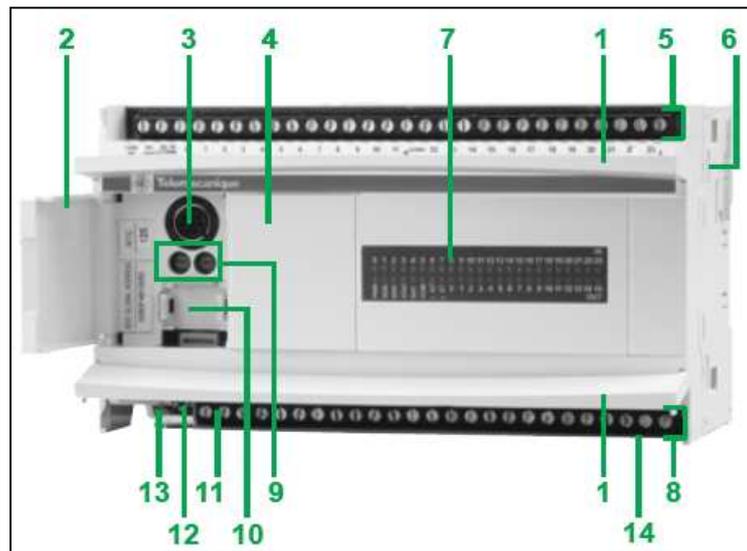


FIGURA: 2.19 CPU Y PLC TWIDO TWDLCAA40DRF.

- | | |
|---|---|
| 1. Cubierta de terminales. | 8. Terminales de salidas. |
| 2. Cubierta de pódico de programación. | 9. Potenciómetros analógicos |
| 3. Pódico de programación serie mini RS 485. | 10. Pódico de expansión RS 485. |
| 4. Cubierta extraíble del conector del HMI. | 11. Terminales de fuente de alimentación. |
| 5. Terminales de entradas | 12. Pódico de expansión para memoria. |
| 6. Conector para módulos de expansión. | 13. Portico RJ45 Ethernet Modbus TCP-IP. |
| 7. Display de visualización de estado de E/S. | 14. Slot para batería. |

El sistema de transferencia está diseñado para que opere en modo local o remoto. El diseño del sistema de transferencia está contemplado para que en modo local el sistema de transferencia opere desde el panel de selección ubicado en la puerta del

modulo de control, mientras que en modo remoto el sistema de transferencia funcione desde el HMI de la subestación. La transferencia está diseñada también para que en modo local o remoto el sistema de transferencia pueda funcionar de forma automática o manual.

En forma automática, el sistema de transferencia funciona de forma autónoma, el sistema de supervisión se encarga de censar a las redes de distribución del T1, T2, y del grupo electrógeno de emergencia (GEN), y envía las señales al PLC y este ordena el cierre o apertura de los breakers motorizados de forma automática.

En forma manual, la operación del sistema de transferencia esta a criterio del usuario, quien designa manualmente con cuál de las redes de suministro de energía operara el sistema de servicios auxiliares de la subestación Las Esclusas. Esta acción se realiza mediante selectores que controlan el cierre y apertura de los breakers motorizados. El encendido del grupo electrógeno de emergencia (GEN) se realiza mediante un selector.

La selección del modo de funcionamiento se realiza mediante un selector de dos posiciones para el modo local opera el modo remoto. Tomando en cuenta cualquier eventualidad se coloco un pulsador con retención para emergencia.

2.5.3.4.3. Distribución de entrada del PLC

Las entradas del controlador se han distribuido de una forma ordenada y de acuerdo a la ubicación de los elementos en el tablero de transferencia.

Las entradas del controlador se denotan con la letra I y el número que le acompaña indica la ubicación del terminal en la base del autómeta.

- I0.0 Contacto auxiliar de estado del interruptor 52-A1 normalmente abierto.
- I0.1 Contacto auxiliar de estado del interruptor 52-A2 normalmente abierto.
- I0.2 Contacto auxiliar de estado del interruptor 52-A3 normalmente abierto.
- I0.3 Contacto auxiliar de estado del interruptor 52-A1 normalmente cerrado.

- I0.4 Contacto auxiliar de estado del interruptor 52-A2 normalmente cerrado.
- I0.5 Contacto auxiliar de estado del interruptor 52-A3 normalmente cerrado.
- I0.6 Selector modo local.
- I0.7 Selector modo remoto.
- I0.8 Selector de funcionamiento manual.
- I0.9 Selector de funcionamiento automático.
- I0.10 Relé supervisor de voltaje transformador auxiliar T1.
- I0.11 Relé supervisor de voltaje transformador auxiliar T2.
- I0.12 Relé supervisor de voltaje grupo diesel.
- I0.13 Paro de emergencia.
- I0.14 Falla mecánica transformador auxiliar T1.
- I0.15 Falla mecánica transformador auxiliar T2.
- I0.16 Falla mecánica grupo diesel.
- I0.17 Contacto de alarma o disparo del breaker 52-A1.
- I0.18 Contacto de alarma o disparo del breaker 52-A2.
- I0.19 Contacto de alarma o disparo del breaker 52-A3.

2.5.3.4.4. Distribución de salidas del PLC

Las salidas del controlador se han distribuido de una forma ordenada y de acuerdo a la ubicación de los elementos en el tablero de transferencia.

Las salidas del controlador se denotan con la letra Q y el número que le acompaña indica la ubicación del terminal en la base del autómatas.

Las acciones de las salidas del PLC están condicionadas a los estados lógicos de las entradas y a la programación lógica almacenada en la memoria interna del controlador.

Las salidas están cableadas a los actuadores de fuerza, previo un enclavamiento eléctrico, además las salidas se direccionan a otros equipos de la siguiente manera:

- Q0.2 Cierre del interruptor 52-A1.
- Q0.3 Cierre del interruptor 52-A2.

- Q0.4 Cierre del interruptor 52-A3.
- Q0.5 Apertura del interruptor 52-A1.
- Q0.6 Apertura del interruptor 52-A2.
- Q0.7 Apertura del interruptor 52-A3.
- Q0.8 Run GEN.

2.5.3.5. Sistema de iluminación y calefacción

El sistema de iluminación y calefacción está diseñado para brindar un ambiente adecuado a los equipos instalados en su interior.

Las lámparas en el interior proporcionan los tableros la adecuada visibilidad de todos los componentes lo que facilita las labores de mantenimiento.

La iluminación interior para cada modulo consiste de:

- Protección termomagnética de 10 Amperios.
- Lámpara fluorescente de 14W.
- Tope de puerta con contactos de 10 Amperios.

La calefacción interna del tablero mantiene una temperatura adecuada en el interior del mismo, previniene la condensación, la cual puede ocasionar daños a los equipos instalados en el interior del mismo. La calefacción está compuesta por:

- Protección termomagnética de 10 Amperios.
- Termostato ajustable con un contacto de 10 Amperios.
- Calefactor de 65 W.

Con la implementación de estos equipos garantizamos la iluminación y la temperatura adecuada en el interior del tablero.

En el anexo G, se muestran planos de sistema de control del diseño del sistema de transferencia automática.

2.6. CALADO DE PUERTAS

El calado de las puertas para montar los equipos y accesorios de maniobra exterior está diseñado de la siguiente forma:

En el modulo de control se distribuyen las perforaciones cuadradas para los analizadores de redes, la dimensión de las perforaciones es de 96*96 [mm], se realizaron perforaciones circulares para montar equipos de maniobra y visualización, cuyo diámetro es de 25.4 [mm]. En el modulo de accionamiento y control se realizaron perforaciones rectangulares para las cerraduras, el calado de las puertas y la distribución de todas las perforaciones se realizaron tomando en cuenta la medida de los equipos a instalar como muestra la figura 2.20.

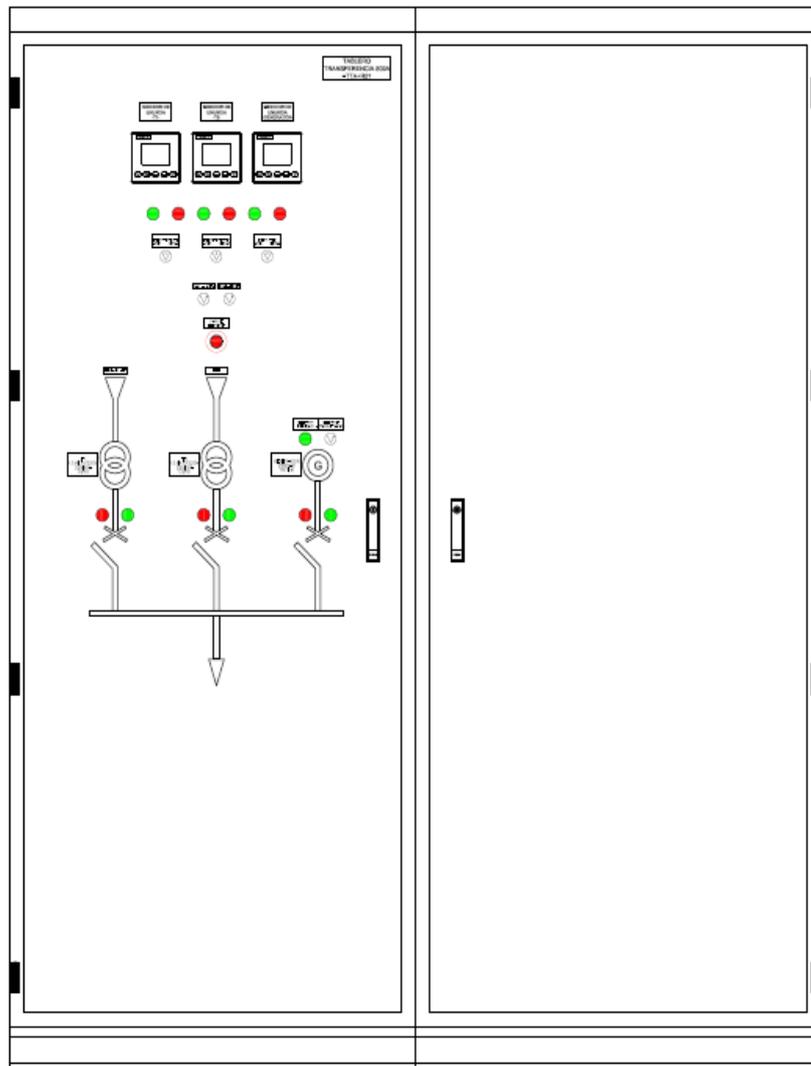


FIGURA: 2.20 TABLERO DE ESTRUCTURAL.

CAPITULO 3

PROGRAMACION DEL CONTROLADOR

3.1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad en la mayoría de los procesos automáticos se utilizan controladores lógicos programables (PLC) debido a su gran versatilidad y a las ventajas que presentan, los PLC se programan mediante un software de programación en el que se diseña la lógica de la aplicación.

En el presente capítulo se redacta las características del software de programación Twido Suite.

Además se detalla la programación de una aplicación de acuerdo a las condiciones de funcionamiento que presenta este proyecto.

Las condiciones de funcionamiento y operación se resumen en los diagramas de flujo los cuales nos sirven como una referencia para editar el programa en lenguaje ladder.

3.2. DESCRIPCIÓN DE SOFTWARE TWIDO SUITE

Twido Suite es un entorno de desarrollo gráfico, lleno de funciones para crear, configurar y mantener aplicaciones de automatización para los autómatas programables Twido, ya que permite crear programas con distintos tipos de lenguaje y después transferir la aplicación para que se ejecute en un autómata. Este programa es basado en Windows de 32 bits para un computador personal que se ejecuta en los sistemas operativos Microsoft Windows 2000, XP, y Windows 7.

Este software tiene por objeto reducir de forma significativa el tiempo de desarrollo de los proyectos simplificando todas las intervenciones.

3.2.1. FUNCIONES DE TWIDO SUITE

Las principales funciones y características del software son:

- Interface de usuario intuitiva y orientada a proyectos.
- Diseño de software sin menús.
- Las tareas y funciones del paso seleccionado de un proyecto siempre se encuentran visibles.
- Soporte de programación y configuración.
- Comunicación con el autómata.

3.2.2. REQUISITOS MÍNIMOS RECOMENDADOS²³

- Equipo con procesador Pentium a 466 MHz o superior.
- Memoria RAM de 128 MB o superior.
- Espacio libre en el disco duro de 100 MB.
- Sistema operativo Windows 2000, XP, y Windows 7.
- Se recomienda Service Pack 2 o superior.

3.2.3. INSTALACIÓN

Twido Suite es un software utilizado para la configuración, programación y depuración de la gama de controladores programables Twido. Para comenzar la

²³Manual de controladores programables Twido 2009

instalación, abrir el archivo ejecutable, aparecerá una ventana flotante con la información de los derechos usuario de la licencia del software Twido Suite, se acepta pulsando el botón “Aceptar”, luego se pulsa sobre el icono “Setup”, que muestra la ventana inicial de instalación. Durante el proceso de instalación, se acepta el contrato de licencia, se coloca el nombre de nuestra organización, especificar la ruta donde se desea instalar el programa, si deseamos colocar un icono en el escritorio o en la barra de inicio rápido. Esta descripción se realiza en cada ventana como se muestra en la figura 3.1

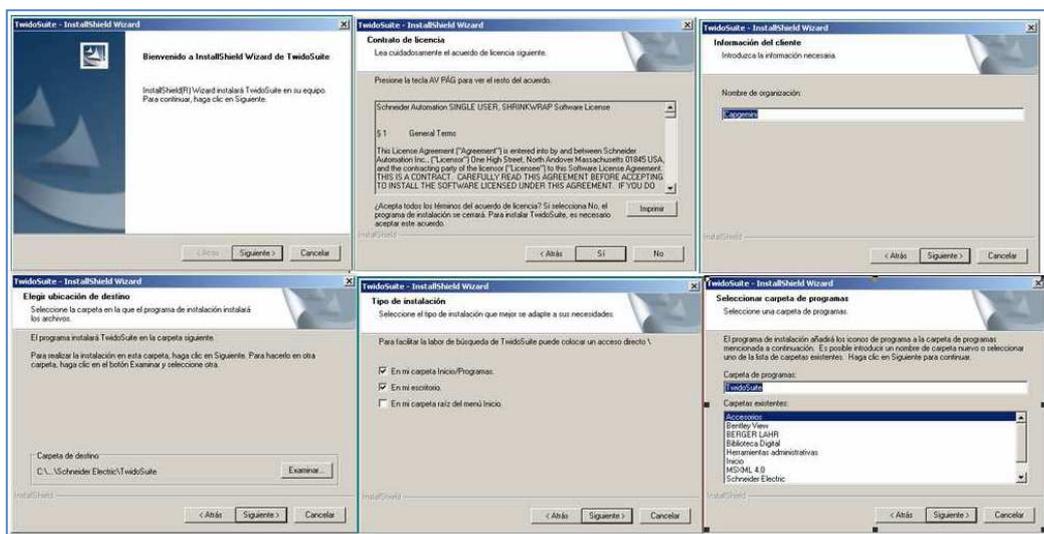


FIGURA: 3.1 INSTALACIÓN DEL SOFTWARE.

Una vez que finaliza la instalación es recomendable reiniciar nuestro computador, para que todas las aplicaciones se ejecuten correctamente.

3.2.4. EJECUCIÓN DEL SOFTWARE

Para abrir Twido Suite vamos al icono que se ha generado en el escritorio. Se abre la pantalla inicial de Twido suite, y aparece tres opciones principales figura 3.2.

- **Modo programación.** Modo estándar para la crear una aplicación.

- **Modo vigilancia.** Este modo permite conectarse a un autómata en modo vigilancia, donde se comprueba su funcionamiento sin necesidad de sincronizar su aplicación con la que hay cargada en la memoria del autómata.
- **Actualización de autómatas.** Es un programa que indica todos los pasos necesarios para actualizar el Firmware del autómata.



FIGURA: 3.2 PANTALLA DE INICIO DE TWIDO SUITE.

Para crear un proyecto debemos seleccionar el “Modo Programación” y nos aparecerá el espacio de trabajo de la ventana principal de Twido suite figura 3.3.

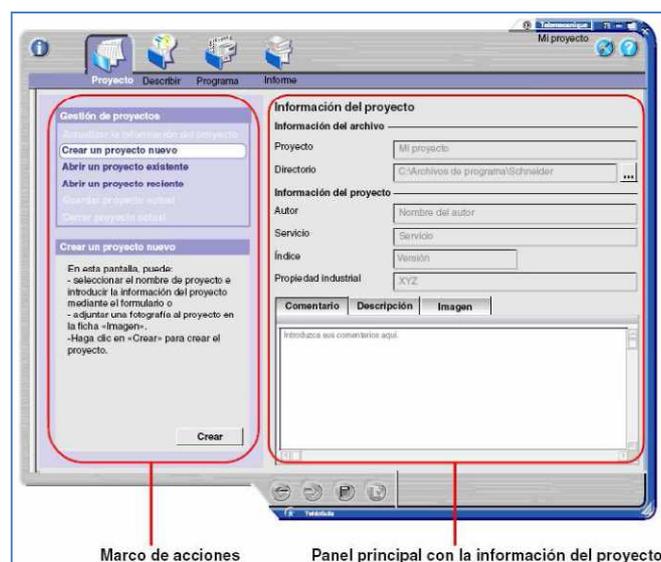


FIGURA: 3.3 PANTALLA DE CONFIGURACIÓN INICIAL.

Siempre que se inicia Twido suite aparece por defecto la ventana de proyecto, donde realiza la gestión del proyecto (Crear, abrir, guardar y cerrar un proyecto). Para crear un nuevo Pulsar en “Crear un proyecto nuevo” dentro del marco de acciones de la ventana, acto seguido rellenar los campos de información general de nuestro proyecto, como puede ser: el nombre del proyecto, la ruta donde lo desea guardar, el autor, la versión, la empresa, etc.

Opcionalmente, también se dispone en la parte de debajo de tres pestañas que se puede utilizar para detallar más información de la aplicación, como son:

- **Comentario.** Para introducir comentarios de la aplicación que se deseen como descripción de funcionamiento, notas, etc.
- **Descripción.** Donde aparece gráficamente la configuración de nuestra aplicación.
- **Imagen.** Donde podemos cargar una imagen que se desee (logo de la empresa, esquemas, etc.).

Una vez que se introduce la información del proyecto se pulsa el botón “Crear” que aparece en la parte de abajo del marco de acciones.

3.2.5. ESPACIO DE TRABAJO

La navegación por el interface de trabajo de Twido suite es muy intuitiva y gráfica ya que sigue los pasos de ciclo de desarrollo natural de una aplicación de automatización figura 3.4.

En el espacio de trabajo general siempre se tiene una serie de barras, pestañas y menús que tienen las siguientes funciones:

- **Barra de pasos de la aplicación.** Muestra los cuatro pasos de la aplicación Twido Suite. Proyecto, Describir, Programar, Documentar.
- **Barra de subpasos del programa.** Muestra los tres subpasos del programa. Configurar, Programa, Depuración. Aparece únicamente cuando el paso Programa está seleccionado.

- **Barra de tareas.** Proporciona acceso a todas las tareas que puede realizar en el paso o subpaso seleccionado de la aplicación.
- **Barra de acceso rápido.** Muestra los comandos Anterior/Siguiente y los accesos directos a Guardar, Analizar el programa en todo momento.
- **Barra de funciones.** Proporciona acceso a funciones especiales asociadas a la tarea seleccionada.
- **Editores y visualizadores.** Se trata de ventanas de Twido suite que organiza los controles de programación y configuración de manera que las aplicaciones puedan desarrollarse correctamente.
- **Barra del cuadro de lista Error.** Muestra información acerca de los posibles errores o advertencias de la aplicación.

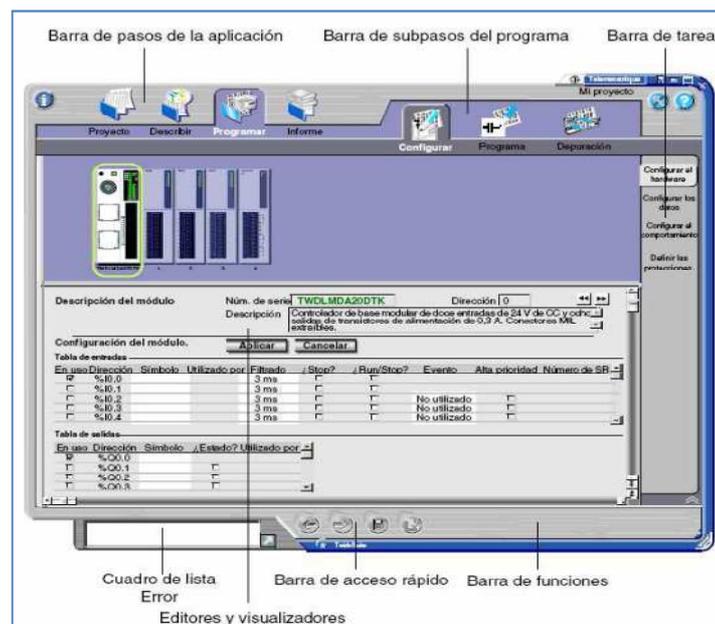


FIGURA: 3.4 ESPACIO DE TRABAJO.

3.2.6. CONFIGURACIÓN DEL HARDWARE

Lo primero que hay que hacer cuando se inicia la tarea de realizar un proyecto de automatización, es la configuración o descripción del hardware que se necesita para dicho propósito, por lo tanto en función de ciertas premisas como son, el número de entradas y salidas, la necesidad de memoria y velocidad en la CPU, necesidad de buses de comunicación, etc.

Todo este proceso de descripción de la aplicación desemboca en la elección de un hardware determinado que se ajuste a las necesidades de la aplicación, siendo distinto de una aplicación a otra, por esta razón se tendrá que configurar el hardware en el software antes de empezar a programar. Figura 3.5

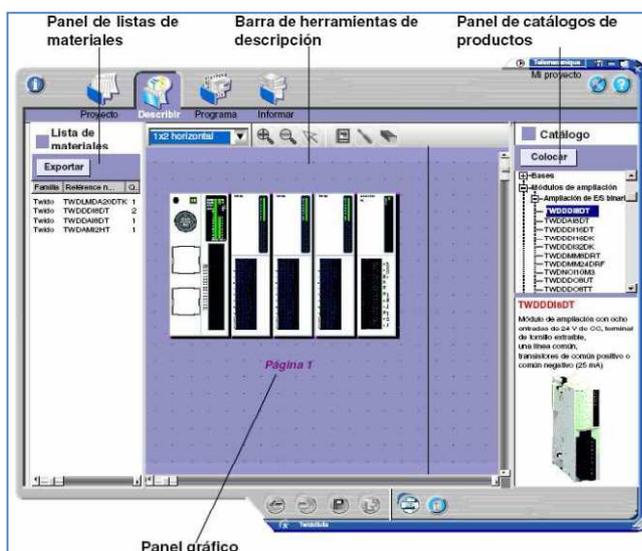


FIGURA: 3.5 DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS.

Para ir creando la configuración, se arrastran los elementos de hardware seleccionados del panel de catálogos al panel gráfico para construir gradualmente el sistema de automatización, incluido los buses de comunicación y los equipos conectados. Figura 3.6

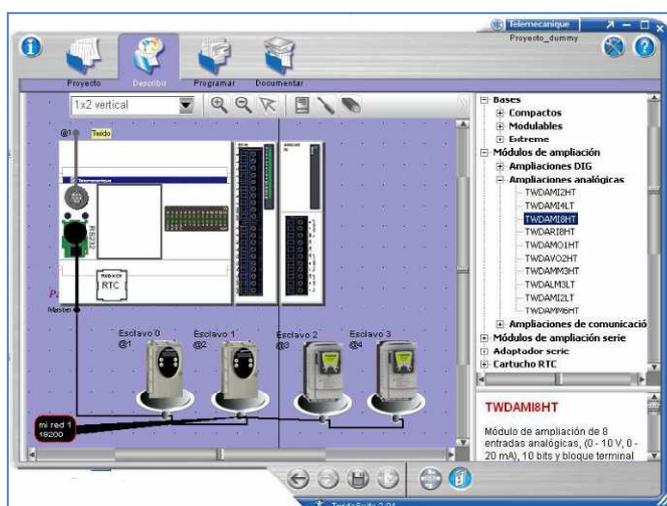


FIGURA: 3.6 SELECCIÓN DE DE EQUIPOS.

Esta aplicación permite ir colocando los diferentes elementos de tal y como se tienen situados físicamente en la instalación.

3.2.7. EDICIÓN DE DATOS

Antes de programar la aplicación, se debe definir el cableado de las entradas y salidas del PLC, para ello se le asigna a cada una de las entradas y salidas físicas un símbolo que nos indique que realizan y nos ayude después a la mejor comprensión del programa. Para definir los símbolos de las entradas y salidas de la aplicación, se irá a la pestaña Programar, de la barra de subpasos del programa y tendremos que entrar en la opción Definir símbolos que es situada en la barra de tareas en la parte derecha de la ventana, en ese momento aparece en el área de trabajo la ventana para definir los diferentes símbolos que utilizaremos más tarde en la programación. Figura 3.7

La ventana consta de cuatro columnas:

- **Símbolo.** Es nombre que aporta información de lo que realiza la señal.
- **Dirección.** Es la posición de memoria a la que está direccionada esta variable.
- **Comentario.** Amplía la información descriptiva de la señal.
- **En uso.** Indica si ese símbolo está siendo usado en el programa.

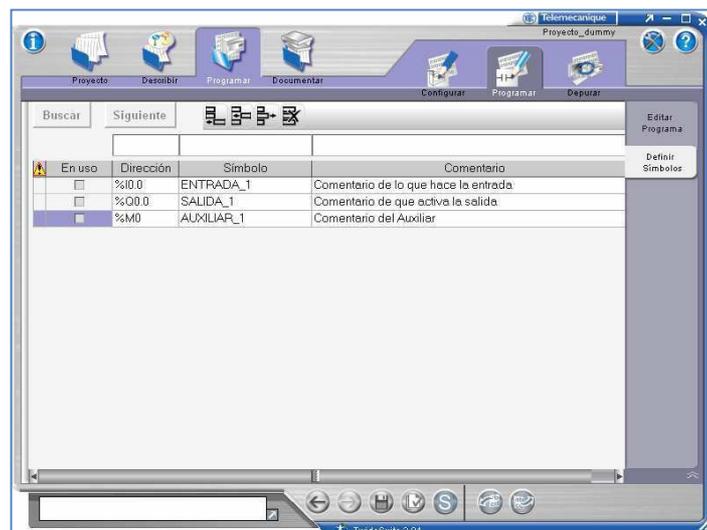


FIGURA: 3.7 EDICIÓN DE SÍMBOLOS.

3.2.8. ESCRIBIR EL PROGRAMA

Este software proporciona instrucciones para utilizar el lenguaje de programación Ladder o diagrama de contactos.

Los diagramas Ladder o de contactos son similares a los diagramas lógicos de relé que representan circuitos de control, las principales diferencias entre los dos son las siguientes funciones de la programación de Ladder que no aparecen en los diagramas de lógica de relé. Todas las entradas están representadas por símbolos de contactos. Todas las salidas están representadas por símbolos de bobinas.

Las operaciones numéricas están incluidas en el conjunto de instrucciones de Ladder gráficas.

3.2.9. EDITOR DEL PROGRAMA

El editor de programa es el área de trabajo donde se crea la lógica de programación.

Figura 3.8

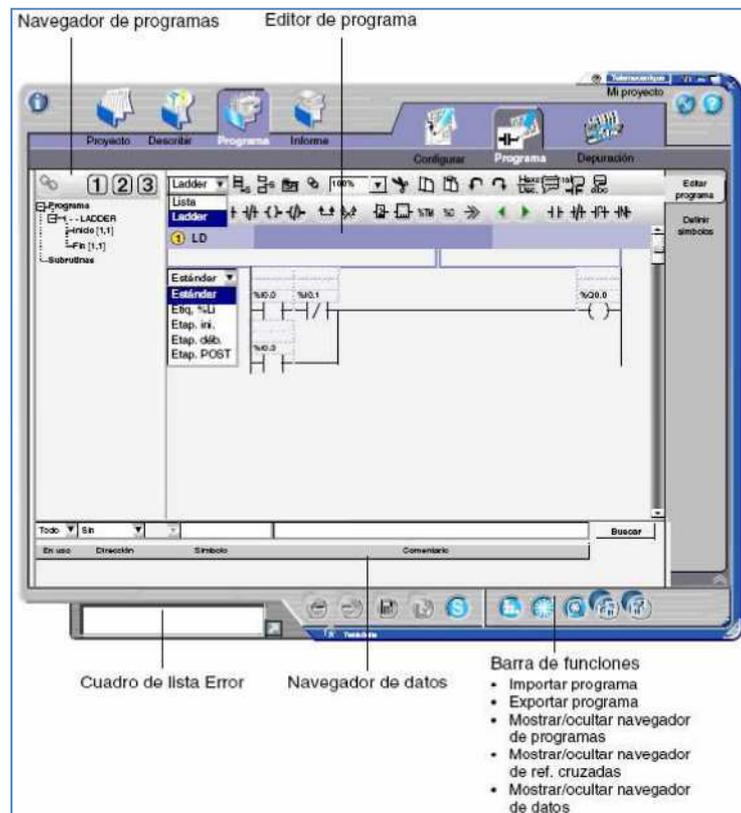


FIGURA: 3.8 PANTALLA DE EDICIÓN DEL PROGRAMA.

- **Navegador de programas.**En esta área se puede observar las diferentes secciones del programa, sí como las subrutinas.
- **Editor de programa.**Es el área donde se realiza la programación propiamente dicha de nuestra aplicación.
- **Barra de funciones.**Barra donde se sitúan las funciones adicionales asociadas a la programación.
- **Navegador de datos.**Esta ventana permite buscar donde están siendo usados los símbolos o direcciones del programa.

3.3. PROGRAMACION EN LADDER

Para comenzar a programar se tiene que introducir la primera sección del programa para ello en la barra de herramientas se pulsa el icono de agregar una sección.

Figura 3.9



FIGURA: 3.9. AGREGAR SECCION.

La primera sección se inserta en el editor de LadderLogic, de forma que muestra el primer escalón vacío, como la figura 3.10 a continuación.

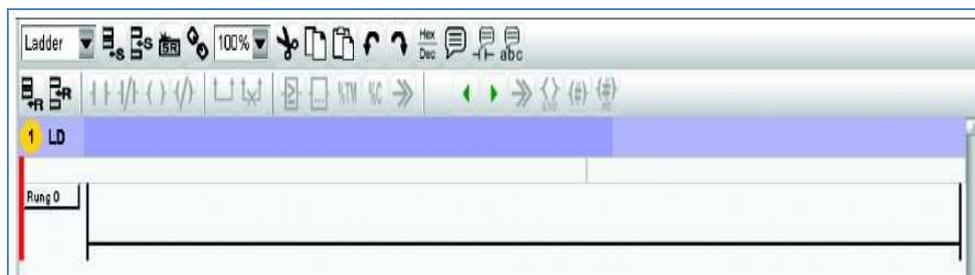


FIGURA: 3.10. AGREGAR ESCALON.

3.3.1. INSERCIÓN DE INSTRUCCIONES

Para la inserción de las instrucciones básicas se dispone de una paleta de Ladder para que la inserción de las instrucciones básicas sea lo más rápida posible.

Las instrucciones más utilizadas en un programa ladder son:

Contacto normalmente abierto, contacto normalmente cerrado, bobina, temporizadores, contadores. Figura 3.11

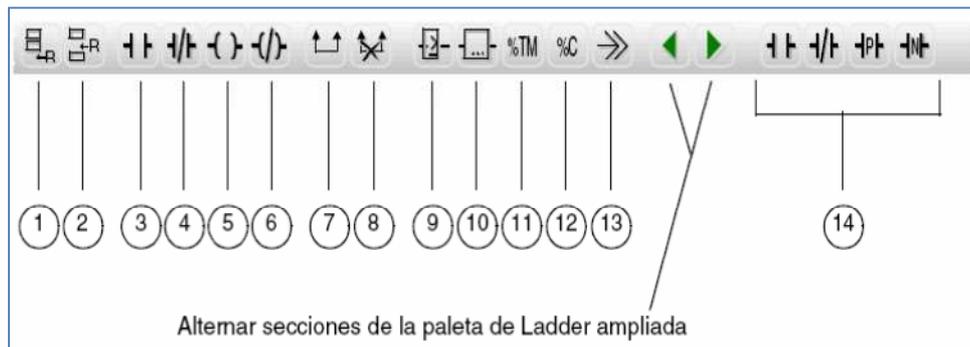


FIGURA: 3.11 PALETA DE INSTRUCCIONES

- | | |
|--|---|
| 1. Agregar escalón. | 8. Eliminar conexión. |
| 2. Insertar escalón. | 9. Agregar bloque de comparación. |
| 3. Agregar contacto normalmente abierto. | 10. Agregar bloque de operación. |
| 4. Agregar contacto normalmente cerrado. | 11. Agregar bloque de temporizador. |
| 5. Agregar bobina. | 12. Agregar bloque contador. |
| 6. Agregar bobina inversa. | 13. Agregar llamada de subrutina o salto. |
| 7. Agregar conexión. | 14. Paleta ampliada. |

3.3.2. SIMULACIÓN DEL PROGRAMA

Twido Suite incorpora una función de simulador que permite probar un programa recién escrito sin tener que cargarlo en el controlador. El Simulador permite ejecutar el programa y probar diferentes parámetros para ver si se dan las respuestas esperadas. Para iniciar el Simulador Twido, seleccione Programa → Promover Programa y haga clic en el botón del Simulador en la esquina inferior derecha de la pantalla Twido Suite. Se cambiara automáticamente a Programa → Depuración → Promover el programa. También aparecerá en la esquina superior derecha que estamos en modo simulación y en qué estado se encuentra “RUN” o “STOP”.

Figura 3.12

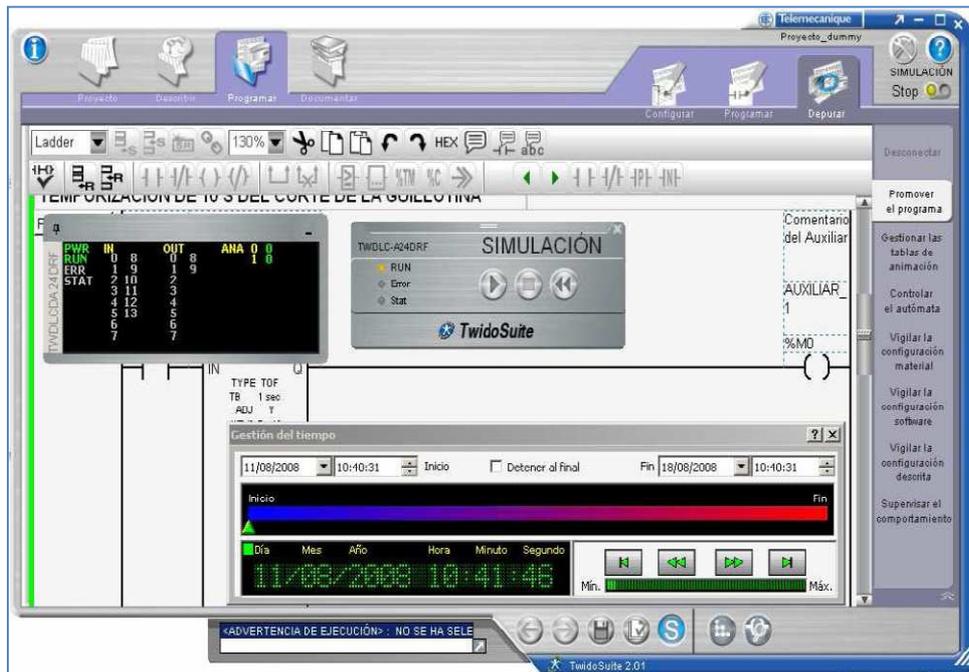


FIGURA: 3.12 INICIO DEL SIMULADOR

En el modo simulación se pueden realizar las mismas funciones que en el modo depuración cuando conectamos directamente al autómeta. Pero con la diferencia que en este caso no necesitamos físicamente el autómeta.

La ventana de descripción general del simulador muestra el estado de las entradas y salidas de todos los módulos de ampliación y de controlador base, descritos.

Figura 3.13

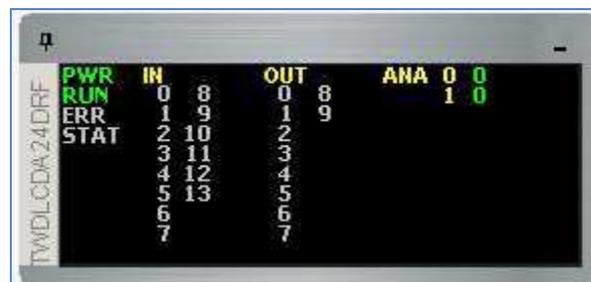


FIGURA: 3.13 INDICADORES DE ESTADO.

En esta ventana también se puede visualizar los indicadores del estado de la CPU y las activaciones de las entradas y salidas digitales configuradas. También aparece la

consola de control, para poder controlar el autómata virtual, al igual que en el modo online, nos permite poder ejecutar o parar el programa. Figura 3.14



FIGURA: 3.14 CONSOLA DE CONTROL.

Los indicadores luminosos RUN ERR y STAT se simulan en el escritorio digital tal y como aparecerían en un controlador base conectado.

La simulación del autómata se hace de la misma manera que en el modo de depuración online, es decir, poder forzar y modificar las variables.

3.4. TRANSFERENCIA DEL PROGRAMA

Para transferir la aplicación programada en Twido suite al autómata se utiliza un cable de comunicación el cual se conecta al puerto serie EIA RS232C de su PC se puede conectar al puerto 1 del autómata con el cable TSX PCX1031. Este cable convierte las señales comprendidas entre EIA RS232 y EIA RS485.

El cable TSX PCX1031 incorpora un conmutador rotativo de cuatro posiciones para seleccionar distintos modos de funcionamiento. El conmutador designa las cuatro posiciones de 0 hasta 3 y el ajuste apropiado de para el autómata Twido es la posición **2**. Figura 3.15.

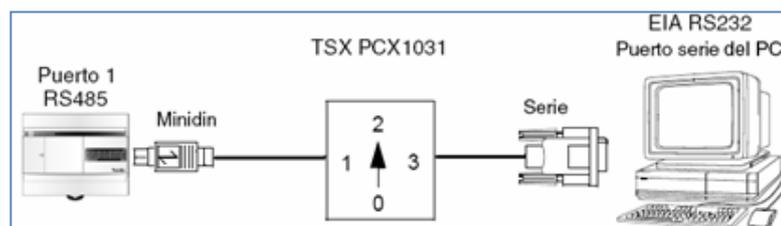


FIGURA: 3.15 CONEXIÓN PC AUTÓMATA

Si el computador en donde se desarrollo la aplicación no cuenta con un puerto serie se puede utilizar un puerto USB y mediante un conversor USB serie realizar la transferencia de la aplicación del autómeta.

Para transferir el programa de aplicación al PLC, se selecciona una de las conexiones de la tabla de tareas. Programa → Depuración → Conectar → Aceptar.

Twido Suite establece una conexión con el controlador y realiza comprobaciones de sincronización entre el PC y las aplicaciones del PLC. Figura 3.16

El Test de conexión que aparece muestra los resultados de tres comprobaciones de sincronización.

- **Línea 1.**Comparación entre el PC y las aplicaciones del PLC.
- **Línea 2.**Comprobación de compatibilidad del hardware.
- **Línea 3.**Nos indica si la aplicación está protegida.

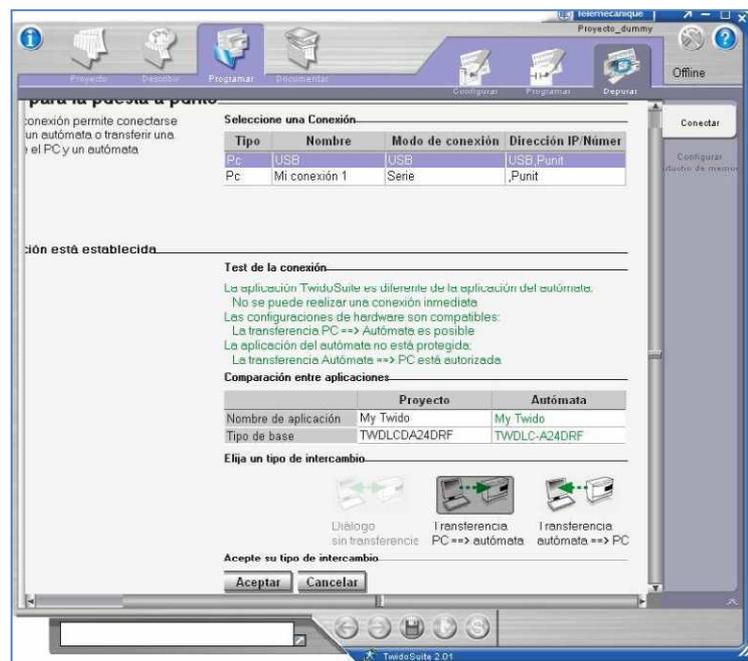


FIGURA: 3.16 TRASFERENCIA DE LA APLICACIÓN AL AUTÓMATA

Para transferir el programa al autómeta se selecciona el icono “Transferir PC => Autómeta” que ha quedado habilitado. Figura 3.17

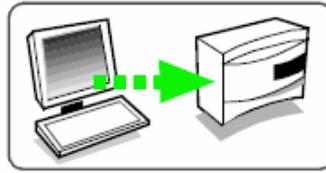


FIGURA: 3.17 TRANSFERENCIA DEL PROGRAMA.

Si se está ejecutando el controlador, aparece un cuadro de advertencia que indica que, para continuar con la transferencia, debe detener el controlador. La transferencia comienza cuando se detiene el controlador, si el controlador está en ejecución, se debe seleccionar “Aceptar” para detenerlo y continuar con la transferencia, para cerrar el cuadro y cancelar la transferencia, se selecciona “Cancelar”. Luego Aparece un cuadro de diálogo de advertencia que indica que se sobrescribirá el contenido de la aplicación del controlador.

Se debe Seleccionar “Aceptar” para continuar con la transferencia.

3.4.1. EJECUCIÓN DEL PROGRAMA

Cuando se haya acabado la transferencia del programa aparece una consola de control, que nos indicara el estado del controlador, está formado de tres botones para activar los estados del PLC de modo Online. Figura 3.18.



FIGURA: 3.18 CONSOLA DE CONTROL DEL AUTÓMATA

Cuando se ejecute el autómata, también lo estará haciendo el programa de aplicación. Las entradas del autómata se actualiza y los valores de datos se establecen con arreglo a las instrucciones de la aplicación. Éste es el único estado en el que se actualizan las salidas del controlador. Cuando se detiene el autómata, la aplicación no se ejecuta. Las entradas del autómata se actualizan y los datos internos se mantienen con los últimos valores, las salidas no se actualizaran en este estado.

3.5. FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE TRASFERENCIA AUTOMÁTICA

Las condiciones de funcionamiento del sistema de transferencia automática triple de la Subestación Las Esclusas se las ha determinado en base a las especificaciones técnicas, y al diseño propuesto en el capítulo 2, con lo cual realizamos una aplicación óptima para el PLC.

El sistema de transferencia tiene dos modos de operación, Remoto y Local. En modo de operación Remoto y Local, el sistema de transferencia funciona en Automático o Manual. El sistema de transferencia funciona con la misma configuración en Automático o Manual ya sea que opere de manera Remota o Local.

El sistema funciona de una forma autónoma ante las posibles fallas de energía eléctrica. En funcionamiento manual es sistema funcionara a criterio del operador. El paro de emergencia funciona en cualquier de los modos de operación, Remoto o Local, ya sea que el sistema este funcionando en Automático o manual. El sistema de transferencia automática cuenta con dos redes de alimentación permanentes y la red de alimentación de emergencia la cual es proporcionada por un grupo electrógeno.

En el diagrama de flujo de la figura 3.19 se representa gráficamente los modos de operación y el tipo de funcionamiento del sistema de transferencia automática de la subestación Las Esclusas, además describe la secuencia de cierre o apertura de los breakers motorizados.

Mediante los supervisores de voltaje se censaran los siguientes parámetros:

- Voltaje nominal
- Pérdida de fase.
- Pérdida total de fases.
- Sobre voltaje.
- Sub voltaje.
- Secuencia de fase.

Los parámetros descritos son programables ya que estos pueden variar en intervalos de tiempo relativamente cortos.

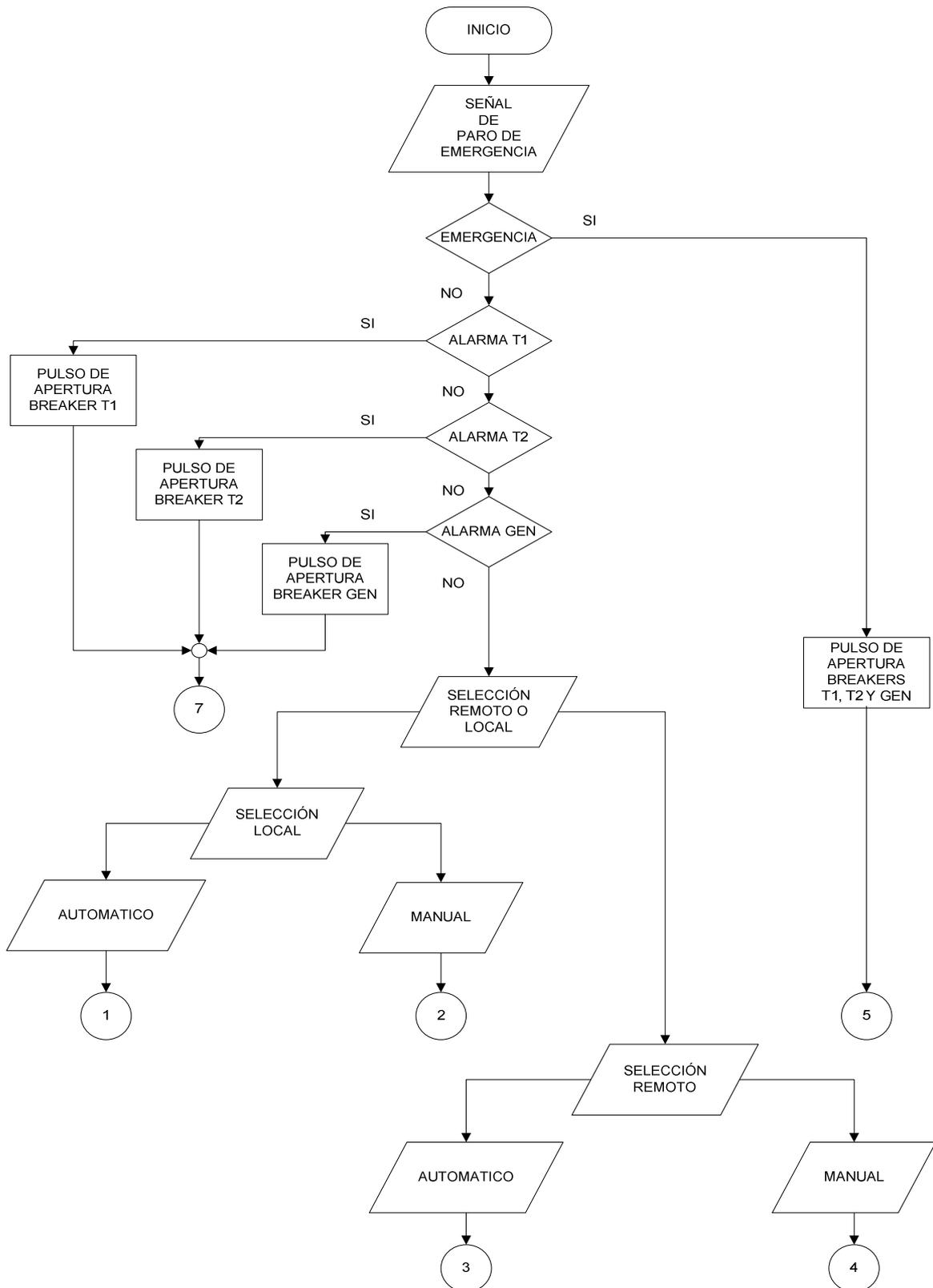


FIGURA: 3.19 FLUJO GRAMA CON LAS CONDICIONES DE OPERACIÓN DEL SISTEMA DE TRASFERENCIA

3.5.1. AJUSTE DE LOS PARÁMETROS DE LOS SUPERVISORES DE VOLTAJE

Los supervisores de voltaje que se utilizan para este sistema de transferencia se deben ajustar o programar de acuerdo a la característica de la red de voltaje al que se lo conecte. El ajuste de los parámetros del supervisor de voltaje del T1, se deben realizar de acuerdo al comportamiento de la red eléctrica de la subestación. Tabla 3.1

TABLA: 3.1 AJUSTE DEL SUPERVISOR DE VOLTAJE DEL T1

PARÁMETRO	AJUSTE
Voltaje nominal	220 Vac
Perdida de fase	T=1 segundo
Pérdida total de fases	T=1 segundo
Sobre voltaje	20% Vn
Sub voltaje	20% Vn
Secuencia de fase	Instantáneo

El ajuste de los parámetros del supervisor de voltaje del (T2), se deben realizar de acuerdo al comportamiento de la red eléctrica pública de la empresa eléctrica de Guayaquil. Tabla 3.2

TABLA: 3.2 AJUSTE DEL SUPERVISOR DE VOLTAJE DEL T2

PARÁMETRO	AJUSTE
Voltaje nominal	220 Vac
Perdida de fase	T=3 segundo
Pérdida total de fase	T=3 segundo
Sobre voltaje	20% Vn
Sub voltaje	20% Vn
Secuencia de fase	Instantáneo

El ajuste de los parámetros del supervisor de voltaje del generador se debe realizar de acuerdo al comportamiento del grupo electrógeno de emergencia. Tabla 3.3

TABLA: 3.3 AJUSTE DEL SUPERVISOR DE VOLTAJE DEL GEN

PARÁMETRO	AJUSTE
Voltaje nominal	220 Vac
Perdida de fase	T=5 segundo
Pérdida total de fase	T=5 segundo
Sobre voltaje	20% Vn
Sub voltaje	20% Vn
Secuencia de fase	Instantáneo

3.5.2. FUNCIONAMIENTO AUTOMÁTICO

La lógica de la aplicación para el funcionamiento automático de este sistema de transferencia se ha diseñado de la siguiente manera:

El sistema de transferencia siempre da prioridad a la red del terciario del auto transformador de potencia (T1). En caso de que la red principal (T1) falle, el sistema entrara a operar con la red pública (T2), y si esta falla el sistema entrara a operar con el grupo electrógeno de emergencia (GEN). El sistema realiza la operación de Re transferencia, a la primer red disponible que retorne (T1) o (T2), si retornase las dos redes al mismo tiempo, el sistema dará prioridad a la red principal (T1).

El grupo electrógeno de emergencia (GEN) se enciende automáticamente una vez por semana, por un tiempo determinado sin hacer transferencia, con el objetivo de tenerlo siempre ejercitado y así mantener el magnetismo remanente del estator del alternador. Para este fin la salida Q0.8 del PLC está asociada a un reloj de tiempo real que está en la memoria interna del PLC, con lo cual el grupo electrógeno de emergencia se enciende todos los días sábados de 10:00 a 11:00 horas.

3.5.2.1. Secuencia de transferencia automática

Si los parámetros del supervisor de voltaje del T1 se encuentran dentro de los ajustes programados, el sistema activa la salida Q0.2 del PLC que envía un pulso de 2 segundos a la bobina de cierre del breaker motorizado 52-A1.

En caso de que la red del T1 se pierda, el sistema espera 3 segundos y activa la salida Q0.5 del PLC, que envía un pulso de 2 segundos a la bobina de apertura del breaker motorizado T1.

Si la red pública T2 está presente y en condiciones idóneas determinadas por el supervisor de voltaje del (T2), el sistema activa la salida Q0.3 del PLC que envía un pulso de 2 segundos a la bobina de cierre del breaker motorizado del 52-A2. El tiempo de transferencia de T1 a T2 es de 3 segundos.

Si la red pública T2 está ausente, el sistema espera un tiempo de 3 segundos y activa la salida Q0.8 del PLC que inicia la secuencia de encendido del generador de

emergencia. Cuando el generador arranca y alcanza valores nominales, el supervisor de voltaje de la red del generador evalúa las señales que provienen de este en un tiempo de 3 segundos. Una vez que el supervisor de voltaje garantiza los valores nominales, el PLC lo mantiene trabajando 10 segundos en vacío (tiempo de calentamiento), luego el sistema esperará un tiempo de 2 segundos y activa la salida Q0.4 del PLC que envía un pulso de 2 segundos a la bobina de cierre del breaker motorizado del generador. Este generador posee un enchaquetado de pre calentamiento, por lo tanto puede enganchar carga en 15 segundos, por especificación del fabricante del grupo generador de emergencia.

Si el generador no enciende se activa la salida Q0.9 del PLC que envía una señal que indica falla en el encendido del generador. El tiempo de transferencia de T1 al generador es de 20 a 22 segundos.

Si la red principal T1 se encuentra ausente y el sistema opera con la red pública T2, y si en la red pública T2 se ausenta por alguna falla, el sistema espera un tiempo de 3 segundos y activa la salida Q0.8 del PLC que iniciara la secuencia de encendido del generador.

3.5.2.2. Secuencia de retransferencia automática

Este caso se produce si el sistema de transferencia está trabajando con la red pública T2, y retorna la red principal T1, en el instante que regresa la energía de red de alimentación principal T1, el supervisor de voltaje del T1 evalúa las señales en un tiempo de 10 segundos, si la red de alimentación principal T1 cumple satisfactoriamente con los parámetros que censa el supervisor de voltaje el sistema espera un tiempo de 3 segundos y activa la salida Q0.6 del PLC que envía un pulso de 2 segundos a la bobina de apertura del breaker motorizado 52-A2, cuando breaker motorizado 52-A2 esté abierto el PLC activa la salida Q0.2 que envía un pulso de 2 segundos a la bobina de cierre del breaker motorizado del 52-A1. El tiempo de Re transferencia de T2 a T1 es de 4 segundos.

Si el sistema de transferencia está trabajando con el grupo eléctrico de emergencia, y retorna la red principal T1, en ese instante el supervisor de voltaje del

T1 evaluará las señales en un tiempo de 10 segundos, si la red de alimentación principal T1 cumple satisfactoriamente con los parámetros que censa el supervisor de voltaje, el sistema espera un tiempo de 3 segundos y activa la salida Q0.7 del PLC que envía un pulso de 2 segundos a la bobina de apertura del breaker motorizado 52-A3, cuando el breaker motorizado 52-A3 esté abierto el PLC activa la salida Q0.2 que envía un pulso de 2 segundos a la bobina de cierre del breaker motorizado del 52-A1. El tiempo de retransferencia de generador a T1 es de 4 segundos.

Después de la retransferencia generador a T1 el grupo eléctrico queda trabajando en vacío por 5 minutos que es el tiempo de enfriamiento antes de que el sistema apague la salida Q0.8 que apagara el generador.

Si el sistema de transferencia está trabajando con el grupo eléctrico de emergencia y retorna la red pública T2, y la red principal T1 está ausente. En el instante que regrese la energía de red de alimentación de la red pública T2, el supervisor de voltaje evaluará las señales en un tiempo de 15 segundos, si la red de alimentación cumple satisfactoriamente con los parámetros que censa el supervisor de voltaje, el sistema espera un tiempo de 3 segundos y activa las salidas Q0.7 del PLC que envía un pulso de 2 segundos a la bobina de apertura del breaker motorizado 52-A3, cuando el breaker motorizado 52-A3 esté abierto el PLC activa la salida Q0.3 que envía un pulso de 2 segundos a la bobina de cierre del breaker motorizado del 52-A2. El tiempo de Re transferencia de generador a T2 es de 4 segundos.

Después de la retransferencia generador a T2 el grupo eléctrico queda trabajando en vacío por 5 minutos que es el tiempo de enfriamiento antes de que el sistema apague la salida Q0.8 que apagara el generador.

En el diagrama de flujo de la figura 3.20 se representa gráficamente el funcionamiento en selección automático del sistema de transferencia de la subestación Las Esclusas.

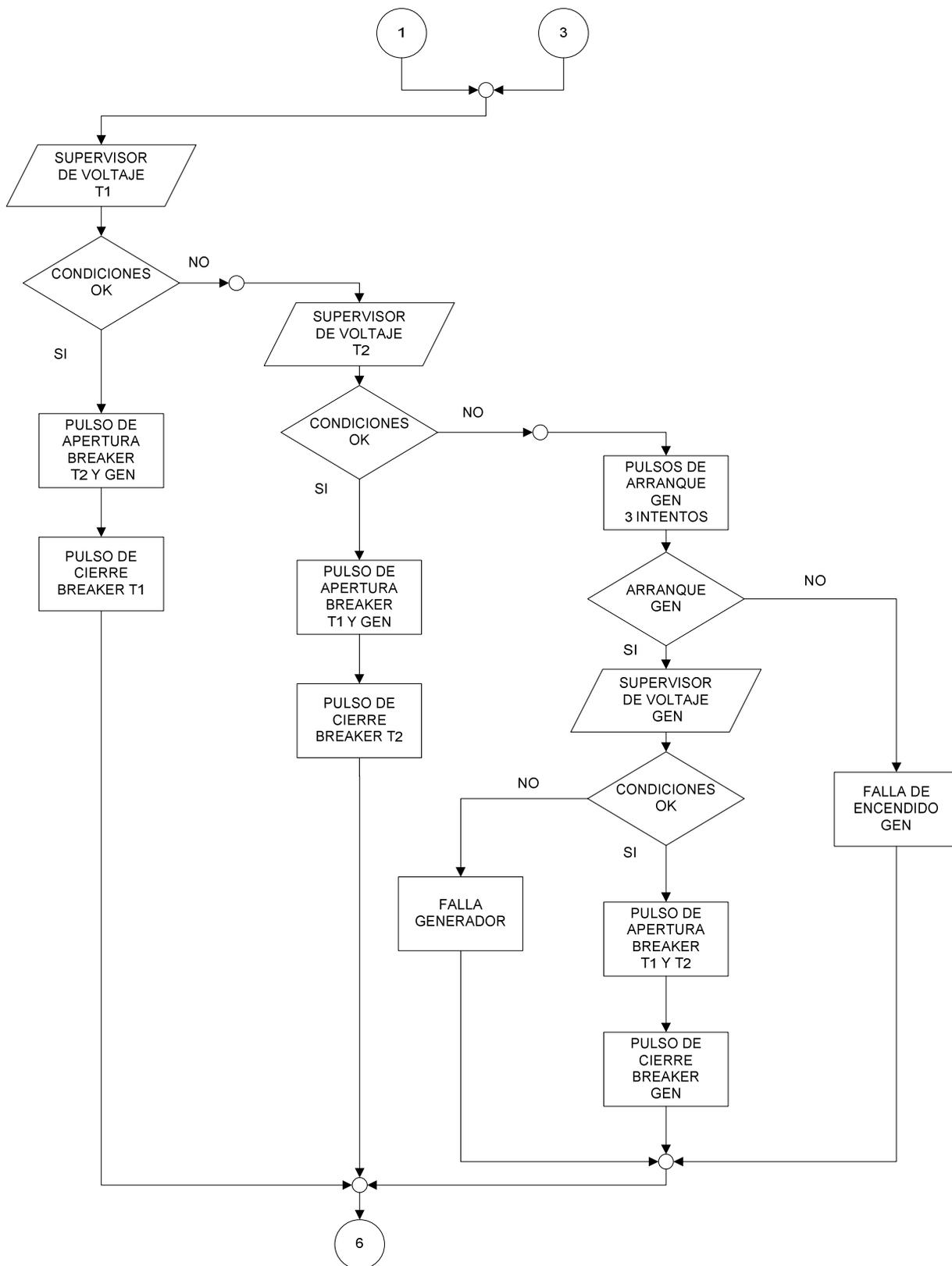


FIGURA: 3.20 FLUJO GRAMA DEL FUNCIONAMIENTO AUTOMÁTICO DEL SISTEMA DE TRASFERENCIA

3.5.3. FUNCIONAMIENTO MANUAL

En funcionamiento manual la operación del sistema de transferencia queda a criterio del operador, el cual puede escoger con que red de alimentación de energía desea alimentar al sistema de servicios auxiliares. El cierre de los breakers motorizados es inmediato, mientras que la apertura tiene un retraso de un segundo para evitar falsas maniobras.

En el diagrama de flujo de la figura 3.21 se representa gráficamente el funcionamiento en selección Manual del sistema de transferencia de la subestación Las Esclusas

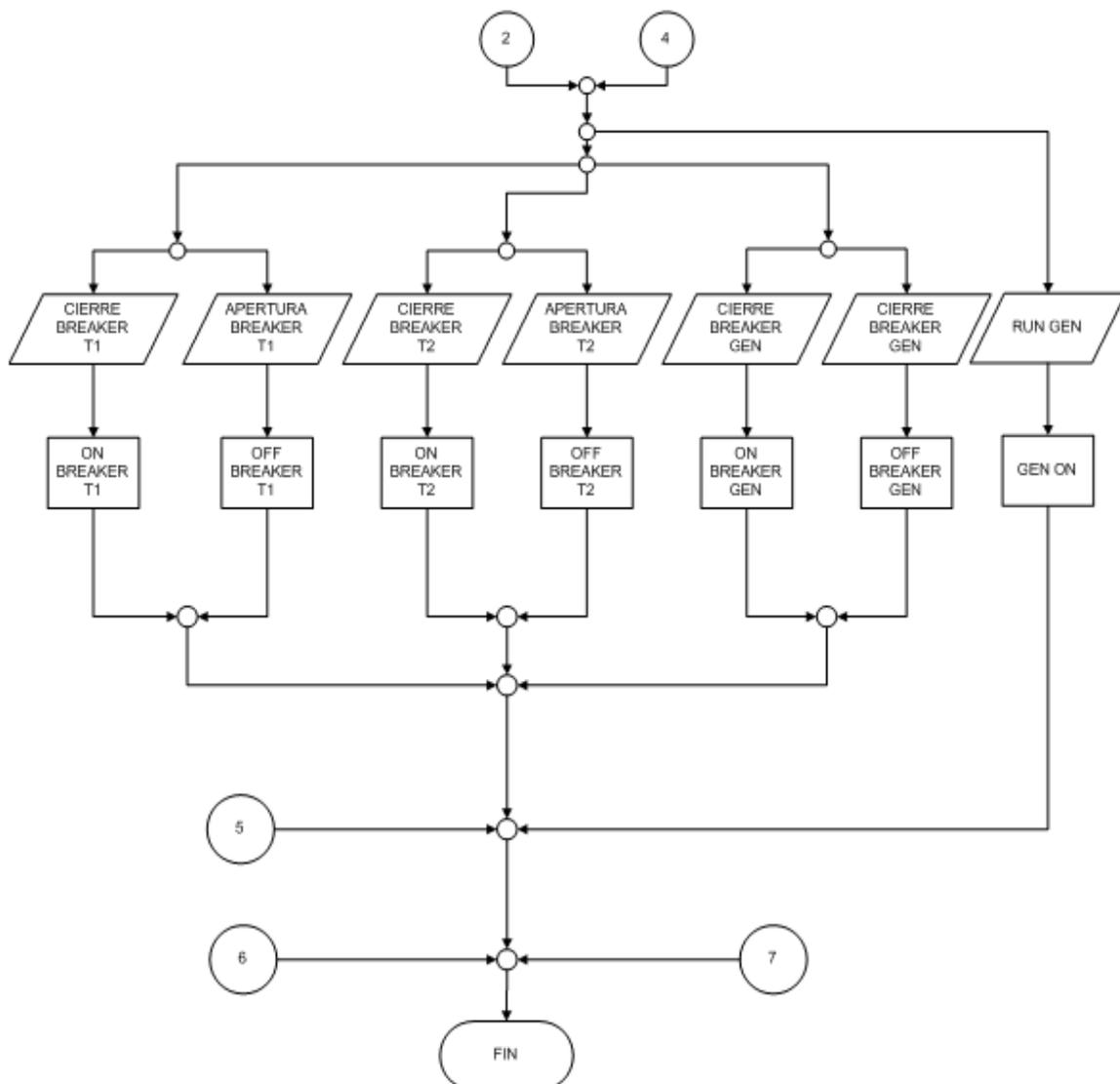


FIGURA: 3.21 FLUJO GRAMA DEL FUNCIONAMIENTO MANUAL DEL SISTEMA DE TRASFERENCIA

3.5.3.1. Secuencia de cierre y apertura manual

Para el cierre manual del breaker motorizado de la red principal T1, los breakers motorizados del T2 y del generador tienen que estar abiertos, de la misma forma para el cierre del breaker motorizado del T2, los breakers motorizados del T1 y del generador tienen que estar abiertos, de igual forma para el breaker motorizado del generador se tienen que comprobar que los breakers motorizados del T1 y del T2 estén abiertos, los tres breakers tienen incorporado un enclavamiento mecánico que no permite el accionamiento simultáneo de los breakers, con lo cual se garantiza que solo un breaker se conecte a la vez, la apertura de los breakers se puede realizar sin restricción, esta acción queda a criterio técnico del operador que decide el momento más adecuado para desconectarlos.

Para brindar versatilidad y seguridad en labores de mantenimiento correctivo se debe desconectar el sistema de control, sin afectar el suministro de energía al sistema de servicios auxiliares de la subestación, por lo tanto se ha habilitado a los breakers motorizados los pulsadores de cierre y apertura, los cuales se los puede hacer uso en las siguientes circunstancias:

- Si el PLC sufre una falla grave que amerite su reposición.
- Sustitución de los supervisores de voltaje.
- Labores de ampliaciones o modificaciones donde se necesite desconectar el sistema de control.
- En labores de mantenimiento.

3.6. PROGRAMACIÓN DE LA APLICACIÓN

La programación se realiza siguiendo las condiciones, la descripción de funcionamiento antes descrita, y los diagramas de flujo. Una vez terminada la programación en lenguaje ladder de la aplicación del sistema de transferencia automática, se realiza la simulación para comprobar el correcto funcionamiento de la aplicación de acuerdo a las condiciones y a las características programadas.

En la simulación se comprueba el funcionamiento Automático, se verifica la apertura y cierre de los breakers motorizados, los tiempos de transferencia, la

secuencia de encendido y apagado del grupo electrógeno, además se comprueba el enclavamiento entre el cierre y apertura de los breakers motorizados. Los accionamientos a comprobar se realiza simulando perdida de voltaje en las redes de alimentación mediante las entras del PLC que son activadas por los supervisores de voltaje.

En funcionamiento manual se verifica el cierre y apertura de los breakers motorizados, la secuencia de encendido y apagado del grupo electrógeno de forma manual.

En la simulación de la aplicación, silos resultados obtenidos son los esperados, se procede a trasferir la aplicación al autómeta.

Para trasferir la aplicación al autómeta se realiza los pasos siguientes:

- Conectar el cable de comunicación al autómeta.
- Conectar el cable de comunicación al computador.
- Energizar el autómeta.
- Abrir la aplicación del sistema de trasferencia.
- Pulsar el botón programar.
- Pulsar el botón depurar.
- Pulsar el botón aceptar en establecer comunicación.
- Pulsar el botón trasferencia PC Autómeta.
- Aceptar la trasferencia.
- Cuando finalice la trasferencia pulsar ejecutar.
- Luego pulsar el botón desconectar y el PLC quedar en RUN.
- Desconectar el cable de comunicación.

En el anexo H se detalla el programa completo en lenguaje ladder de todo el sistema de trasferencia automática de la subestación Las Esclusas.

CAPITULO 4

ARMADO, PRUEBAS E IMPLEMENTACION

4.1. INTRODUCCION

En el presente capitulo se describe el proceso de anclaje de los equipos a la estructura metálica del tablero, así como también la identificación de cada componente. Además de la conformación de grupos de equipos, ubicación y conexiones de fuerza y control.

Todos los tablero eléctricos antes de la instalación y puesta en marcha deben pasar por pruebas que garanticen el buen funcionamiento, y cumplimiento de la lógica de control planteada en la etapa de diseño. En este capítulo se detalla también las pruebas que se deben realizar a los tableros eléctricos y de control después del armado y antes de la implementación.

4.2. MONTAJE DE EQUIPOS Y ACCESORIOS

En el tablero modular lo conforman dos módulos, el primero es el módulo de control y el segundo es el módulo de accionamiento.

En el módulo de control se monta verticalmente el doble fondo escogido el cual forma una sola base donde se adecuan con canaletas de dimensiones 40*60 [mm] para alojar los conductores que conectan todos los equipos. Los equipos seleccionados son ubicados en el doble fondo mediante riel din excepto los supervisores de voltaje los cuales son anclados directamente al doble fondo, en la puerta de este módulo se ubican los analizadores de redes, luces piloto, selectores y pulsadores de accionamiento. En el módulo de accionamiento se ubican los tres doble fondos escogidos horizontalmente, donde se fijan los breaker motorizados.

El juego de barras de las líneas de alimentación se montan en la parte posterior, mientras que las barras de neutro y tierra se fijan en la parte inferior del tablero, por la parte posterior la barra de neutro, y en la parte frontal la barra de tierra.

4.2.1. EQUIPO DE CONTROL

En la parte superior se ubican los equipos de protección y supervisión, para dar facilidad al accionamiento y programación de los mismos. Los supervisores de voltaje se instalan directamente en el doble fondo mediante tuercas remachables, con lo cual damos facilidad para la reposición de estos en caso que se presente alguna avería, mientras que los demás equipos se instalan sobre riel din. Figura 4.1.



FIGURA: 4.1 EQUIPOS DE SUPERVISIÓN.

A media altura, se coloca el PLC, relés repetidores, puntos de conexión, señales de tensión, señales de corriente, con el fin de tener facilidad de acceso y así poder realizar pruebas o cambios con comodidad. Figura 4.2

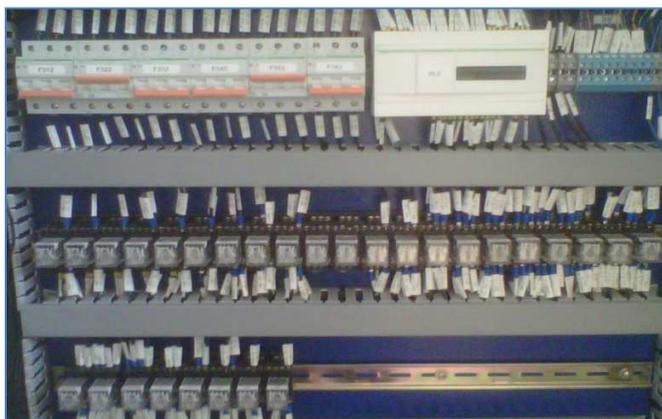


FIGURA: 4.2 EQUIPOS DE CONTROL.

En la puerta del modulo de control se instalaran los equipos que corresponden al sistema de medida, luces indicadoras, y las botoneras de selección y operación previstos en el diseño, como se muestra en la figura 4.3

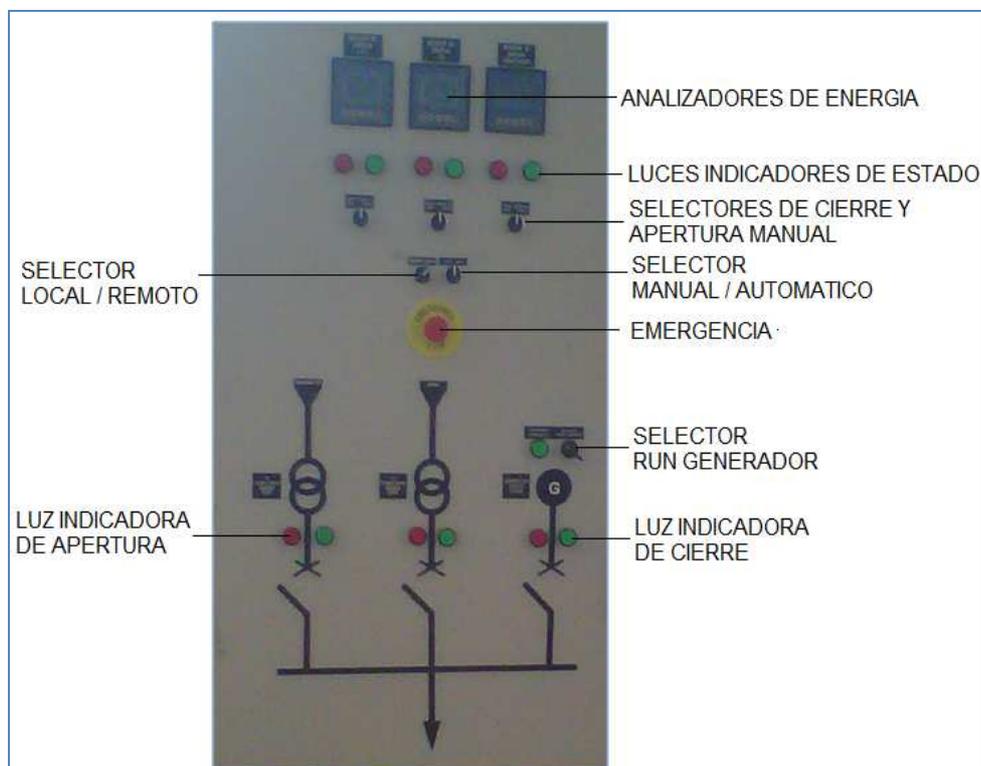


FIGURA: 4.3 PANEL DE CONTROL.

4.2.2. EQUIPO DE FUERZA

Los equipos de fuerza lo comprenden los breakers motorizados y el juego de barras de cobre de las tres redes de alimentación. En este modulo se ubican los tres doble fondos escogidos.

El juego de barras de cobre se instalo sobre aisladores porta barras los cuales se anclaran a la estructura metálica del tablero, los aisladores escogidos son adecuados para soportar el peso de las barras que contienen, de tal forma que todo el juego forme una sola estructura totalmente rígida, aislada de tierra y entre líneas.

La estandarización de colores de las barras de cobre se realizara conforme a la figura 4.4.

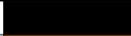
ESTANDARIZACIÓN DE COLORES DE BARRAS		
R (A)	NEGRO	
S (B)	ROJO	
T (C)	AMARILLO	
N	AZUL	
GND	VERDE	

FIGURA: 4.4 ESTANDARIZACIÓN DE COLORES PARA BARRA DE COBRE

En cada barra de cobre se colocara cinta termocontraíble del color que corresponda con lo que se conseguirá identificar las líneas, además de brindar aislamiento eléctrico.

En cada barra de cobre de las tres redes de alimentación se montaran los transformadores de corriente, en total se instalaran nueve transformadores de corriente con relación de transformación de 800/5 [A], con estos equipos colocados correspondientemente se realizara el ajuste de todo el juego de barras.

Todas las barras se conectaran a los breakers motorizados mediante accesorios de barra más pequeños.

La figura 4.5. Muestra la configuración que se realizo en cada unión de una barra con otra.

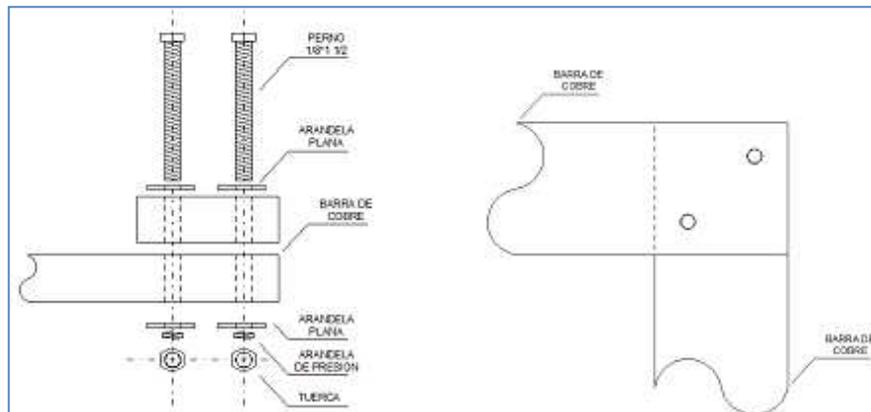


FIGURA: 4.5 UNIONES DE BARRAS DE COBRE.

Las barras de neutro están ubicadas en la parte posterior del tablero las cuales son ancladas a la estructura mediante aisladores en la parte central de cada modulo, mientras que las barras de tierra están ubicadas en la parte frontal ancladas a la estructura del tablero mediante pernos.

Los breakers motorizados son anclados a los doble fondos con pernos de cabeza hexagonal y en el orden determinado desde arriba hacia abajo, 52-A1, 52-A2, 52-A3. Los tres breakers motorizados están enclavados un sistema de transmisión que no permitirá el accionamiento simultáneo. Mientras este accionado uno de ellos los demás estarán bloqueado y no se podrán accionar directamente ni por las bobinas de cierre, para cerrar otro breaker necesariamente se tiene que abrir el que está en uso y así se puede seleccionar el cierre de otro breaker.

Cada modulo tiene su propia iluminación, las luces son accionadas por topes de puerta instalados en el marco de cada modulo, las luces están permanentemente apagadas y solo se encienden cuando la puerta de cada modulo se abra.

Una vez instalados todos los componentes en el tablero se procede a etiquetar los equipos de acuerdo a los planos. La etiqueta será de letras negras y fondo blanco, termocontraibles, las cuales se recomiendan para equipos con superficies planas.

Figura 4.5



FIGURA: 4.6 ETIQUETA.

Los bornes de conexión se etiquetan con las letras [X], y dos números adicionales, el primero indicara el grupo de bornes, y el segundo indica el número de bornera en el grupo de borne [X1.3].

Al tener todos los elementos que conforman el sistema de transferencia bien etiquetados conforme a los planos, se puede realizar el cableado de una forma ordenada, optimizando tiempo y materiales.

4.3. CONEXIONES

El conexionado de los componentes se realiza siguiendo un estricto orden, y teniendo un buen conocimiento de los dispositivos a instalar, se debe estudiar los planos previamente para tener una mejor apreciación del diseño y elegir el método de alambrado.

El alambrado del sistema de transferencia automática se realiza en el orden siguiente:

- Conexión de los puntos de tierra de los equipos directamente a la barra.
- Conexión de las señales de voltaje desde las barras hacia las protecciones principales.
- Conexión de las señales de corriente hacia los bornes definidos.
- Conexión de los terminales de los breakers motorizados a las borneras.
- Conexión del sistema de supervisión.
- Conexión del sistema de medida.
- Conexión de entradas y salidas del PLC.
- Conexión del los relés de comando Local y Remoto.
- Conexión del sistema de iluminación y calefacción.
- Conexión a las botonera del panel de control.

El alambrado se realiza concentrando todos los puntos de conexión en el modulo de control, con el fin de tener en un solo sitio acceso a cada uno de los terminales de los demás equipos, y así tener mayor versatilidad en el cableado.

En cada punto de conexión se utiliza terminales de punta, para garantizar un buen contacto eléctrico y prevenir el desgaste prematuro de las puntas de los conductores.

Todos los conductores que conforman el sistema de transferencia automática tienen una identificación, en la cual se indica el elemento y terminal al que va conectado, y a cual se dirige el otro extremo.

4.4. PRUEBAS

Con las pruebas que se realizan a los tableros de distribución y control se garantiza el correcto funcionamiento de todos los equipos que lo integran antes de que se envíen a su destino final de instalación, si se presenta algún inconveniente en el funcionamiento este se supera rápidamente y con mayor tranquilidad en fábrica que en la obra, ya que en fabrica se tiene toda la herramienta disponible.

Las pruebas de un tablero eléctrico se las realiza cuando el proceso de construcción de este ha finalizado, y se han ubicado todos los elementos necesarios para tener un excelente desempeño.

Antes de comenzar con las pruebas del tablero de transferencia se realiza las comprobaciones siguientes:

- Ajuste de toda la tornillería de la estructura metálica del tablero.
- Apriete de todos los pernos que forman el sistema de fuerza.
- Fijación de equipos conforme a los planos.
- Apriete de punto de conexión eléctricos.
- Conexión de equipos.
- Identificación de equipos.
- Identificación de cables.
- Continuidad a tierra.
- Comprobar que no existan herramientas en el interior del tablero.

Al finalizar estas comprobaciones se realizar las pruebas.

4.4.1. PRUEBA DE AISLAMIENTO

Las pruebas de aislamiento eléctrico se las realiza con un instrumento llamado mega óhmetro.

Las pruebas de aislamiento se realizan al sistema de fuerza del tablero de transferencia automática.

- Medición de cada una de las barras con respecto a tierra.
- Medición de cada una de las barras con respecto a neutro.
- Medición de entre barras y a la estructura metálica.

Estas medidas realizadas con el mega óhmetro en escala de 500V estuvieron dentro de las normas de CECEL E.P. 550MΩ.

4.4.2. PRUEBAS DEL SISTEMA DE CONTROL

Para realizar estas pruebas se energiza solo el sistema de control, para verificar las señales que llegan a los diferentes equipos que componen el sistema de transferencia.

A continuación se describen las pruebas que se realiza al sistema de control.

- Cierre y apertura de selectores y pulsadores.
- Cierre y apertura de breakers.
- Cierre y apertura de borneras seccionables.
- Cierre y apertura de relés, y contactos auxiliares.
- Cierre y apertura de los breakers motorizados.
- Comprobación de enclavamientos eléctricos.
- Comprobación de enclavamientos mecánicos.

Para comprobar los modos de operación y funcionamiento se realizan puentes en los supervisores de voltaje, para simular presencia de voltaje en las barras de alimentación.

4.4.3. PRUEBAS DEL SISTEMA DE SUPERVISIÓN

Las pruebas del sistema de supervisión son esenciales pues estos equipos deben funcionar correctamente, debido a la importancia del sistema de transferencia. A continuación se describe las pruebas realizadas a cada uno de los supervisores de voltaje:

- Pérdida de fase.
- Pérdida total de fases.
- Sobre voltaje.
- Sub voltaje.
- Secuencia de fase.

Las pruebas se las realiza con un equipo de inyección de tención calificado por Celec-E.P. y se comprobó el buen funcionamiento de estos equipos conforme a los tiempos y valores programados.

4.4.4. PRUEBAS DEL SISTEMA DE MEDIDA

Estos equipos son programados con misma la relación de transformación de los transformadores de corriente, además la pantalla nos muestra el voltaje, la potencia activa, y el factor de potencia.

Las pruebas se realizan con un equipo de inyección de corriente, tención, frecuencia, y la variación de ángulos de fase simultáneamente y calificado por Celec-E.P. y se comprobó el buen funcionamiento de estos equipos conforme a los parámetros requeridos.

4.4.5. PRUEBAS DE OPERACIÓN LOCAL Y REMOTO

El funcionamiento Automático y Manual es el mismo para la operación Local como Remoto.

Las pruebas para operación Local se realizan desde el panel de control del tablero de transferencia mediante los selectores y botoneras instaladas.

Las pruebas para la operación remota se realizan desde la BCU del centro de control de la subestación.

4.4.6. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO AUTOMÁTICO

En esta prueba verificaremos los tiempos entre transferencia y retransferencia además el cierre y apertura de los breakers motorizados, secuencia de encendido y apagado del grupo generador y el paro de emergencia.

4.4.7. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO MANUAL

En esta prueba se verifica el cierre y apertura de los breakers motorizados, además del accionamiento del relé para el encendido del grupo electrógeno y el paro de emergencia. Todos los accionamientos se realizan de forma manual, el cierre de los breakers motorizados es inmediato, mientras que la apertura tiene un retraso de un segundo para evitar falsas maniobras.

4.5. IMPLEMENTACIÓN

Previo a la instalación del tablero de transferencia automática en la subestación Las Esclusas se realiza un reajuste integral de todos sus piezas, ya que en el transporte la vibración puede aflojado los pernos por este motivo Antes de comenzar la instalación se realiza las comprobaciones siguientes:

- Ajuste de toda la tornillería de la estructura metálica del tablero.
- Apriete de todos los pernos que forman el sistema de fuerza.
- Apriete de puntos de conexión eléctricos.
- Verificar que no existan herramientas en el interior del tablero.

El ajuste de las barras de cobre se comprueba por seguridad ya que un solo perno que no esté bien ajustado, puede producir un punto caliente cuando las barras conduzcan la energía eléctrica, lo que ocasionaría un a falsa maniobra, deterioro prematuro del barraje y perdidas por efecto joule, terminado el reajuste se comienza la instalación, la cual es estrictamente supervisada para que las conexiones se realicen correctamente.

El tablero de transferencia automática triple se conecta al tablero de distribución principal por la parte superior con 3 barras de 1250 amperios cada una.

Finalmente se conectan las señales de control remoto, monitoreo, y estados. Finalizada la instalación se inicia la energización y puesta en marcha del tablero de transferencia.

4.6. ENERGIZACIÓN Y PUESTA EN MARCHA

Para iniciar la energización se verifica que todas las protecciones estén abiertas, se comprueba los niveles de tensión adecuados a las entradas, y se cierran los circuitos correspondientes en el siguiente orden:

- Cierre de protección del sistema de control.
- Cierre de protecciones de elementos de medida y monitoreo.
- Cierre de protecciones del autómata.
- Comprobación de señales.
- Maniobras de cierre y apertura sin carga.

La puesta en marcha consiste en la explicación de la operación del tablero de transferencia y la realización de una prueba de funcionamiento.

4.6.1. OPERACIÓN LOCAL MANUAL

Se coloca el selector local - remoto, en posición local, luego se coloca el selector automático – manual, en posición manual y se realiza las operaciones de cierre y apertura de los breakers motorizados utilizando los selectores de puerta en el siguiente orden:

- Cierre del breaker 52-A1.
- Apertura del breaker 52-A1.
- Cierre del breaker 52-A2.
- Apertura del breaker 52-A2.
- Encender el generador.
- Cierre del breaker 52-A3.
- Apertura del breaker 52-A3.
- Apagar generador.

4.6.2. OPERACIÓN LOCAL AUTOMATICO

Se coloca el selector local - remoto, en posición local, luego se coloca el selector automático – manual, en posición automático y el sistema realiza las operaciones de cierre y apertura de los breakers motorizados automáticamente en el siguiente orden:

- Se cierra el breaker 52-A1.
- Falla en T1
- Se abre el breaker 52-A1.
- Se cierra el breaker 52-A2.
- Falla en T2.
- Se abre el breaker 52-A2.
- Se enciende el generador.
- Se cierra el breaker 52-A3.
- Se verifican las señales de disparo de cada uno de los breakers.
- Se verifica las señales de alarmas.

Los resultados obtenidos en el diseño e implementación de este proyecto son los esperados, cumpliendo con las especificaciones técnicas y los objetivos planteados.

CAPITULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- El diseño e implementación de este tablero de transferencia automática triple para la Subestación Las Esclusas cumple con todas las especificaciones técnicas de CELEC E.P. – Transelectric.
- Este esquema de desarrollo y presentación de los planos eléctricos, de control y fuerza, contribuyeron a que el ensamblaje de la estructura mecánica, montaje y conexión de equipos se realice de una manera ordenada, rápida y óptima, brindaron facilidad y versatilidad en el proceso de construcción de este proyecto.
- El dimensionamiento de los equipos que conforman el tablero de transferencia automática se realizó con un criterio técnico, que garantiza el monitoreo, control y operación integral de las redes eléctricas, con el fin de proporcionar al sistema de servicios auxiliares de la Subestación Las Esclusas energía en las mejores condiciones para el perfecto desempeño de los sistemas de la subestación.
- Todos los equipos que conforman el tablero de transferencia automática fueron distribuidos en el interior de una forma técnica, ordenada, y estética, que optimiza el espacio disponible, y centraliza la operación del sistema de control y fuerza en módulos independientes.
- La programación lógica del PLC está desarrollada en base a una arquitectura sencilla, consta de etiquetas y símbolos inteligentes que describen la función de cada elemento que forma la aplicación, toda la programación se escribió en lenguaje ladder conforme a los planos de control y a la descripción del funcionamiento, lo que permite su fácil entendimiento y lectura con el fin de poder realizar ampliaciones o modificaciones futuras.

- La operación remota se diseño implementando en el circuito de control señales a 125 Vdc que se envían desde la unidad de control de bahía BCU las cuales conmutan de forma paralela bajo condiciones de enclavamiento con el panel de operación local, proporcionado control a distancia del tablero de transferencia, con lo cual se integrase al sistema automático de la subestación SAS, y se pode controlar el tablero desde el HMI del centro de control de la subestación.
- Concluyo finalmente que tablero de trasferencia automática triple diseñado e implementado proporciona al sistema de servicios auxiliares de las Subestación Las Esclusas un suministro automático de energía eléctrica desde tres fuentes de alimentación diferentes, cumpliendo plenamente con las normas, especificaciones, y con el objetivo planteado para el desarrollo de este proyecto.

5.2. RECOMENDACIONES

- Recomiendo que en la etapa de diseño y calificación de planos de sistemas automáticos, se considere las condiciones de operación, funcionamiento, y especificaciones técnicas, para poder desarrollar un proyecto que cumpla con las expectativas del cliente.
- Recomiendo que los planos eléctricos y principalmente los de control se desarrollen en una estructura de coordenada, que permita estructurar los circuitos en partes, facilitando la lectura, y contribuyendo a que el proceso de construcción de un tablero de control se realice de forma ordenada y optima.
- Recomiendo que en los tableros eléctricos y de control se dimensione un espacio de reserva para ampliaciones futuras y que los equipos se distribuyan de manera técnica y estética, tomando en consideración la seguridad del personal operador.
- Recomiendo etiquetar todos los equipos que conforman un tablero eléctrico y de control de acuerdo a planos, lo que facilitara el cableado de los componentes que lo integran.
- Recomiendo utilizar un código de colores normalizado para el alambrado de los equipos de control y fuerza, que conforman un tablero eléctrico o de control.
- Recomiendo programar lógica del PLC utilizando etiquetas y símbolos para cada instrucción que describan la función de cada elemento de la aplicación.
- Recomiendo que para desarrollar un proyecto de estas características, siempre debemos regirnos a las especificaciones técnicas, normas, y a los objetivos planteados. Además trabajar conjuntamente con el personal técnico encargado de construcción, fiscalización, operación, y mantenimiento, desde

la etapa de diseño hasta la implementación, con el fin de proporcionar un producto que cumpla con las exigencias de ingeniería planteadas y posibles modificaciones a implementarse en el futuro.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Subestación: Complejo en donde se regula los parámetros de la energía eléctrica.

S.N.I.: sistema nacional interconectado.

HMI: Interfaz hombre maquina.

Elemento fisil: Elemento que puede fisionarse debido a la acción de una fuerza externa.

Maquina Motriz: Fuente de energía rotativa.

Electrógeno:

Governor: Es un dispositivo mecánico diseñado para mantener una velocidad constante de un motor.

Grupo electrógeno: Maquina que mueve un generador eléctrico atreves de un motor de combustión interna.

SAS: Sistema automático de subestación.

Inversor: Elemento eléctrico y electrónico que convierte la corriente continua en corriente alterna.

Rectificador: Elemento eléctrico y electrónico que convierte la corriente alterna en corriente continua.

PLC: Controlador lógico programable

BCU: Unidad controladora de bahía.

IED: Elemento electrónico inteligente.

Borne: Punto de conexión eléctrico.

Interfaz: Medio eléctrico o electrónico de comunicación de equipos a un centro de supervisión y control.

Ladder: Lenguaje no informático de programación de autómatas.

Calefactor: Elemento resistivo utilizado para mantener la temperatura adecuada en un determinado ambiente.

Termostato: Elemento sensor que monitorea la variación de temperatura en un punto específico.

GOM: Grupo de operación y mantenimiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

LIBROS

- Irving, Kosow. (1977). Control de maquinas eléctricas. Editorial Prentice – Hall. México.
- Mejía Villegas S.A. Subestaciones de alta tensión. Segunda edición. Impresiones graficas Ltda.
- Enrique Pérez, Jorge Acevedo, Celso Silva, José Quiroga. Autómatas programables y sistemas de automatización. Editorial marcombo.
- José Sancho García, Rafael Miro Herrera, Sergio Gallardo Bermell. Gestión de la energía. Editorial de la Universidad Politécnica De Valencia.
- Castro, G (2009). Control Industrial.

DIRECCIONES ELECTRÓNICAS

- <http://www.andes.info.ec/econom%C3%ADa/4780.html>
- [http://www.grupo-maser.com/PAG_Cursos/Auto/auto2/auto2/PAGINA%20PRINCIPAL/Automatizacion/Automatizacion.htm#Objetivos de la automatización](http://www.grupo-maser.com/PAG_Cursos/Auto/auto2/auto2/PAGINA%20PRINCIPAL/Automatizacion/Automatizacion.htm#Objetivos%20de%20la%20automatizaci%C3%B3n)
- [http://www.grupo-maser.com/PAG_Cursos/Auto/auto2/auto2/PAGINA%20PRINCIPAL/Automatizacion/Automatizacion.htm#¿Que es un sistema automatizado?](http://www.grupo-maser.com/PAG_Cursos/Auto/auto2/auto2/PAGINA%20PRINCIPAL/Automatizacion/Automatizacion.htm#%C3%BA%20Que%20es%20un%20sistema%20automatizado%3F)
- http://www.transelectric.com.ec/transelectric_portal/portal/main.do;jsessionid=FE656BFBD5331A23E0AC2F11880AF267?sectionCode=16
- <http://books.google.es/books?id=5l-sVrILeCcC&pg=PA97&lpg=PA98&dq=centrales+hidroelectricas#v=onepage&q=centrales%20hidroelectricas&f=false>
- <http://www.transelectric.com.ec>
- http://www.transelectric.com.ec/transelectric_portal/portal/main.do?sectionCode=10
- <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1411/1/CD-0746.pdf>

CATÁLOGOS Y MANUALES

- Plan maestro de electrificación del Ecuador 2012-2021. Conelec. Capitulo 6
- Manual de controladores programables Twido 2009
- Manual analizador ANG96
- Manual de supervisor de voltaje ICM 450
- Manual Interruptor automático de potencia Masterpact NW
- Manual del usuario. Unidades de control Micrologic 2.0 A