

**PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN
DEL SISTEMA DE TRANSFERENCIA DE
ENERGÍA ELÉCTRICA EN PLANTA
PIEMME**



**PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN
DEL SISTEMA DE TRANSFERENCIA
DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN
PLANTA PIEMME**

Autor: Antonio Rodríguez

Urb. Yuma II, calle nº 3. Municipio San Diego
Teléfono (0241) 8714240 (máster)-Fax: (0241) 8712394



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN
DEL SISTEMA DE TRANSFERENCIA
DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN
PLANTA PIEMME**

Empresa: INVERSIONES ROAR 4.16 C.A.

Autor: Antonio Rodríguez
C.I.V-14.923.464

Tutor: Ing. Agustín Larez

San Diego, Abril de 2018



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE ELECTRÓNICA

PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN
DEL SISTEMA DE TRANSFERENCIA
DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN
PLANTA PIEMME

CONSTANCIA DE ACEPTACIÓN

AGUSTÍN LAPEZ. *Agustín Lapez* C.I. 8155922
Nombre, firma y cédula de identidad del tutor académico

RAMÓN RODRÍGUEZ *Ramón Rodríguez* C.I. 4.269.541
Nombre, firma y cédula de identidad del tutor empresarial

Autor: Antonio Rodríguez
C. I.: V-14.923.464

San Diego, Abril de 2018

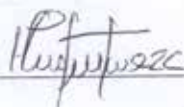


REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

APROBACIÓN DEL TUTOR

Quien suscribe, Ingeniero Agustín Larez, portador(a) de la cédula de identidad V-8.155.922, hace constar que ha leído el Proyecto del Trabajo de Grado, presentado por el ciudadano Antonio Rodríguez, portador de la cédula de identidad V-14.923.464, titulado "**Propuesta de automatización del sistema de transferencia de energía eléctrica en planta Piemme**", presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Electrónico, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y meritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En San Diego, a los 10 del mes de Abril del año dos mil dieciocho.

 CI 8155922

Firma

Agustín Larez

C.I. V-8.155.922

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a Dios y a mis Padres por tanto mor y apoyo esencial para alcanzar la meta.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar a Dios por darme la salud, fortaleza y sabiduría para transitar este camino que me llevo al logro de esta importante objetivo.

A Mis Padres Magda de Rodríguez y Antonio Rodríguez por infundir en mi los valores, principios, hábitos además prestarme todo el apoyo emocional y económico para finalizar este largo recorrido. A mis hermanos Yessy y José ya que fueron piezas claves en el desarrollo de la etapa por todo el apoyo prestado.

A todos aquellos profesores que a lo largo de la carrera fueron capaces a pesar de las dificultades de dar todo de si por impartir los conocimientos técnicos, teóricos y humanos para hacer de mí una mejor persona no solo en lo profesional sino también en lo personal.

A Mis amigos y compañeros de clases con los que compartí horas de estudio, esfuerzo y quienes en momentos importantes representaron un apoyo para culminar con éxito esta carrera.

INDICE

INDICE DE FIGURAS.....	xiii
ÍNDICE DE TABLAS	xv
Tabla 2 Mapa de Memoria CP2MA 38	xv
Tabla 4 Capacidad de Pantalla 41	xv
Tabla 5 Denominación de registros MODBUS 47	xv
Tabla 6 Direccionamiento de registros en memoria 47.....	xv
Tabla 7 Mapa de Memoria MODBUS Para el MT96 50	xv
Tabla 8 Pregunta típica en MODBUS DSE 7320 52	xv
Tabla 9 Valores topes de las variables 56	xv
RESUMEN	xvi
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	3
LA EMPRESA.....	3
1.1. Reseña Histórica	3
1.2. Misión	3
1.3. Visión	4
1.4. Ubicación Actual	4
1.5. Valores.....	4
1.6. Descripción	5
1.7. Servicios.....	6
1.8. Estructura Organizacional	7
CAPÍTULO II	9
2.1. Planteamiento del problema.....	9
2.2. Formulación del Problema.....	11
2.3. Objetivos de la Investigación.....	11
2.3.1. Objetivo General	11
2.3.2. Objetivos Específicos	11
2.4. Justificación del Problema	11

2. 5. Alcance	12
2. 6. Limitaciones	12
CAPÍTULO III	13
3. 1. Antecedentes.....	13
3.2. Bases Teóricas	14
3.2.1. Generador Eléctrico	14
3.2.1.1 Tipos de Generador eléctrico	14
3.2.1.2. Panel de control de generador eléctrico.....	15
3.2.1.3. Variables a monitorear en un Generador	16
3.2.2. Interruptores de potencia	16
3.2.2.1. Tipos de Interruptores de potencia.....	17
3.2.2.1.1. Interruptor de vacio.....	17
3.2.2.1.2. Interruptor de hexafluoruro de azufre	18
3.2.2.2. Sistemas de transferencia de energía	18
3.2.2.3. Modos de operación de un sistema de transferencia.....	18
3.2.2.3.1 Modo Manual.....	19
3.2.2.3.2 Modo Automático	19
3.2.2.4. La Comunicación.....	19
3.2.2.5. Transmisión de Información.....	20
3.2.2.5.1. RS232, Transmisión balanceada, single ended	20
3.2.2.5.2. RS422/485, Transmisión balanceada diferencial.	20
3.3. Definición de términos básicos	21
CAPÍTULO IV	22
4.1. Tipo de Investigación	22
4.2. Diseño de la Investigación	23
4.3. Nivel de la Investigación.....	23
4.4. Fases Metodológicas.....	24
Fase I: Análisis del procedimiento actualmente en funcionamiento en el sistema de transferencia de planta piemme	24

Fase II: Determinación las variables que se deben monitorear para optimizar el sistema actual	24
Fase III: Exploración las posibilidades de comunicación entre los controles de generación y los plc del mercado	24
Fase IV: Diseño un sistema de control automatizado para el proceso de transferencia de energía	25
CAPÍTULO V	26
5.1. Fase 1: Análisis del procedimiento actualmente en funcionamiento en el sistema de transferencia de planta piemme	26
5.1.1. Subestación Externa	26
5.1.2. Subestación Interna	27
5.1.3. Procedimiento para las maniobras de transferencias	28
5.2. Fase II. Determinación las variables que se deben monitorear para optimizar el sistema actual	30
5.2.1. Voltaje	31
5.2.2. Corriente	31
5.2.3. Temperatura	31
5.2.4. Presión de aceite	31
5.2.5. Nivel de Gasoil	31
5.2.6. Revoluciones por minuto	32
5.2.7. Variables de posición	32
5.2.8 Equipos necesarios para la verificación de las variables del sistema	32
5.2.8.1 Medición de valores de la red de preferencia (CORPOELEC)	32
5.2.8.2 Medición de Parámetros en los Generadores	33
5.2.9 Controlador lógico programable	35
5.2.10 Interfaz humano maquina (HMI)	38
5.2.11 Convertidor de datos CIF 11	41
5.2.12 Misceláneos	42
5.3 Fase III. Exploración las posibilidades de comunicación entre los controles de generación y los plc del mercado	43
5.3.1 Configuración del CP2MA para la comunicación MODBUS RTU	44

5.3.2	Comunicación MODBUS del MT96	48
5.3.3	Comunicación del panel 7320 DSE	50
5.4	Fase IV. Diseño de un sistema de control automatizado para el proceso de transferencia de energía	55
5.4.1	Diagrama de flujo general	56
5.4.2	Diagrama de flujo de subrutina de emergencia.....	56
5.4.3	Diagrama de flujo de subrutina de preferencia.....	57
5.4.4	Esquema de control	59
5.4.5	Desarrollo de pantallas para la interfaz humano maquina	64
	CONCLUSION.....	71
	RECOMENDACIONES.....	72
	REFERENCIAS	73
	Impresas.....	73
	Electrónicas	73

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Organigrama estructural de la empresa	8
Figura 2 . Vista General Generador Industrial.....	15
Figura 3 Vista panel de control.....	16
Figura 4 Conexión RS 485	21
Figura 5 Analizador de potencia MT96	33
Figura 6 Panel 7320 DSE.....	34
Figura 7 Esquema general 7320.....	34
Figura 8 Esquema de conexión eléctrica 7320	35
Figura 9 PLC Omron CP2MA	36
Figura 10 Configuración básica CP2MA	38
Figura 11 HMI Omron NT21.....	38
Figura 12 Dimensiones físicas HMI NT21	41
Figura 13 Convertidor CIF 11	41
Figura 14 Conexión CIF11	42
Figura 15 Configuracion_1 Modbus CP2MA	44
Figura 16 Configuracion_2 Modbus CP2MA	45
Figura 17 Configuracion_3 Modbus CP2MA	45
Figura 18 Configuracion_4 Modbus CP2MA	47
Figura 19 Configuracion_5 Modbus CP2MA	47
Figura 20 Configuracion_6 Modbus CP2MA	48
Figura 21 Configuracion_7 Modbus CP2MA	48
Figura 22 Diagrama de flujo general	57
Figura 23 Diagrama Sub Rutina Emergencia	58
Figura 24 Diagrama Sub Rutina Preferencia.....	58
Figura 25 Diagrama Programación 1.....	59
Figura 26 Diagrama Programación 2.....	60
Figura 27 Diagrama Programación 3.....	60
Figura 28 Diagrama Programación 4.....	61
Figura 29 Diagrama Programación 5.....	61
Figura 30 Diagrama Programación 6.....	62
Figura 31 Diagrama Programación 7.....	62
Figura 32 Diagrama Programación 8.....	63
Figura 33 Diagrama Programación 9.....	63
Figura 34 Pantalla 1.....	65
Figura 35 Pantalla 2.....	65
Figura 36 Pantalla 3.....	66
Figura 37 Pantalla 4.....	66

Figura 38 Pantalla 5..... 67
Figura 39 Pantalla 6..... 67
Figura 40 Pantalla 7..... 68
Figura 41 Pantalla 8..... 68
Figura 42 Pantalla 9..... 69
Figura 43 Pantalla 10..... 69
Figura 44 Pantalla 11..... 70

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Tabla Variables Basicas en sub estación electrica	33
Tabla 2 Mapa de Memoria CP2MA	37
Tabla 3 Especificacion General NT21	39
Tabla 4 Capacidad de Pantalla	40
Tabla 5 Denominación de registros MODBUS.....	45
Tabla 6 Direccionamiento de registros en memoria	46
Tabla 7 Mapa de Memoria MODBUS Para el MT96.....	49
Tabla 8 Pregunta típica en MODBUS DSE 7320	51
Tabla 9 Valores topes de las variables	55



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
CARRERA INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE
TRANSFERENCIA DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN PLANTA
PIEMME**

Autores: Antonio Rodríguez

Tutor: Ing. Agustín Lara

Fecha: Octubre, 2017

RESUMEN

Este proyecto tiene como objetivo principal de realizar la propuesta de automatización del sistema de transferencia de energía eléctrica en planta piemme. Para el desarrollo de la propuesta se realizó la evaluación de las condiciones actuales del sistema a fin de considerar las mejoras que aporten a la optimización del método vigente de transferencia. En base a esta premisa, tomando en consideración los equipos, instrumentos y variables que operan en la actualidad, se procedió a la selección de equipos para el nuevo diseño evaluando diferentes criterios. El diseño que se propone para el sistema de transferencia de energía eléctrica aportará la automatización, monitoreo que requiere para asegurar su funcionamiento.

Descriptores: Diseño, monitoreo, automatización, Control

INTRODUCCIÓN

En las empresas de producción es vital que las operaciones se realicen de forma continua sin perturbaciones que afecten su confiabilidad y por ende la rentabilidad, en las empresas fabricantes de cerámicas debido a las delicadas fases de producción en la etapa de atomización y cocción el control de temperatura las fallas de energía eléctrica comprometen la estabilidad del sistema de producción.

El proyecto que sigue a continuación pretende evaluar el sistema actual de transferencias de energía eléctrica, esencial para la continuidad operativa para el momento en el que se presente una falla en la distribución eléctrica preferencial, para ofrecer una propuesta que aporte mejoras al sistema de monitoreo y automatización del mismo, basándose en consideraciones como las variables que deban ser supervisadas y la conexión entre los diferentes dispositivos de control.

El trabajo estará estructurado de la siguiente manera:

El Capítulo I. La empresa. Describe la información pertinente de la empresa, razón social, reseña histórica, misión, visión, objetivos y servicios que presta.

El Capítulo II. El problema. Contiene una descripción del problema que se plantea en el proyecto, además del objetivo general, objetivos específicos, justificación de la investigación y alcance.

El Capítulo III. El marco teórico. Detalla los capítulos desarrollados anteriormente, el contenido teórico y el aporte conceptual que sirvieron para sustentar la realización del estudio.

El Capítulo IV. El marco metodológico. Se describen los métodos, técnicas y procedimientos utilizados para la resolución del problema planteado y el logro efectivo del proyecto.

El Capítulo V. Los recursos. Se muestran de forma concisa los recursos que serán necesarios para alcanzar los objetivos de este proyecto de investigación. Los recursos serán especificados según su índole: humanos, institucionales, materiales y tiempo.

CAPÍTULO I

LA EMPRESA

1.1. Reseña Histórica

La empresa Inversiones Roar 4.16; C.A es fundada en el año 2009 en el mes de Octubre como una empresa de servicios con la intención de ofrecer una solución al cliente en el área de electricidad y electrónica industrial. Es una empresa adaptada a las necesidades aparato industrial venezolano, garantizando trabajos de calidad y el desarrollo de proyectos factibles adaptados a la necesidad del cliente, entre otras, cumpliendo siempre con las normativas establecidas por su gerencia y respetando los estándares de calidad.

La empresa está compuesta por un equipo humano profesional capacitado y con valores éticos y morales, para ofrecerle al cliente respuesta inmediata y efectiva, el respaldo de una organización que brinda y aporta soluciones.

1.2. Misión

Inversiones Roar 4.16; C.A tiene como misión entregar un servicio integral a nuestros clientes, mejorando continuamente y expandiendo nuestras prestaciones, basado en la identificación de sus necesidades específicas.

Privilegiar la capacitación con acento en el desarrollo profesional, tecnológico de nuestros trabajadores, estimulando la pro actividad, el desarrollo de nuevas ideas y el sentido de pertenencia.

Consolidar una positiva relación con nuestros grupos de interés, basada en la confianza, lealtad, respeto y transparencia, comprometidos con una alta calidad de servicio y responsabilidad social empresarial.

Asimismo, buscamos apoyar e incentivar los nuevos talentos para brindarles la oportunidad de desarrollar todo su potencial y capacidad dentro de esta área.

Ofrecer al cliente un producto de calidad que cumpla con sus exigencias y necesidades, formando un sistema de calidad orientado a crear procesos eficaces.

1.3. Visión

Inversiones Roar 4.16; C.A., tiene la visión de ser una empresa líder en entrega de servicios industriales y a brindar y aportar soluciones en el mismo, reconocida a nivel nacional para ofrecer un servicio de máxima calidad, realizar una gestión ética y responsable, mantener un firme compromiso con el desarrollo sostenible y generar valor para todos nuestros grupos de interés, para así consolidar a INVERSIONES ROAR 4.16 C.A., como una empresa sustentable en el tiempo, manteniendo su excelencia y reconocimiento a nivel nacional, con un fuerte compromiso en la innovación, entrega de servicios asociados para brindar aportes y soluciones en el sector industrial.

1.4. Ubicación Actual

Inversiones Roar 4.16; C.A tiene su domicilio fiscal actualmente en la Urbanización los Bucares, Local 84-19, en Valencia, Estado Carabobo.

1.5. Valores

En Inversiones Roar 4.16; C.A los principios que determinan la conducta moral frente a la vida, son fundamentales para el desarrollo de las actividades cotidiana por eso se establecen dentro de la empresa estos valores:

- **Orientación a resultados y eficiencia:** “Somos consistentes en el cumplimiento de nuestros objetivos, al menor costo posible”.
- **Innovación:** “Actuamos oportunamente ante los cambios del entorno, siempre guiados por nuestra visión, misión y valores”.

- **Trabajo en equipo:** “Fomentamos la integración de equipos con el propósito de alcanzar metas comunes”.
- **Oportunidades de empleo sin distinción:** “Proveemos oportunidades de empleo en igualdad de condiciones”.
- **Integridad y Civismo:** “Exhibimos una actitud consistente ética, honesta responsable, equitativa y proactiva hacia nuestro trabajo y hacia la sociedad en la cual nos desenvolvemos”.
- **Relaciones de mutuo beneficio con las partes interesadas:** “Buscamos el beneficio común en nuestras relaciones con las partes interesadas del negocio”.
- **Respeto:** “Inculcamos a todas las personas y sus ideas cuentan como también respetan la contribución individual de cada empleado”.
- **Disciplina:** “Creamos deberes para fortalecer el crecimiento personal de cada trabajador y el compromiso en el lugar de trabajo”.
- **Generosidad:** “Imparten la pasión por aprender y compartir ideas, orientados a obtener resultados en lo que emprendemos”.
- **Honestidad:** “Fomentan la honestidad en la manera de actuar y de pensar, cumpliendo lo que prometen en el tiempo adecuado”.

1.6. Descripción

Inversiones Roar 4.16; C.A es una empresa prestadora de servicios eléctricos, especializada en sistemas de control industrial y distribución eléctrica en media y baja tensión, que presta apoyo en el área industrial y comercial en Venezuela.

Inversiones Roar 4.16; C.A provee a sus clientes de una gama de servicios que le permiten diversificar sus capacidad de respuesta adaptándose a los requerimientos del cliente y al mercado nacional de repuestos eléctricos, siempre soportada por su capital humano principal recurso de la compañía.

La empresa en sus 8 años de historia ha creado una red de apoyo entre proveedores, asesores y clientes, que le ayuda a desempeñar las actividades necesarias para optimizar los niveles de competitividad y crecimiento siempre con la visión de afrontar nuevos y mayores retos.

Su elemento diferencial, además de la calidad de sus trabajos, es la ejecución de todas las instalaciones, ya sean eléctricas, automatizaciones, mantenimiento, entre otros, con un fin único responsable global, en todos sus trabajos realizan un análisis detallado de los requisitos de sus clientes para proporcionar la solución que más se adapte a sus necesidades.

Tiene en el mercado venezolano desde 2009, sirviendo al sector industrial sin importar su dimensión (pequeña, mediana y gran industria), ofreciendo equipos y servicios de calidad y alta tecnología, brindando siempre la mejor atención a sus clientes y garantizando la resolución de situaciones de emergencia en el menor tiempo posible.

Su equipo, conformado por vendedores, ingenieros, técnicos y artesanos entre otros, están atentos y en constante entrenamiento para poder mantener a la empresa al día con las últimas tecnologías a nivel industrial.

1.7. Servicios

Inversiones Roar 4.16; C.A, ofrece un portafolio de opciones a sus clientes siempre amoldándose a las necesidades de los clientes entre ellos podemos mencionar:

- Detección y reparación de fallas eléctricas.
- Servicio de electrificación en media tensión y baja tensión.
- Proyectos eléctricos y electrónicos en empresas.
- Suministro de productos eléctricos para empresas.
- Servicios de mantenimiento preventivo y correctivo.
- Sistemas contra incendio.

- Desarrollo de propuestas de automatización de plantas industriales.
- Instalación de sistemas alternativos de generación eléctrica.
- Diseño, ingeniería y configuración de proyectos.
- Capacitación técnica.

INVERSIONES ROAR 4.16 C.A., dispone de una amplia red de asistencia técnica para cubrir las necesidades de gestión de soluciones para nuestros clientes.

1.8.Estructura Organizacional

La estructura de Inversiones Roar 4.16; C.A está definida por presidente quien representa a una junta directiva quien determinan las líneas de negocio y plantean las aspiraciones de desarrollo de la empresa, un gerente general que desarrolla las estrategias y los lineamientos para alcanzar los objetivos a corto y largo plazo de la empresa ejercen la dirección de la empresa, gerentes y directores de departamentos encargados de afinar los detalles y estrategias para engranar al equipo humano para lograr las metas establecidas.

Posee una estructura organizativa vertical, lineal y funcional, donde se muestra como están relacionados los departamentos, incrementando la coordinación de sus esfuerzos para el logro de los objetivos en las diversas actividades que se ejecutan en ella. Uno de los aspectos de la empresa Inversiones Roar 4.16; C.A.,

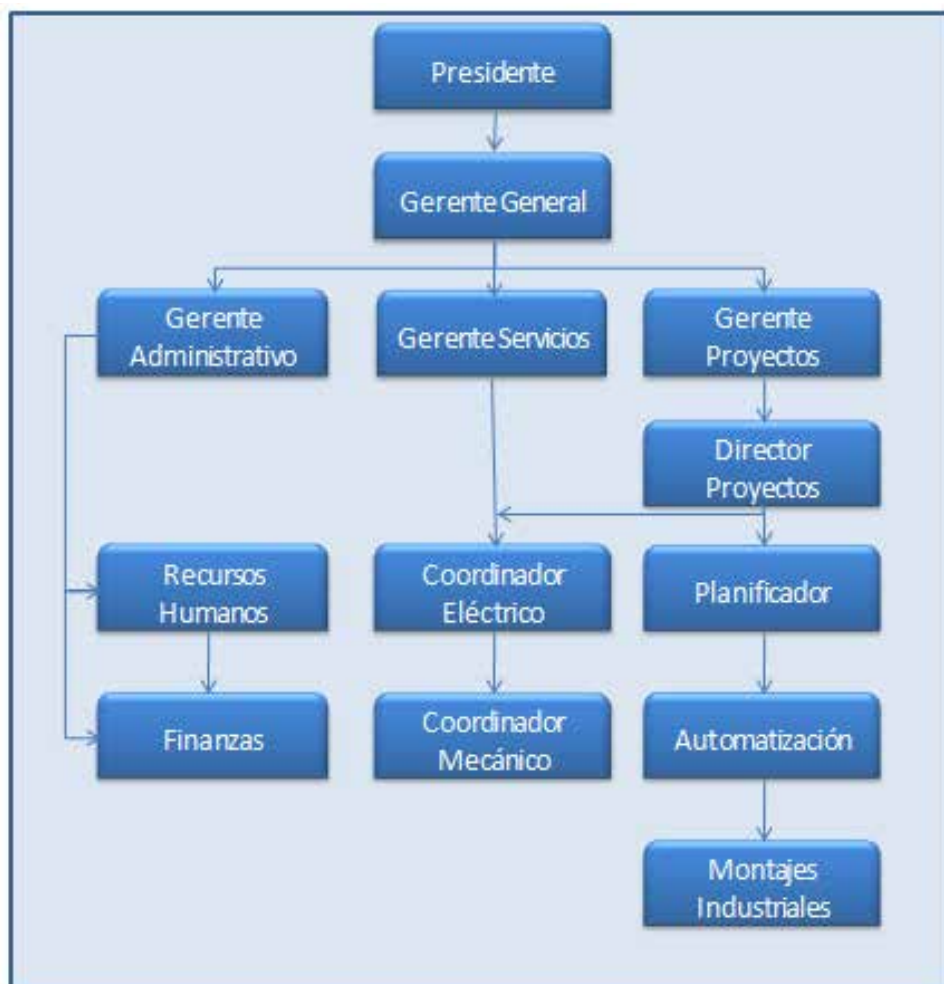


Figura 1. Organigrama estructural de la empresa INVERSIONES ROAR 4.16 C.A.

CAPÍTULO II

EL PROBLEMA

2.1. Planteamiento del problema

Las Fallas en el sistema nacional de distribución de energía eléctrica en los últimos 5 años se han agravado, ocasionando en las empresas de producción distorsiones en sus sistemas de manufactura, acarreado perdidas en su sistema operativo, el desperdicio de la valiosa materia prima de origen nacional e internacional además del deterioro de las instalaciones especiales de fabricación.

Por otra parte las autoridades del sector eléctrico nacional desarrollaron un plan de ahorro energético, en el que se exhorta a la reducción del consumo de esta energía, por lo que las industrias como grandes usuarios de electricidad, han tenido la necesidad de introducir un parque de generación alternativo y de emergencia, que les permiten afrontar las interrupciones del sistema y el ahorro energético.

Los equipos de generación alterna representan altos costos de inversión para las empresas, no solo por la adquisición, sino que también por el consumo de combustible como Gasoil o gas natural y las rutinas de mantenimientos preventivos a los que estos equipos deben ser sometidos para salvaguardar la operatividad.

Los inconvenientes de estas actividades de cambio de fuente de energía, son de diferente índole y se pueden identificar fácilmente al estudiar el caso con detenimiento en la realidad particular de cada empresa o institución, entre los más importantes esta la necesidad de contratación de nuevo personal capacitado para el desarrollo de las actividades operativas, fallas en los mantenimientos preventivos, tiempo de restitución excesiva.

Para el estudio de planta piemme se debe conocer que posee 4 generadores de respaldo de energía para diferentes aéreas operativas, con una distancia de separación

entre ellos considerable y las subestaciones eléctricas o estaciones de control, por lo que el monitoreo, arranque, parada y otras operaciones son altamente demandantes para el personal de mantenimiento eléctrico.

Los inconvenientes conllevan a consecuencias muy perjudiciales para la producción entre los que podemos mencionar: daños generadores eléctricos por trabajo bajo condiciones como bajo nivel de aceite o temperatura elevada, fallas en la generación de forma abrupta por agotamiento del combustible de la unidad, pérdida de materia prima y rodillos cerámicos por interrupciones eléctricas en los hornos de esmalte y biscocho, problemas con la preparación del esmalte ya que permanece largos periodos de tiempo sin la agitación necesaria entre otros.

El personal de mantenimiento eléctrico responsable por las actividades de restitución de la energía eléctrica, presenta múltiples quejas debido a las largas distancias que debe recorrer para la evaluación y operación del sistema, además de las múltiples responsabilidades como las fallas particulares de arranque que deben afrontar con mucha premura después de la restitución del sistema.

Por lo antes expuesto se creó la solicitud del estudio para varios proveedores, que tiene como finalidad el desarrollo de una propuesta por técnica y económica para la implementación de un sistema de visualización y control en varios niveles de los elementos involucrados como generadores, interruptores de potencia y variables específicas como temperatura, nivel de combustible, corriente voltaje horas de operación entre otras.

Por lo tanto, durante la pasantía se desplegarán las investigaciones necesarias para el levantamiento de la información que conlleve al desarrollo de la mejor propuesta factible que permita emplear los recursos de manera efectiva y de esa forma planta Piemme pueda solventar los problemas de manera cierta.

2.2. Formulación del Problema

De lo planteado anteriormente, surge entonces la interrogante:

¿Cómo se puede emplear la tecnología de plc para automatizar la transferencia de energía eléctrica?

2.3. Objetivos de la Investigación

2.3.1. Objetivo General

Proponer la automatización del sistema de transferencia de energía eléctrica.

2.3.2. Objetivos Específicos

- Analizar el procedimiento en funcionamiento actualmente.
- Determinar la instrumentación necesaria para la adquisición del estado de las variables.
- Explorar las posibilidades de comunicación entre los controles de generación y los plc del mercado.
- Diseñar un sistema de control automatizado para el proceso de transferencia de energía.

2.4. Justificación del Problema

La presente propuesta tiene como fundamento mejorar las condiciones operativas del sistema de transferencia de energía eléctrica en la empresa planta piemme, para alcanzar mejores niveles de seguridad al personal y a las instalaciones y/o equipos de la empresa, abastecer eléctricamente de forma más efectiva a la carga corrigiendo fallas en los procedimientos y maniobras desencadenando mejoras al sistema productivo elevando los niveles de producción, calidad y disminuyendo la pérdida de materia prima tan valiosa y difícil de conseguir en los actuales momentos.

2. 5. Alcance

El proyecto de pasantía abarca el desarrollo de una propuesta de un sistema automatizado que permita el control y supervisión de la rutina de transferencia de energía eléctrica en planta piemme. Este desarrollo comprende dos módulos:

- Módulo de control: el cual permite controlar el proceso mediante un PLC para que las variables y permisivos de operación se encuentran en el estatus deseado y encienda los equipos y haga las maniobras necesarias con los interruptores.
- Módulo de supervisión: En visualiza toda la información arrojada por el sistema como datos relevantes del manejo de variables a través de una pantalla HMI permitiéndole al operador dar una respuesta oportuna a los requerimientos del sistema.

La culminación del proyecto tendrá lugar con la entrega del diseño de la propuesta al personal encargado de Planta Piemme.

2. 6. Limitaciones

En esta propuesta, como en cualquier otra, se presentan ciertas limitantes que aparecen al momento de realizar la investigación como podemos mencionar la ausencia de documentación técnica de los procedimientos, planos esquemáticos actualizados de la instalación eléctrica y las hojas de datos de algunos equipos que resultan difíciles de localizar por estar desactualizados por el fabricante y por otra parte el poco tiempo del que dispone el personal capacitado para facilitar la información necesaria para levantar los datos técnicos esto ocasionado por las extensas tareas de mantenimiento correctivo y preventivo que deben llevar a cabo para mantener la empresa operativa día a día esto a su vez ocasionado por la disminución de la plantilla de trabajadores altamente capacitados por la fuga de capital humano.

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3. 1. Antecedentes

En todo proceso investigativo se hace una recolección de material bibliográfico en relación con el problema planteado, este permite ser fuente de apoyo para el desarrollo de dicho estudio. A continuación, se muestran algunos trabajos que tienen relación con el tema de estudio de este proyecto con este proyecto, los cuales servirán como base para la elaboración del informe.

Ordinola.M. (2011), en su trabajo de grado **“Diseño de un sistema de control de consumo de energía eléctrica en las comunidades campesinas”** de la Pontificia Universidad Católica del Perú realizó su investigación orientada al control y monitoreo del consumo y suministro de energía eléctrica en las comunidades rurales que cuentan con un servicio eléctrico basado en generadores diesel. Este proyecto aporta a la investigación los métodos de control y evaluación del consumo eléctrico así como también los factores que inciden en la correcta utilización de la energía y el manejo de sistemas de control de con los PLC TXD de la marca Telemecanique.

Salgado.O. (2008), en su trabajo de grado **“Diseño de sistema automatizado de control y supervisión de energía de un edificio bancario”** de la Universidad Simón Bolívar realizó su investigación orientada al diseño de una implementación de domotica que permita el monitoreo y control de los sistemas y subsistemas que permitan el consumo eficiente de la energía y reduzca las fallas de los sistemas por interrupciones del el suministro de electricidad. Este estudio es un aporte a la investigación ya que el contempla los enfoques técnicos que privan en el control efectivo de los sistemas de distribución eléctrica, también desarrolla las técnicas de comunicación Modbus RS422 y protocolo IPX.

Yescas.E. (2011), en su trabajo de grado “**Control de una planta generadora de energía eléctrica**” de la Universidad Tecnológica de Mixteca realizó su investigación orientada a, diseño y construcción de un sistema de control, para regular el voltaje y frecuencia de salida de una planta generadora de potencia eléctrica, ante la conexión y desconexión de cargas, con un tiempo de respuesta de 2,5 segundos.

Este aporte se representa en los análisis y evaluaciones de las variables a medir de los motores generadores que deben ser revisadas en el pre arranque y constantemente durante el trabajo de la máquina, para que la operación de esta sea efectiva cuidando la vida del equipo y de la carga a la que le suministra energía.

3.2. Bases Teóricas

Para la realización de este trabajo es indispensable estudiar e indagar la necesidad planteada para así conocer todas las etapas que conforman el sistema de generación y distribución eléctrica, la interacción entre estos los elementos y variables involucrados en el aparato de distribución.

3.2.1. Generador Eléctrico

Un generador es una máquina eléctrica rotativa que transforma energía mecánica en energía eléctrica. Lo consigue gracias a la interacción de los dos elementos principales que lo componen: la parte móvil llamada rotor, y la parte estática que se denomina estator. Cuando un generador eléctrico está en funcionamiento, una de las dos partes genera un flujo magnético (actúa como inductor) para que el otro lo transforme en electricidad (actúa como inducido).

3.2.1.1 Tipos de Generador eléctrico

Los generadores eléctricos se diferencian según el tipo de corriente que producen. Así, nos encontramos con dos grandes grupos de máquinas eléctricas rotativas: los alternadores y las dinamos. Los alternadores generan electricidad

en corriente alterna, el elemento inductor es el rotor y el inducido el estator. Un ejemplo son los generadores de las centrales eléctricas, las cuales transforman la energía mecánica en eléctrica alterna. Las dinamos generan electricidad en corriente continua, el elemento inductor es el estator y el inducido el rotor. Un ejemplo lo encontraríamos en la luz que tiene una bicicleta, la cual funciona a través del pedaleo.

Como cualquier máquina, la potencia de salida que ofrecen las máquinas eléctricas rotativas es menor que la potencia de alimentación que se les suministra, potencia suministrada. La diferencia entre la potencia de salida y la suministrada son las pérdidas:

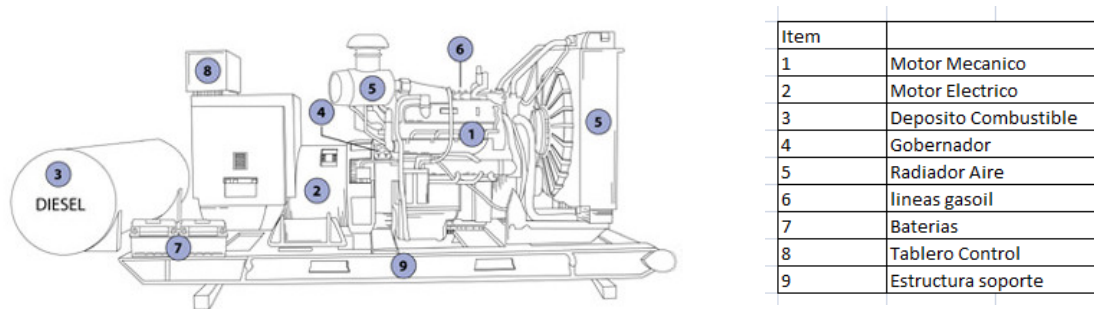


Figura 2 . Vista General Generador Industrial.
Fuente. Kipor (2015).

3.2.1.2. Panel de control de generador eléctrico

Visualmente, un panel de control es un conjunto de pantallas que indican la medición de diversos parámetros como tensión, corriente y frecuencia, a través de indicadores y medidores además generalmente equipados con botones o interruptores que ayudan a operar el generador.

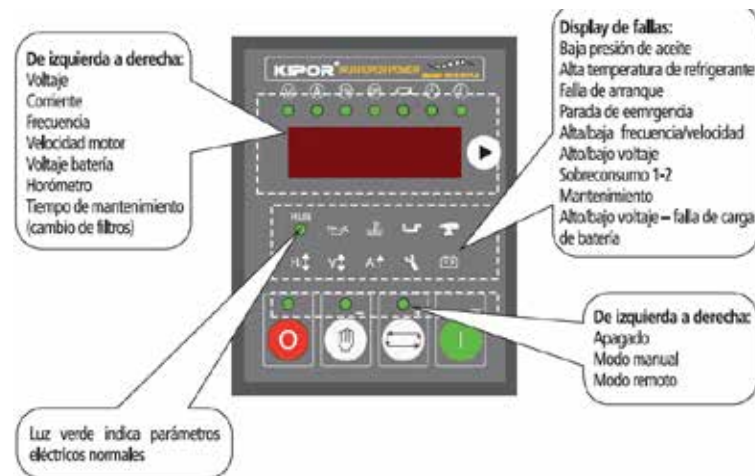


Figura 3 Vista panel de control.

Fuente. Kipor (2015).

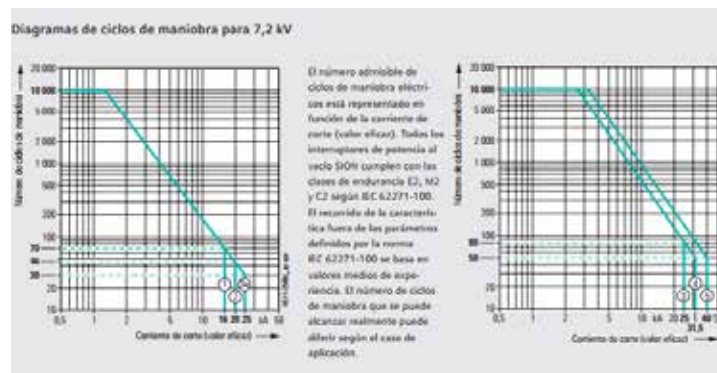
3.2.1.3. Variables a monitorear en un Generador

En los sistemas de generación se encuentran un conjunto de variables que deben ser monitoreadas para el correcto funcionamiento del equipo como lo son las RPM del motor Mecánico que impulsa al generador, temperatura de aceite, temperatura del agua, presión de aceite, voltaje de salida, frecuencia de salida, corriente entregada, nivel de gasoil, factor de potencia, todas estas variables son de vital importancia para el control del funcionamiento de un generador eléctrico.

3.2.2. Interruptores de potencia

El interruptor de potencia es el dispositivo encargado de desconectar una carga o una parte del sistema eléctrico, tanto en condiciones de operación normal (máxima carga o en vacío) como en condición de cortocircuito. La operación de un interruptor puede ser manual o accionada por la señal de un relé encargado de vigilar la correcta operación del sistema eléctrico, donde está conectado.

Existen diferentes formas de energizar los circuitos de control. Para obtener una mayor confiabilidad, estos circuitos se conectan a bancos de baterías. Este tipo de energización, sí bien aumenta los índices de confiabilidad, también aumenta el costo y los requerimientos de mantención exigidos por las baterías. Las tensiones más empleadas por estos circuitos son de 48 y 125 V. También es común energizar estos circuitos de control, a través de transformadores de servicios auxiliares, conectados desde las barras de la central generadora o subestación, con un voltaje secundario en estrella de 400/231 Volts.



Grafica 2. Grafica Ciclos de Maniobra.
Fuente. Siemens (2016).

3.2.2.1. Tipos de Interruptores de potencia

3.2.2.1.1. Interruptor de vacío

La alta rigidez dieléctrica que presenta el vacío (es el aislante perfecto) ofrece una excelente alternativa para apagar en forma efectiva el arco. En efecto, cuando un circuito en corriente alterna se desconecta separando un juego de contactos ubicados en una cámara en vacío, la corriente se corta al primer cruce por cero o antes, con la ventaja de que la rigidez dieléctrica entre los contactos aumenta en razón de miles de veces mayor a la de un interruptor convencional (1 KV por μs para 100 A en comparación con 50 V/ μs para el aire). Esto hace que el arco no vuelva a conectar. Estas propiedades hacen que el interruptor en vacío sea más eficiente, liviano y económico.

3.2.2.1.2. Interruptor de hexafluoruro de azufre

El SF 6 se usa como material aislante y también para apagar el arco. El SF 6 es un gas muy pesado (5 veces la densidad del aire), altamente estable, inerte, inodoro e inflamable. En presencia del SF 6 la tensión del arco se mantiene en un valor bajo, razón por la cual la energía disipada no alcanza valores muy elevados. La rigidez dieléctrica del gas es 2.5 veces superior a la del aire (a presión atmosférica). La rigidez dieléctrica depende de la forma del campo eléctrico entre los contactos, el que a su vez depende de la forma y composición de los electrodos.

Si logra establecerse un campo magnético no uniforme entre los contactos, la rigidez dieléctrica del SF 6 puede alcanzar valores cercanos a 5 veces la rigidez del aire. Son unidades selladas, trifásicas y pueden operar durante largos años sin mantención, debido a que prácticamente no se descompone, y no es abrasivo.

3.2.2.2. Sistemas de transferencia de energía

Los sistemas de distribución de energía cuentan con diferentes configuraciones en sus sistemas de transferencia, que les permiten operar de manera manual o automática. Dicha configuración suele depender de las necesidades de la carga, de su criticidad, de su importancia y de las demandas de continuidad que presente cada sitio.

Un requisito importante de los sistemas de distribución de energía eléctrica de misión crítica es la necesidad de que funcionen de manera automática. En particular, la transferencia rápida y fiable del sistema de una fuente de energía a otra durante ciertos eventos del sistema es fundamental para el logro de los objetivos de confiabilidad para dicho sistema y la instalación a la que sirve

3.2.2.3. Modos de operación de un sistema de transferencia

Un requisito esencial de cualquier sistema de transferencia automática es la capacidad de tener diferentes modos de funcionamiento. En un determinado modo de funcionamiento, el sistema de transferencia responderá de una manera dada a las

condiciones del sistema cambiante. Dos modos básicos de funcionamiento en cualquier sistema de transferencia automática son: manual y automático.

3.2.2.3.1 Modo Manual

En el modo manual, el sistema de transferencia no realiza ninguna operación de forma automática. Todas las operaciones de cierre del interruptor son a través de control manual (selectores, cableados o interruptores de control situados en los relés de protección). El disparo puede ser a través de relés de protección, PLC o los selectores de control de los interruptores. Bajo control manual, no se permite poner en paralelo dos fuentes, mientras que en control automático poner en paralelo dos fuentes sí constituye una opción.

3.2.2.3.2 Modo Automático

En modo automático, todas las operaciones de cierre de los interruptores de son a través del sistema de transferencia automática. El disparo a través del interruptor de control o de los relés de protección hará que el sistema entre en condición de “fallo del modo automático”. La operación de transición cerrada (momentáneamente en paralelo de las fuentes) puede permitirse en modo automático si la opción se solicita en el diseño del sistema bajo condiciones de sincronismo, en estos casos es normal emplear un PLC y en muchos casos también un HMI para facilitar la interacción del operador con el sistema.

3.2.2.4. La Comunicación

Lo fundamental de la comunicación de datos es resolver el problema de llevar la información de un punto A hacia un punto B sin errores, utilizando redes con la codificación correspondiente para su transmisión. Para esto utilizamos canales de comunicación que establecen la unión entre los puntos A y B. En dichos puntos estarán los equipos transmisores y receptores de datos y sus convertidores encargados

de la codificación y decodificación. Los sistemas de comunicación no responden ni reaccionan ante el contenido de la información. Un componente importante en el sistema de comunicación es el protocolo de comunicación.

3.2.2.5. Transmisión de Información

3.2.2.5.1. RS232, Transmisión balanceada, single ended

Esta norma fue diseñada para comunicación punto a punto, en donde se tiene una computadora (en la norma RS232 se le denomina DTE, Data Terminal Equipment) que se encuentra transmitiendo hacia un equipo esclavo (en la norma conocido como DCE, Data Communications Equipment) ubicado a distancias no mayores a 15 metros (aunque en la práctica alcanza distancias de hasta 50 metros) y a una velocidad máxima de 19,200 bps.

Este tipo de transmisión se le conoce como "single ended" porque usa en el cable un solo retorno (GND). Es un modo de transmisión muy simple, pero también vulnerable al ruido aditivo en la línea y por esa razón es empleada para comunicación a distancias cortas ya que no se garantiza la calidad de la información lo que representa para un sistema de comunicación un aspecto fundamental, sobre todo en los sistemas de control donde un error en la comunicación puede acarrear decisiones equivocadas desencadenando riesgos al proceso.

3.2.2.5.2. RS422/485, Transmisión balanceada diferencial.

La transmisión diferencial permite velocidades de hasta 10 Mbps, sobre distancias de hasta 1.3 kms. Se usan dos señales para transmitir y dos para recibir, además de la tierra, la cual es normalmente conectada al blindaje del cable. En cada par, viajan la señal de transmisión y su complemento. En el receptor, la señal original se obtiene restando una de la otra. Esta técnica reduce grandemente el ruido generado en la línea, ya que éste se induce por igual en ambas líneas del par y es al final cancelado. Este tipo de transmisión debe de hacerse siempre sobre cable del tipo "par trenzado".

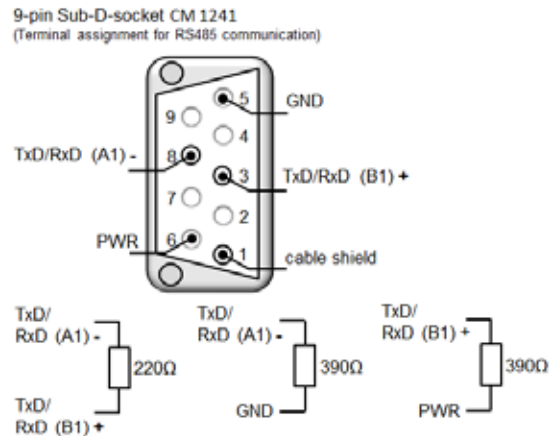


Figura 4 Conexión RS 485.
Fuente. Siemens (2016).

3.3. Definición de términos básicos

- Rotor: El rotor es el componente que gira (rota) en una máquina eléctrica, sea ésta un motor o un generador eléctrico.
- Estator: El estator es la parte fija de una máquina rotativa y uno de los dos elementos fundamentales para la transmisión de potencia
- Dinamo: es un generador eléctrico destinado a la transformación de flujo magnético en electricidad mediante el fenómeno de la inducción electromagnética, generando una corriente continua.
- HMI: Controlador Lógico Programable son dispositivos electrónicos muy usados en Automatización Industrial. Un PLC controla la lógica de funcionamiento de maquinas, plantas y procesos industriales, procesan y reciben señales digitales y analógicas y pueden aplicar estrategias de control.

CAPÍTULO IV

MARCO METODOLÓGICO

En este capítulo se describen los métodos, técnicas y procedimientos que fueron empleados para el logro de los objetivos propuestos en el estudio que se desarrolla. Según Morales (1972, p.45) el marco metodológico está referido a “la descripción de la unidad de análisis, o de investigación, las técnicas de observación y recolección de datos, los instrumentos, los procedimientos y las técnicas de análisis”.

4.1. Tipo de Investigación

Se puede considerar la siguiente investigación como un proyecto factible, el cual consiste en un modelo operativo, descriptivo, analítico y evaluativo de una unidad de acción. (Balestrini, 1997), Es decir una proposición sustentada en un Modelo Operativo Factible, orientada a resolver un problema planteado o a satisfacer necesidades en una institución o campo de interés nacional. Hurtado, (1995), establece:

Este tipo de investigación intenta proponer una solución a una situación determinada. Implica explorar, describir, explicar y proponer alternativas de cambio, más no necesariamente implementar la propuesta. Todas las investigaciones que implican el diseño o creación de algo también entran en esta categoría. (p.46) a la formulación de políticas, programas, tecnologías, métodos, o procesos. El proyecto debe tener el apoyo de una investigación de tipo documental, y de campo, o un diseño que incluya ambas modalidades “(p. 16).

De lo antes planteado, para llevar a cabo el proyecto factible, lo primero que debe realizarse es un diagnóstico de la situación planteada; en segundo lugar, es

plantear y fundamentar con basamentos teóricos la propuesta a elaborar y establecer, tanto los procedimientos metodológicos, así como las actividades y los recursos necesarios, para llevar a delante la ejecución. Aunado a esto, se realizará el estudio de factibilidad del proyecto y, por último, la ejecución de la propuesta con su respectiva evaluación.

Este proyecto se apoya en necesidades detectadas en el campo para luego realizar una ratificación mediante la investigación documental y bibliográfica que permitirá finalizar con una propuesta, por tanto, consiste en la investigación, elaboración, desarrollo e implementación de una propuesta de un sistema de transferencia de energía eléctrica.

4.2. Diseño de la Investigación

El estudio se fundamenta en una investigación de campo, que según el autor Fidias G. Arias (2012) define: “La investigación de campo es aquella que consiste en la recolección de datos directamente de los sujetos investigados, o de la realidad donde ocurren los hechos (datos primarios), sin manipular o controlar variable alguna, es decir, el investigador obtiene la información pero no altera las condiciones existentes. De allí su carácter de investigación no experimental.” La investigación de campo, al igual que la documental, se puede realizar a nivel exploratorio, descriptivo y explicativo. (p.31)

Por otra parte, según el autor Arias (2006), define: La investigación de campo es aquella que consiste en la recolección de todos directamente de los sujetos investigados, o de la realidad donde ocurren los hechos (datos primarios), sin manipular o controlar variable alguna.

4.3. Nivel de la Investigación

El nivel de esta investigación es descriptivo, ya que consiste en la caracterización de un sistema con el fin de establecer su estructura para su estudio,

como es el caso del sistema de transferencia eléctrica automatizada. Los resultados se ubican en un nivel intermedio en cuanto a profundidad de conocimientos.

4.4. Fases Metodológicas

Las fases metodológicas constituyen un seguimiento detallado y minucioso de los objetivos específicos planteados anteriormente en este informe, que servirán de guía en el cumplimiento del objetivo general, el cual es la meta principal de esta investigación.

Fase I: Análisis del procedimiento actualmente en funcionamiento en el sistema de transferencia de planta piemme

En esta fase se analiza detalladamente el sistema de control actual para obtener la mayor cantidad de información referente al sistema de transferencia actual, las necesidades y o requerimiento por parte de los involucrados en la actividad para así dar comienzo al desarrollo de la propuesta.

Fase II: Determinación las variables que se deben monitorear para optimizar el sistema actual

Ya con el conocimiento de cómo se quiere que el sistema funcione, se debe levantar las cantidades y tipos de variables que se deben contemplar para la etapa de monitoreo y control, para de esta forma se puedan definir los diferentes instrumentos y demás requerimientos de hardware necesario para alcanzar la meta de la automatización del sistema.

Fase III: Exploración las posibilidades de comunicación entre los controles de generación y los plc del mercado.

Se evaluara los diferentes tipos de puertos disponibles así como los protocolos de comunicación que se pueden emplear con estos, para definir cuál de todos es el conveniente, y de esta forma integrarlo a la propuesta.

Fase IV: Diseño un sistema de control automatizado para el proceso de transferencia de energía.

En esta última fase se hace la propuesta a la empresa del sistema modificado y de las mejoras realizadas para brindar una mejor seguridad del proceso y un control adecuado.

CAPÍTULO V

RESULTADOS

En este capítulo se detallarán cada uno de los procedimientos realizados y resultados obtenidos con el desarrollo de las fases técnicas y de estudio que componen este trabajo de grado.

5.1. Fase 1: Análisis del procedimiento actualmente en funcionamiento en el sistema de transferencia de planta piemme

Inicialmente es necesario conocer la realidad actual de las instalaciones y del proceso de transferencia de energía eléctrica en planta piemme, para la obtención de la información requerida se realizaron visitas a plantas y entrevistas con el personal de ingeniería, jefes de turnos y electricistas destacados en esta planta.

Planta piemme se encuentra distribuida eléctricamente de la siguiente forma, una subestación principal conocida como subestación externa y una subestación de transformación y distribución denominada subestación interna de estas dos estaciones eléctricas se distribuye la energía eléctrica a toda la infraestructura operativa y administrativa.

En esta empresa se encuentran actualmente siete generadores eléctricos de emergencia a gasoil de diferentes capacidades, de estos generadores se encuentran operativos o conectados al sistema solo cuatro de ellos, estas máquinas cumplen la función de suplir la energía eléctrica en caso de que se presente una falla en el sistema de Corpoelec o también entran en servicio para la reducción del gasto energético.

5.1.1. Subestación Externa

La Subestación externa es la estación que recibe del sistema interconectado nacional (SIN) en 13800 voltios y es responsable de entregar en ese nivel de tensión a

la subestación interna pero también transforma y distribuye a 220v para el edificio Comedor y edificio administrativo, en ella se encuentran los generadores G1 y G2.

El generador G1 es una máquina capaz de entregar 1000KW a 440v se le considera la principal maquina generadora de la empresa, esta unidad de generación se encuentra conectada a un transformador elevador de 1350KVA de 440/13800 y la función de este es elevar la tensión generada por el G1 para que pueda ser transmitida a la subestación interna.

El generador G2 es el encargado de suplir con 220v trifásico a los edificios del comedor y administrativo respectivamente, usualmente este generador es el de menor preponderancia dentro del esquema de transferencia ya que su trabajo no afecta de manera tan importante el proceso productivo, sin embargo como está conectado al comedor de igual forma debe ser tomado en cuenta incluso en los turnos nocturnos.

En esta instalación se encuentran los sistemas de protección e interrupción principales de la empresa como lo son los fusibles de 100 A a 13800v ubicados en el gabinete principal, los interruptores automáticos Q0, Q1,Q2 estos interruptores son de gran importancia dentro del esquema de distribución.

El interruptor Q0 es el encargado de conectar el generador uno con la transferencia automática TF1y es imprescindible conocer el estatus de él antes de realizar cualquier maniobra de conexión o desconexión, la TF1 está compuesta por los interruptores Q1 y Q2 y es ella quien recibe las señales de control para la ejecución manual d la maniobra, Q1 es quien conecta al Q0 y a su vez a G3 con la carga de la subestación interna y Q2 conecta a la red pública con la sub estación interna.

5.1.2. Subestación Interna

La subestación interna es la que recibe la energía eléctrica de la sub estación externa y en ella se encuentran instalados los transformadores de 1500KVA, los tableros de distribución en media y baja tensión, el generador G5 de 700KW, la transferencia automática TF2, los interruptores Q1 y Q2, el sistema de regulación de

factor de potencia. De esta instalación se derivan todos los circuitos principales responsables de surtir de energía eléctrica a los equipos y maquinarias necesarios para la actividad productiva.

El generador G5 se encarga de suministrar energía a una parte importante del proceso ya que alimenta al horno de esmalte y al de bizcocho ambos fundamental para la planta, este generador se conecta a la carga mediante la TF2 y el interruptor Q2 ambos elementos son de gran importancia ya que una conexión inadecuada podría acarrear daños materiales y humanos.

El interruptor Q1 es quien conecta la carga al sistema de preferencia (CORPOELEC) es del tipo automático y debe estar en condición de abierto mientras esté conectado el G5 ya que de estar cerrado podrá transmitir 13800v hacia la sub estación principal ocasionando la destrucción del sistema de distribución por lo que al hacer las maniobras de transferencias el personal debe respetar el procedimiento de la labor de forma cabal.

5.1.3. Procedimiento para las maniobras de transferencias

El procedimiento para las maniobras de transferencia de energía eléctrica en la actualidad es completamente manual y requiere de la presencia del personal en cada una de las subestaciones para la operación segura y efectiva por lo que el tiempo de maniobras oscila entre los 10 min hasta la media hora en el caso de que se encuentre un solo individuo capaz de realizar la labor.

El procedimiento se detalla a continuación.

1. Dirigirse a la subestación Interna
2. Verificar ausencia de tensión de Preferencia
3. Excluir Q1
4. Colocar TF2 en posición “0” SIN CONEXION
5. Dirigirse a la subestación externa
6. Verificar la ausencia de tensión externa en el indicador ubicado en el Gabinete principal

7. En el gabinete de TF1 excluir a Q2
8. Cerciorarse que Q0 esté Abierto
9. Verificar los parámetros del G1 apagado
 - 9.1 Revisar nivel de gasoil
 - 9.2 Examinar nivel de agua
 - 9.3 Chequear que el interruptor este abajo
10. Arrancar G1
11. Analizar parámetros de funcionamiento sin carga
 - 11.1 RPM
 - 11.2 Frecuencia
 - 11.3 Voltaje de línea
 - 11.4 Voltaje de fase
12. Subir Interruptor principal del generador
13. Cerrar Q0
14. Verificar tensión de entrada en Q1
15. Cerrar Q1 con el uso de las herramientas adecuadas y los equipos de protección personal
16. Verificar parámetros del generador con carga de transformadores
 - 16.1 RPM
 - 16.2 Frecuencia
 - 16.3 Voltaje de línea
 - 16.4 Corriente por fase
 - 16.5 Temperatura
17. Dirigirse a subestación interna o pasar control al personal de Subestación
18. Verificar Q2 Estado Abierto
19. Constatar que TF” este en posición desconectada
20. Con los EPP Cerrar Q1
21. Verificar los parámetros del G5 apagado
 - 21.1 Revisar nivel de gasoil

- 21.2 Examinar nivel de agua
- 21.3 Chequear que el interruptor este abajo
- 22. Arrancar G5
- 23. Analizar parámetros de funcionamiento sin carga
 - 23.1 RPM
 - 23.2 Frecuencia
 - 23.3 Voltaje de línea
- 24. Subir Interruptor principal del generador
- 25. Colocar TF2 en Secundario “II”
- 26. Cerrar Q2 con el uso de las herramientas adecuadas y los equipos de protección personal
- 27. Verificar parámetros del generador
 - 27.1 RPM
 - 27.2 Frecuencia
 - 27.3 Voltaje de línea
 - 27.4 Corriente por fase
 - 27.5 Temperatura
- 28. Coordinar con jefe de turno y jefe de hornos el arranque de los equipos a energizar.

5.2. Fase II. Determinación las variables que se deben monitorear para optimizar el sistema actual

Para el correcto funcionamiento del sistema es necesario determinar el tipo y cantidad de variables que se deben monitorear para que las decisiones a tomar sean las más adecuadas, por todo esto en el proceso de investigación se logro levantar la siguiente información donde se detallan las diferentes variables a chequear.

5.2.1. Voltaje

El voltaje es la principal variable a considerar ya que con la medición de este se determinara en primer lugar la existencia o no del suministro de energía por parte del sistema de preferencia (CORPOELEC), esta medición tiene dos necesidades la de operación que le informara al plc el estatus de la red eléctrica y la de seguridad ya que inhiba cualquier operación que ponga en riesgo la seguridad del personal y de las instalaciones.

5.2.2. Corriente

La corriente es un parámetro que debe ser evaluado constantemente para constatar el estado de la carga del sistema, con el monitoreo de este valor se puede determinar cuanta carga está siendo operada por la red de energía bien sea la de preferencia o la de emergencia.

5.2.3. Temperatura

La temperatura a revisar es la relacionada con el fluido refrigerante de las maquinas generadoras, con el fin de constatar el estado de operación del motor diesel que mueve al generador y de esta forma el sistema pueda determinar si la maquina puede entrar en generación o no pero también puede dar indicación de que el equipo deba ser sometido a mantenimiento preventivo para de esta forma evitar daños mayores a los generadores.

5.2.4. Presión de aceite

La Presión de aceite en un motor a combustión es necesario su chequeo constante ya que una falla en el sistema de lubricación acarrearía una falla de muy alto nivel en el motor por lo que su verificación es claramente exigida.

5.2.5. Nivel de Gasoil

Uno de los problemas acontecidos en las maniobras de transferencia es la puesta en operación de los generadores con un bajo nivel de combustible y esto ha ocasionado la parada abrupta del sistema generando perdidas en la operatividad de la

planta, desecho de materia prima y el incremento de horas hombres en mantenimiento mecánico inconvenientes que se pueden eliminar simplemente con la verificación de este parámetro.

5.2.6. Revoluciones por minuto

Las RPM de un motor es necesario que sean chequeadas constantemente para constatar el estado del mismo ya que una disminución o aumento irregular del valor de esta variable es indicador fundamental de una falla en el sistema de propulsión o en el control electrónico de este.

5.2.7. Variables de posición

El estado de estas variables es de la mayor importancia dentro del sistema ya que estas son las encargadas de indicar la posición de los interruptores automáticos y equipos de transferencia para con este conocimiento se pueda realizar la maniobra de transferencia de forma segura y efectiva, en los sistemas de transferencia lo máspreciado es la seguridad tanto del personal como de los equipos ya que un error en estos sistemas generalmente ocasiona daños irreparables que generan en el personal lesiones graves y permanentes desde la quemaduras de 2do y 3er grado y o hasta la muerte y en los equipos la pérdida total generando una alta inversión de capital para la reposición y la merma en horas de producción muy valiosas.

5.2.8 Equipos necesarios para la verificación de las variables del sistema

5.2.8.1 Medición de valores de la red de preferencia (CORPOELEC)

Para ello en planta ya se disponen de dos equipos de análisis de potencia de la marca General Electric Modelo MT96.



Figura 5 Analizador de potencia MT96
Fuente GE Energy Industrial Solutions (2016)

El analizador de potencia MT96 es un instrumento de medición programable; ofrece una serie de opciones para usarlo, que pueden seleccionarse de los menús de configuración en el instrumento sí mismo. Dispositivo está diseñado para captar indicar y enviar los parámetros eléctricos requeridos por cualquier sistema de supervisión o de control regular dentro de una planta industrial.

Tabla 1 Tabla Variables Básicas en sub estación eléctrica

MAGNITUDE	UNIT	L1	L2	L3	III
Simple Voltage	V	*	*	*	
Compound voltage	V	*	*	*	
Current	A	*	*	*	**
Frequency	Hz	*			
Active power	kW	*	*	*	*
Reactive Power L	kvarL	*	*	*	*
Reactive Power C	kvarC	*	*	*	*
Apparent Power	kVA	*	*	*	*
Power Factor	PF	*	*	*	
Cos ϕ	Cos ϕ				*
Maximum Demand	Pd			*	
Neutral Current	In			*	
Voltage THD	% THD - V	*	*	*	
Current THD	% THD - A	*	*	*	

Fuente GE Energy Industrial Solutions (2016)

5.2.8.2 Medición de Parámetros en los Generadores

Para la obtención de los parámetros requeridos por el dispositivo de control, cada uno de los generadores cuenta con un panel de monitoreo y control que se encargan de tomar los estados de las variables mas criticas del sistema de generación como lo son temperatura, presión de aceite, nivel de combustible, voltaje, corriente, revoluciones por minuto, frecuencia y mostrarlas en su dispositivo o enviarlos por

comunicación 485 modbus al sitio que el usuario desde disponer de dicha información.

Este dispositivo es de la marca DSE modelo 7320 cuya imagen se muestra a continuación



Figura 6 Panel 7320 DSE
Fuente Deep Sea Electronics Inc (2015)

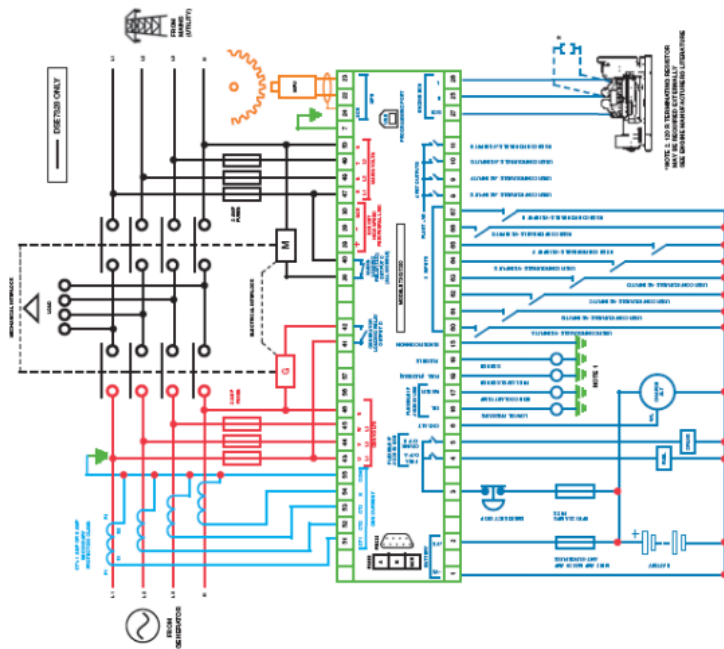


Figura 7
Esquema general 7320
Fuente Deep Sea Electronics Inc (2015)

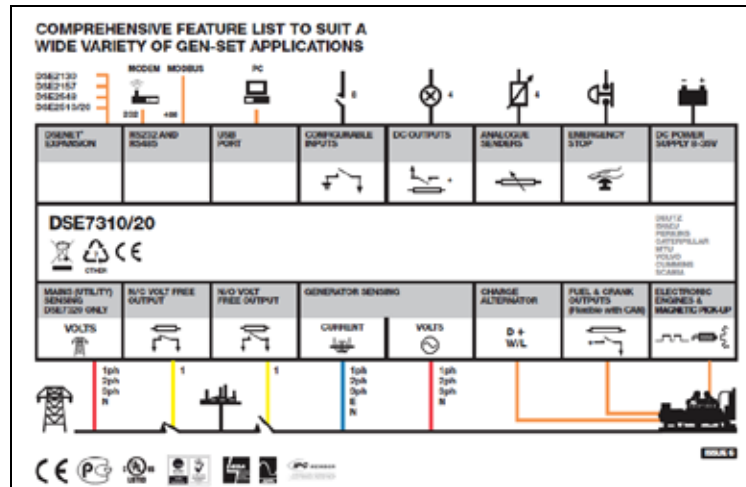


Figura 8 Esquema de conexión eléctrica 7320
Fuente Deep Sea Electronics Inc (2015)

5.2.9 Controlador lógico programable

El controlador propuesto es el CP2MA de la marca Omron de origen japonés ya que cumple con los requerimientos de entrada y salidas, comunicación ya que es un equipo compacto y versátil que cuenta con 18 entradas digitales a 24 vdc y 12 salidas digitales a 24 vdc, soporta hasta tres módulos de expansión para ampliar la cantidad de entradas o salidas así como para la implementación de entradas o salidas especiales como analógicas o de conteo rápido (encoder).

Este plc es fabricado por la empresa japonesa OMRON, los equipos diseñados y construidos por esta empresa cuentan con el aval de las certificaciones internacionales más respetadas como por ejemplo UL (Underwriters Laboratories), CSA (Canadian Standards Association) y la CE de Conformidad Europea. El empleo de este equipo responde al cumplimiento de los requerimientos técnicos, de seguridad y económicos que requiere el proyecto.

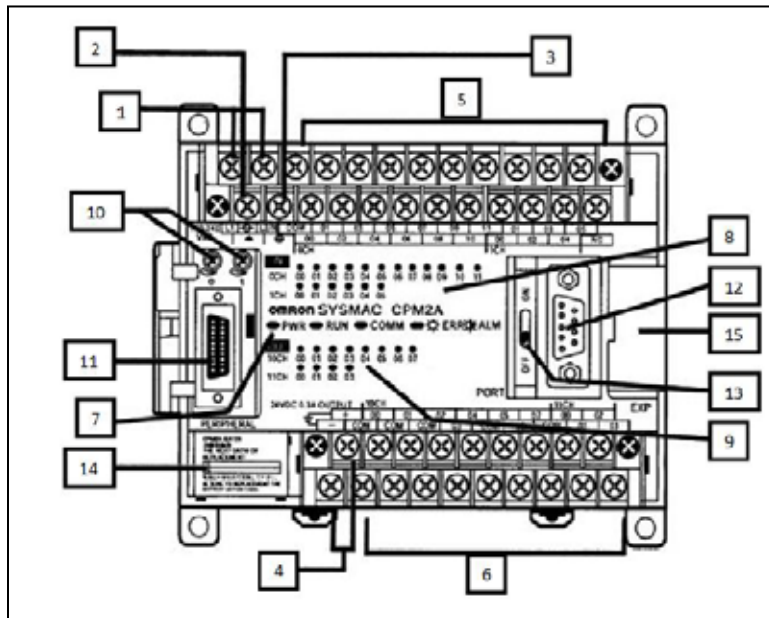


Figura 9 PLC Omron CP2MA
Fuente Omron, (2004)

El plc CP2MA como todos los de su tipo, poseen una cierta cantidad de bujes o terminales de conexión, estos son empleados para conectar los periféricos de entrada (sensores, pulsadores), los periféricos de salida (Luces pilotos, bobinas de relé, indicadores audibles), la fuente de alimentación, así como también posee los puertos de comunicación (RS234/485) y el de periféricos (HMI), A continuación se detallan con más precisión.

1. Terminales de entrada de fuente de alimentación.
2. Terminal de tierra funcional.
3. Terminal de Tierra de protección.

4. Terminales de fuente de alimentación externa.

Los Plc CPM2A están equipados con estos terminales de salida de alimentación de 24 Vc.c. para alimentar los dispositivos de entrada. (sólo Plc de c.a.)

5. Terminales de entrada.

6. Terminales de salida.

Conecta la CPU a dispositivos de salida externos.

7. Indicadores de estado del PLC.

8. Indicadores de entrada
9. Indicadores de salida
10. Selectores analógicos.
11. Puertos Periféricos
12. Puerto RS 232
13. Interruptor de comunicaciones

Tabla 2 Mapa de Memoria CP2MA

Data area		Words	Bits	Function
IR area ¹	Input area	IR 000 to IR 009 (10 words)	IR 00000 to IR 00915 (160 bits)	These bits are allocated to the external I/O terminals.
	Output area	IR 010 to IR 019 (10 words)	IR 01000 to IR 01915 (160 bits)	
	Work area	IR 020 to IR 049, IR 200 to IR 227 (58 words)	IR 02000 to IR 04915, IR 20000 to IR 22715 (928 bits)	Work bits can be freely used within the program.
SR area		SR 228 to SR 255 (28 words)	SR 22800 to SR 25515 (448 bits)	These bits serve specific functions such as flags and control bits.
TR area		---	TR 0 to TR 7 (8 bits)	These bits are used to temporarily store ON/OFF status at program branches.
HR area ²		HR 00 to HR 19 (20 words)	HR 0000 to HR 1915 (320 bits)	These bits store data and retain their ON/OFF status when power is turned OFF, or operation starts or stops. They are used in the same way as work bits.
AD area ²		AD 000 to AD 009	AD 00000 to AD 00915	These bits serve specific functions such as
DM area	Read/write ²	DM 0000 to DM 1999 DM 2022 to DM 2047 (2,026 words)	---	DM area data can be accessed in word units only. Word values are retained when the power is turned off, or operation started or stopped. Read/write areas can be read and written freely within the program.
	Error log	DM 2000 to DM 2021 (22 words)	---	Used to store the time of occurrence and error code of errors that occur. These words can be used as ordinary read/write DM when the error log function isn't being used.
	Read-only ^{4,5}	DM 6144 to DM 6599 (456 words)	---	Cannot be overwritten from program.
	PC Setup ^{4,5}	DM 6600 to DM 6655 (56 words)	---	Used to store various parameters that control PC operation.

Fuente Omron (2004)

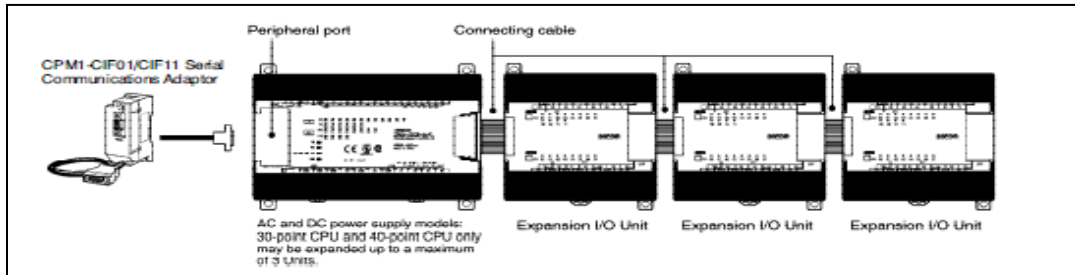


Figura 10 Configuración básica CP2MA
Fuente Omron (2004)

5.2.10 Interfaz humano maquina (HMI)

Para esta propuesta se contempla una HMI para que el usuario pueda constatar el estado de las variables y desde esa misma pantalla realizar las acciones de cierre o aperturas de interruptores así como el arranque o parada de los generadores que considere necesarias en el caso del modo manual o también pueda seleccionar el modo automático para que el plc según la programación interna se encargue de evaluar las variables y realizar las maniobras pertinentes.

La HMI seleccionada es una compatible con el PLC CP2MA y que se encuentra a disposición de la empresa esta pantalla es una NT21-ST121 de la marca OMRON monocromática programable en la plataforma HMI NTXS1.04

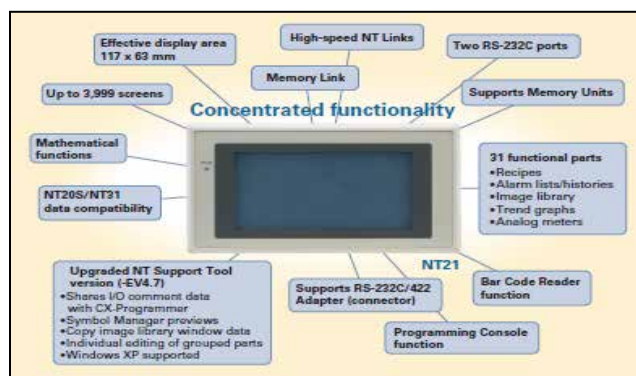


Figura 11 HMI Omron NT21
Fuente Omron (2004)

Tabla 3 Especificación General NT21

■NT21 General Specifications

Item	Specification
Power supply voltage	24 VDC 15%
Power consumption	7 W max.
Noise resistance	Conforms to IEC61000-4-4. Power supply line: 2 kV
Vibration resistance	10 to 57 Hz with 0.075-mm single amplitude, 57 to 150 Hz with 9.8 m/s ² acceleration, for a total of 60 min in X, Y, and Z directions
Shock resistance	Peak acceleration 15 G, 3 times each in X, Y, and Z directions
Ambient operating temperature	0 to 50°C (with no icing)
Storage temperature	-20 to +70°C (with no icing)

■Display Specifications

Item		Specification
Display panel	Display device	Monochrome STN LCD
	Number of dots (resolution)	260 dots horizontally x 140 dots vertically
	Effective display area	117 mm horizontally x 63 mm vertically
	Viewing angle	Left/right direction: 30°, up/down: 30°
	Display color	Black & white (with blue mode)
	Service life	50,000 hours min. (until contrast reduced to 50%)
	Automatic turn-OFF	Can be set to turn OFF in 1 to 255 min or to remain ON with screen saver
Backlight (white cold cathode tube)	Service life	50,000 hours min. (at room temperature, until brightness is reduced to 50%)
	Replacement	Non-replaceable

■NT21 Standard Models

Product	Specification		Model number	
NT21 Programmable Terminal	Monochrome STN	Frame color: beige	NT21-ST121-E	
		Frame color: black	NT21-ST121B-E	
Support Tool	Windows 95, 98, Me, NT, or 2000	CD-ROM	NT-ZJCAT1-EV4	
Cables	For screen transfer		XW2Z-S002	
	For PLC connection	PT: 9-pin PLC: 9-pin	Cable length: 2 m	XW2Z-200T
			Cable length: 5 m	XW2Z-500T
		PT: 9-pin PLC: 25-pin	Cable length: 2 m	XW2Z-200S
			Cable length: 5 m	XW2Z-500S
		PT: 9-pin PLC: Mini-peripheral	Cable length: 2 m	XW2Z-200T-2
		Cable length: 5 m	XW2Z-500T-2	
Options	Reflection Protective Sheets	Display area only (5 sheets)	NT20M-KBA04	
	Chemical-resistive Cover	Silicon cover	NT20S-KBA01	
	Battery	For alarm lists/histories	C500-BAT08	
	Memory Unit	For screen and system data transfer	NT-MF161	
	RS-232C/422A Adapter		NS-AL002	
	Connector Kit		XM2S-0911-S003	

Fuente Omron (2004)

Tabla 4 Capacidad de Pantalla

Item		Specification	
Display elements	Fixed displays	A total of 65,535 per screen (Graphics: Continuous straight lines, rectangles, circles, polygons, arcs, sectors)	With overlapping screens, the total is 524,280 per screen
	Fixed character strings		
	Graphics		
	Marks		
	Numeral displays	256 positions per screen, max. 10-digit display (2 words)	
	Character string displays	256 positions per screen, max. 1,024 display elements for overlapping screens	
	Graph displays	50 positions per screen, capable of displaying signs and percentages	
	Analog meters	50 positions per screen, capable of displaying signs and percentages	
	Trend graphs	One frame per screen, 50 items per frame (8 items max. for data logging)	
	Broken line graphs	One frame per screen, 256 items per frame, 260 points per item	
	Lamps	256 positions per screen	
	Image library images	256 positions per screen	
	Touch switches	256 positions per screen, max. 256 meshes	
	Numeral settings	256 positions per screen (numerical key pad)	Total of 256 positions for both numerical and thumbwheel settings
	Thumbwheel settings	26 positions per screen	
	Character string settings	256 positions per screen	
Temporary inputs	One position per screen		
Alarm lists/histories	Four groups per screen		
Screen types	Recipes	One position per screen	
	Normal screens	Displays screens registered as normal	
	Overlapping screens	A maximum of eight screens can be displayed overlapping each other.	
	Windows	Up to three window screens can be displayed.	
	Display history screens	Order of occurrence (1,024 screens max.), order of frequency (255 times max.)	
	System startup screen	Displayed when powering ON (or resetting) the PT, and when switching to RUN mode.	
	Programming Console screen	Emulates PLC Programming Console functions, capable of being called from RUN mode.	
Screen attributes		Buzzer, display history, normal background colors, backlight mode, local windows	
Number of screens	Max. number of registered screens	3,999	
	Screen number	0: No display 1 to 3999: User registered screens (normal, overlapping, windows) 9000: System startup screen 9001: Display history screens, order of occurrence 9002: Display history screens, order of frequency 9020: Programming Console screen 9021 to 9023, 9030: Reserved 9999: Return to previous screen designation	
Screen registration method		By transferring screen data from the NT Support Tool to the PT via serial communications By mounting the Memory Unit and downloading (automatic/manual transfer) data to the PT	
Saving screen data		Flash memory (PT internal image memory)	

Fuente Omron (2004)

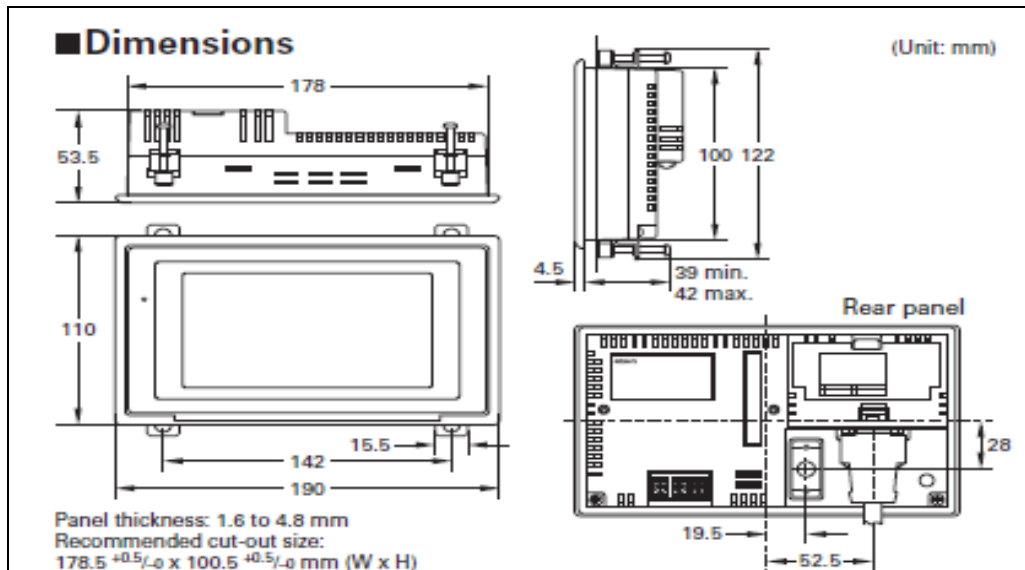


Figura 12 Dimensiones físicas HMI NT21
 Fuente Omron (2004)

5.2.11 Convertidor de datos CIF 11

Este dispositivo convierte señales del puerto periférico del autómata y RS 422 se alimenta a 5 Vcc del puerto de periféricos, por lo que no es necesaria una fuente externa de alimentación

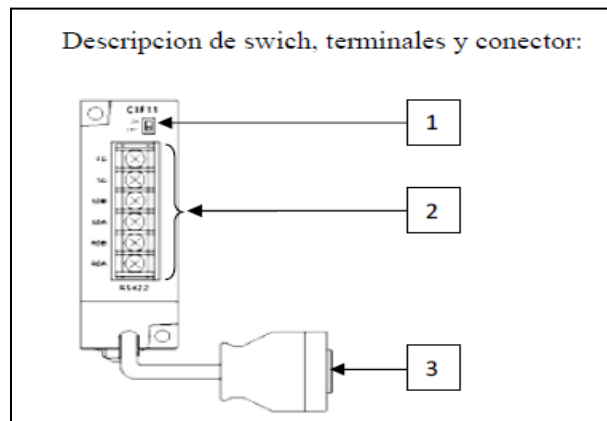


Figura 13 Convertidor CIF 11
 Fuente Omron (2004)

Figura 14 Conexión CIF11
Fuente Omron (2004)

5.2.12 Misceláneos

Para llevar a cabo el proyecto es necesario resaltar los accesorios fundamentales que se requieren para alcanzar la meta, entre estos elementos podemos mencionar.

1. 300 metros de Cable Belden 9841

5.3 Fase III. Exploración las posibilidades de comunicación entre los controles de generación y los plc del mercado

Luego de cumplidas las fases anteriores queda un punto fundamental que es la selección de la mejor vía y protocolo para establecer la comunicación entre los equipos del sistema de transferencia, ya que en la actualidad existen muchas vías y protocolos se debe escoger entre ellas la más adecuada en lo técnico y económico según el estudio realizado a los equipos seleccionados se determina que la comunicación a emplear es la comunicación MODBUS RTU (Unidad terminal remota).

Modbus es un protocolo de solicitud-respuesta implementado usando una relación maestro-esclavo. En una relación maestro-esclavo, la comunicación siempre se produce en pares, un dispositivo debe iniciar una solicitud y luego esperar una respuesta y el dispositivo de inicio (el maestro) es responsable de iniciar cada interacción. Por lo general, el maestro es una interfaz humano-máquina (HMI) o sistema SCADA y el esclavo es un sensor, controlador lógico programable (PLC) o controlador de automatización programable (PAC). El contenido de estas solicitudes y respuestas, y las capas de la red a través de las cuales se envían estos mensajes, son definidos por las diferentes capas del protocolo.

El objetivo de esta norma es proporcionar un protocolo uniforme para comunicarse con cualquier equipo de control de grupos electrógenos. Permite que toda la información de telemetría relevante para un grupo electrógeno sea leída desde el equipo de control, sin importar el fabricante o la especificación, y permite que las operaciones básicas como iniciar y detener el motor, transferir la carga, etc. se realicen de forma remota.

A continuación se detallan las razones por la que se escoge esta modalidad de comunicación.

1. Esta comunicación es común para todos los equipos involucrados como lo son PLC omron CP2MA, el modulo analizador de potencia MT96 General Electric y modulo de control de generadores 7320 DSE.
2. Ofrece una comunicación efectiva en distancias mayores a 1200 m y la distancia máxima entre equipos es de 400 m
3. Permite la conexión maestro esclavo de hasta 255 dispositivos en la red
4. Utiliza canal RS 485 esto quiere decir que con la conexión entre los equipos será con un par calibre 22 CU estañado

5.3.1 Configuración del CP2MA para la comunicación MODBUS RTU

Configurar el puerto RS-232 en el CX-programmer. Se puede configurar de dos formas una es mediante los DM6645, DM6646 y otra forma más sencilla que es la que se va a utilizar. Para ello se va al área de trabajo (1) del proyecto, se hace doble clic en configuración (2) seleccionar la pestaña puerto Host Link (3) y configuración personalizada (4). La velocidad que se tiene que seleccionar es de 9600 Baud, el formato 1, 7, 2, E y el modo Host Link.

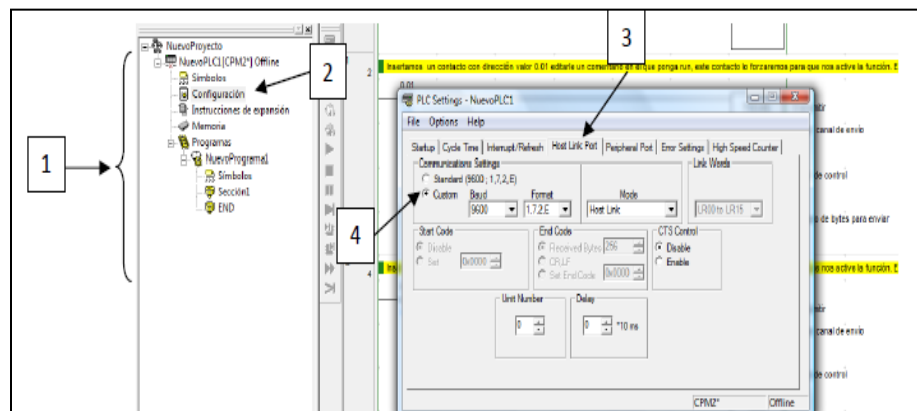


Figura 15 Configuración_1 Modbus CP2MA
Fuente Omron (2004)

Para el puerto periférico los DM que se pueden modificar son DM6650 y DM6651 pero se va a repetir el mismo procedimiento anterior de configuración que el puerto RS-232. Seleccionar la pestaña Peripheral Port (1), la velocidad que tenemos que seleccionar es de 9600 Baud, el formato 1, 8, 1, E y el modo RS-232

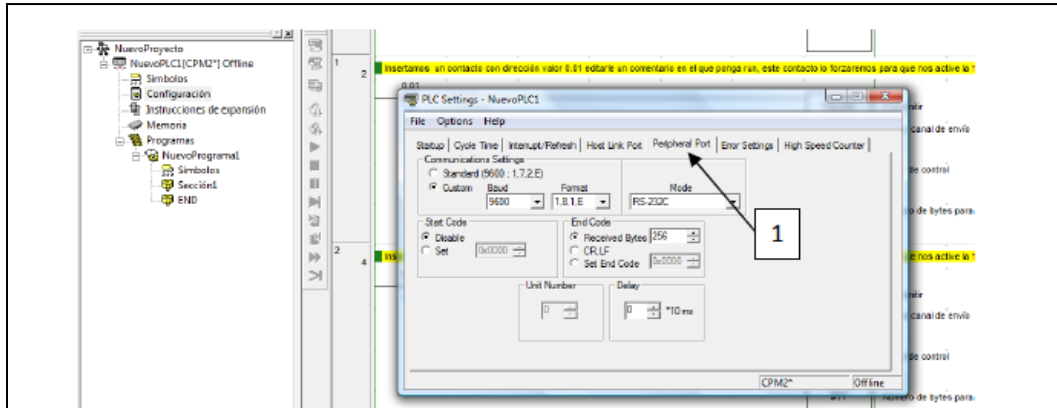


Figura 16 Configuración_2 Modbus CP2MA
Fuente Omron (2004)

Para escribir las tramas que se quieren enviar. Se tiene que escribirlas en un área de memorias del CX-programmer. Se va al área de trabajo (1) del proyecto, damos doble clic en memoria (2) seleccionamos las memorias DM (3). En el DM0 al DM6 escribimos en hexadecimal la siguiente tabla:



Figura 17 Configuración_3 Modbus CP2MA
Fuente Omron (2004)

Tabla 5 Denominación de registros MODBUS

Byte No.	Datos	Ejemplo de datos (Hex)	
1	Dirección de esclavo	01	
2	Código de función	10	
3	No. de registro de comienzo de escritura de datos	00	
4		01	
5	Número de registros de escritura	00	
6		02	
7	Datos del registro inicial	04	
8	Datos del registro No. 0001	MSB	00
9		LSB	01
10	Datos del registro No. 0002	MSB	02
11		LSB	58
12	Comprobación CRC-16	63	
13		39	

Fuente Omron (2004)

El 1° byte es la dirección de esclavo (01), el 2° byte es el código de función (10: escribir, Códigos de función, pág. 25), el 3° y 4° byte es el número de registro de comienzo de escritura de datos (en nuestro 0001: ver la tabla “Datos de Comando” en pág. 23), el 5°, 6° byte número de registros de escritura (2 registros: el 0001 y el 0002), el 7° byte son el número de bytes que se van a mandar (4 bytes, 2 por registro); 8°, 9° son los datos del registro inicial (0001H, bit 0=1, Comando RUN=1, tabla “Datos de Comando” , el 10°, 11° son los datos del siguiente registro (0258H= 600D, “Referencia de frecuencia. (Unidades: n152.)”, tabla “Datos de Comando” y el 12°, 13° es la comprobación del CRC-16. La última trama que tenemos que escribir es comando STOP. En el DM20 al DM25 escribimos en hexadecimal la siguiente tabla

Tabla 6 Direccionamiento de registros en memoria

DM20	DM21	DM22	DM23	DM24	DM25
0110	0001	0001	0200	00A7	8100

Fuente Omron (2004)

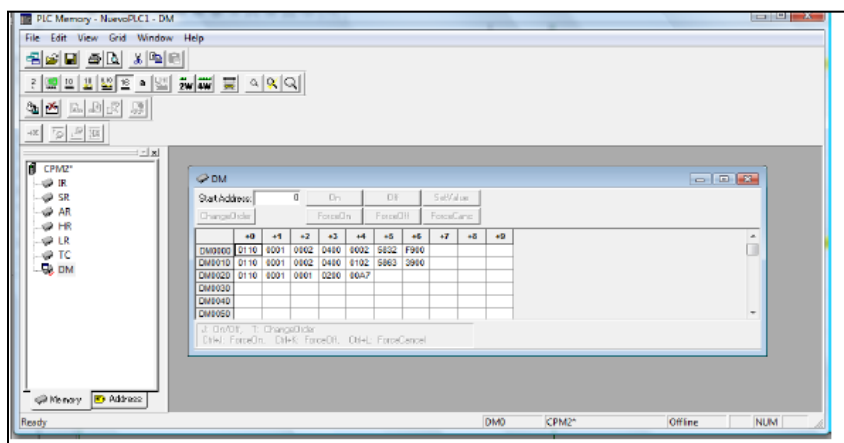


Figura 18 Configuración_4 Modbus CP2MA
Fuente Omron (2004)

Por último se guarda las memorias en la carpeta del proyecto. Pulsando en la pestaña de FILE (1), nos aparece una ventana en la cual seleccionamos SAVE TO FILE (2).

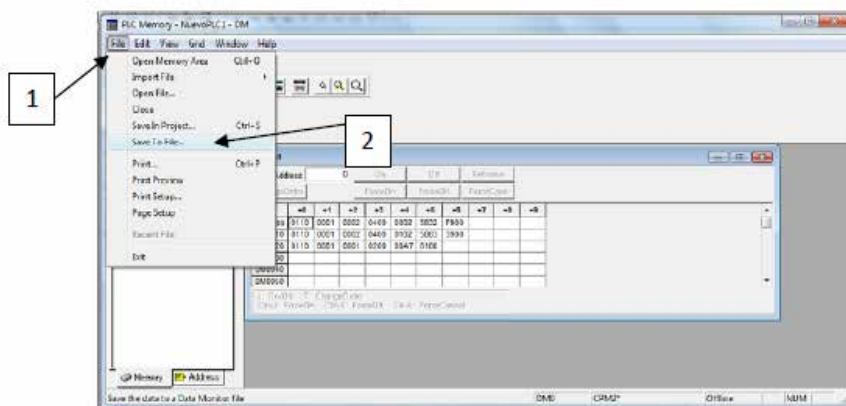


Figura 19 Configuración_5 Modbus CP2MA
Fuente Omron (2004)

Nos aparecerá una ventana en la cual tiene que estar seleccionadas las memorias DM (1) y aceptamos OK (2).

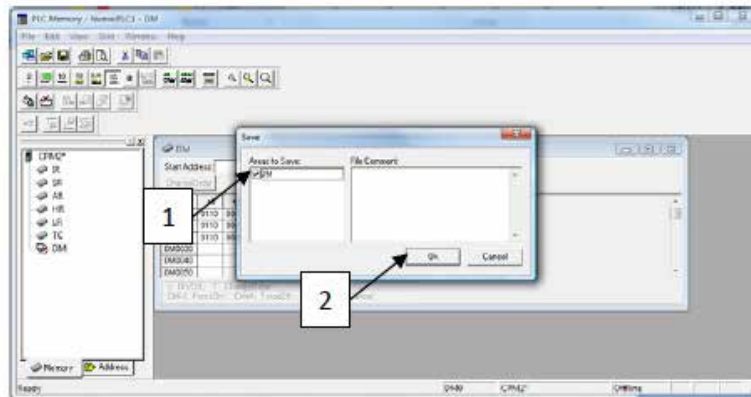


Figura 20 Configuración_6 Modbus CP2MA
Fuente Omron (2004)

Ahora tan solo nos queda buscar la carpeta donde tenemos guardado el proyecto (1) y pulsar el botón de guardar (2).

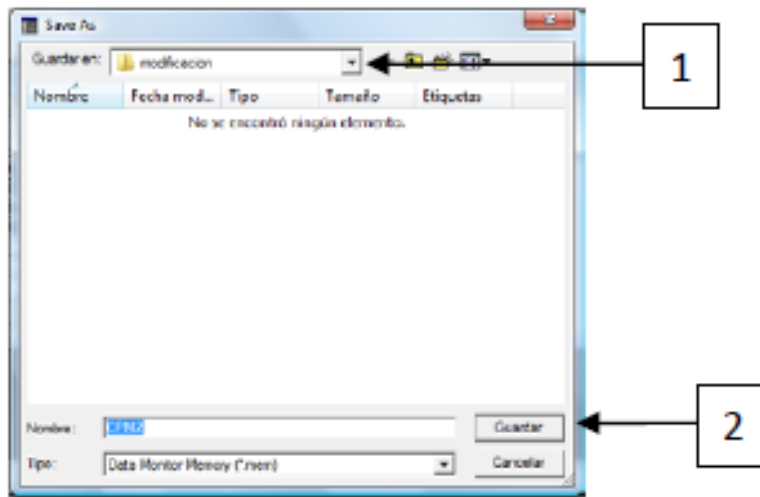


Figura 21 Configuración_7 Modbus CP2MA
Fuente Omron (2004)

5.3.2 Comunicación MODBUS del MT96

Los analizadores de potencia MT96 se comunican mediante el protocolo MODBUS ©, que se describe a continuación: En el protocolo MODBUS se usa el modo RTU

(Unidad terminal remota); cada byte de 8 bits en una el mensaje contiene dos caracteres hexadecimales de 4 bits. El formato para cada byte en modo RTU Código 8 bit binario, hexadecimal 0-9, A-F 2 caracteres hexadecimales contenidos en cada campo de 8 bits en el mensaje. Bits por byte 8 bits de datos Campo Verificar-Error Tipo CRC (Comprobación de redundancia cíclica)

Funciones Modbus utilizadas Función 01 Lectura del estado de los relés Función 03 y 04 Lectura de n palabras (16 bits-2 bytes). Función utilizada para leer los parámetros eléctricos que mide el MT96. Todos los parámetros eléctricos son largos con 32 bits, debido a esto se requieren dos palabras para solicitar cada parámetro. (4 bytes - XX XX XX XX) Función 05 Escribir un relevo

Tabla 7 Mapa de Memoria MODBUS Para el MT96

MODBUS VARIABLES					
Magnitudo	Symbol	Instant	Maximum	Minimum	Unit
Voltage Phase	V L1	00-01	60-61	C0-C1	V x10
Current	A L1	02-03	62-63	C2-C3	mA
Active Power	kW L1	04-05	64-65	C4-C5	W
Reactive Power	Kvar L1	06-07	66-67	C6-C7	var
Power Factor	PF L1	08-09	68-69	C8-C9	x 100
Voltage Phase	V L2	0A-0B	6A-6B	CA-CB	V x10
Current	A L2	0C-0D	6C-6D	CC-CD	mA
Active Power	kW L2	0E-0F	6E-6F	CE-CF	W
Reactive Power	Kvar L2	10-11	70-71	D0-D1	var
Power Factor	PF L2	12-13	72-73	D2-D3	x 100
Voltage Phase	V L3	14-15	74-75	D4-D5	V x10
Current	A L3	16-17	76-77	D6-D7	mA
Active Power	kW L3	18-19	78-79	D8-D9	W
Reactive Power	Kvar L3	1A-1B	7A-7B	DA-DB	var
Power Factor	PF L3	1C-1D	7C-7D	DC-DD	x 100

Fuente GE Energy Industrial Solutions (2016)

Ejemplo de Comunicación Modbus con MT96

Pregunta

0A 04 00 00 00 0A 71 76

0A Numero del periférico, 10 en decimal

04 Función lectura

00 00 Punto en que comenzara la lectura

00 0A Número de valores a leer: 10 en decimal

1 71 76 CRC Carácter de prueba

Respuesta

0A 04 14 00 00 08 4D 00 00 23 28 00 00 0F A0 00 00 00 90 00 00 00 60 CB 2E

0A Numero del periférico que está respondiendo, 10 en decimal

04 Función de lectura la que se emplea en la pregunta

14 Números de bytes recibidos (20)

00 00 08 4D V1x 10 (record 00 Hex) with value in decimal 212.5 V

00 00 23 28 mA 1, en decimal 9000 mA

00 00 0F A0 W 1, en decimal 4000 W

00 00 00 90 varL 1, en decimal 144 varL

00 00 00 60 PF1 x 100, en decimal

96 CB 2E CRC verificado

5.3.3 Comunicación del panel 7320 DSE

El DSE7320 MKII también controlará el suministro de red (utilidad). Los módulos incluyen USB, RS232 y Puertos RS485, así como dedicado Terminales DSENet® para el sistema expansión. Ambos módulos son compatibles con electrónico (CAN) y no electrónico (colector magnético) y ofrecen una gran cantidad de insumos flexibles, salidas y motor extenso protecciones para que el sistema pueda ser fácilmente adaptable para cumplir con la mayoría exigentes requisitos de la industria.

La extensa lista de características incluye eventos mejorados y supervisión del rendimiento, remota comunicaciones y PLC funcionalidad. El modo de espera mutuo dual es ahora disponible en ambos DSE7310 MKII y DSE7320 MKII con RS232 o comunicaciones RS485. Esta proporciona un más simple y más instalación conveniente con más características avanzadas tales como verdadero hora del motor de equilibrio. Los módulos pueden ser fácilmente configurados usando el DSE Software de PC Configuración Suite.

Tabla 8 Pregunta típica en MODBUS DSE 7320

Byte	Nombre campo	Notes
0	Dirección esclavo	
1	Código Función	
2	Primera dirección de registro de bit alto	16 bit dirección de registro
3	Primera dirección de registro de bit Bajo	
4	Número de registro a leer de bit alto	16 bit number of registers, must be in the range 1 to 125
5	Número de registro a leer de bit bajo	
6/7	Chequeo de error CRC	

Fuente Deep Sea Electronics Inc (2015)

Registro	Nombre variable	Mínimo valor	Máximo valor	Escalamiento factor	Unidad	Bits/ sign
0	Oil pressure	0	10000	1	Kpa	16
1	Coolant temperature	-50	200	1	Degrees C	16 S
2	Oil temperature	-50	200	1	Degrees C	16 S
3	Fuel level	0	130	1	%	16
4	Charge alternator voltage	0	40	0.1	V	16
5	Engine Battery voltage	0	40	0.1	V	16
6	Engine speed	0	6000	1	RPM	16
7	Generator frequency	0	70	0.1	Hz	16
8-9	Generator L1-N voltage	0	18,000	0.1	V	32
10-11	Generator L2-N voltage	0	18,000	0.1	V	32
12-13	Generator L3-N voltage	0	18,000	0.1	V	32
14-15	Generator L1-L2 voltage	0	30,000	0.1	V	32
16-17	Generator L2-L3 voltage	0	30,000	0.1	V	32
18-19	Generator L3-L1 voltage	0	30,000	0.1	V	32
20-21	Generator L1 current	0	99,999.9	0.1	A	32
22-23	Generator L2 current	0	99,999.9	0.1	A	32
24-25	Generator L3 current	0	99,999.9	0.1	A	32
26-27	Generator earth current	0	99,999.9	0.1	A	32
28-29	Generator L1 watts	-99,999,999	99,999,999	1	W	32 S
30-31	Generator L2 watts	-99,999,999	99,999,999	1	W	32 S

		9				
32-33	Generator L3 watts	-99,999,999	99,999,999	1	W	32 S
34	Generator current lag/lead	-180	+180	1	degrees	16 S
35	Mains frequency	0	70	0.1	Hz	16
36-37	Mains L1-N voltage	0	18,000	0.1	V	32
38-39	Mains L2-N voltage	0	18,000	0.1	V	32
40-41	Mains L3-N voltage	0	18,000	0.1	V	32
42-43	Mains L1-L2 voltage	0	30,000	0.1	V	32
44-45	Mains L2-L3 voltage	0	30,000	0.1	V	32
46-47	Mains L3-L1 voltage	0	30,000	0.1	V	32
48	Mains voltage phase lag/lead	-180	+180	1	degrees	16 S
49	Generator phase rotation	0	3			16
50	Mains phase rotation	0	3			16
51	Mains current lag/lead	-180	+180	1	degrees	16 S
52-53	Mains L1 current	0	99,999.9	0.1	A	32
54-55	Mains L2 current	0	99,999.9	0.1	A	32
56-57	Mains L3 current	0	99,999.9	0.1	A	32
58-59	Mains earth current	0	99,999.9	0.1	A	32
60-61	Mains L1 watts	-99,999,999	99,999,999	1	W	32 S
62-63	Mains L2 watts	-99,999,999	99,999,999	1	W	32 S
64-65	Mains L3 watts	-	99,999,999	1	W	32 S

		99,999,999	9			
66	Bus current lag/lead	-180	+180	1	degrees	16 S
67	Bus frequency	0	70	0.1	Hz	16
68-69	Bus L1-N voltage	0	18,000	0.1	V	32
70-71	Bus L2-N voltage	0	18,000	0.1	V	32
72-73	Bus L3-N voltage	0	18,000	0.1	V	32

Respuesta típica en MODBUS DSE 7320

Byte	Nombre de campo	Notas
0	Dirección esclavo	
1	Código Función	
2	Contaje de Byte (n)	8 bit even number in the range 2 to 250 (number of registers *2)
3	Registro Primer bit alto	16 bit register
4	Registro Primer bit bajo	
...		
1+n	Registro Ultimo bit alto	16 bit register
2+n	Registro Ultimo bit bajo	
3+n/4+n	Chequeo de error CRC	

Fuente Deep Sea Electronics Inc (2015)

En notación hexadecimal, una página de memoria es 256 (hex FF) registros de largo.

Por ejemplo:

0000 - 00FF = Página 0

0100 - 01FF = Página 1

0200 - 02FF = Página 2

0300 - 03FF = Página 3

Ejemplo para determinar la dirección de un Registro del cual se quiere la información almacenada en el.

Como ejemplo, el nivel de voltaje en la batería está contenido en Modbus Página 4, Register offset 5

Tabla 9Valores topes de las variables

Register offset	Name	Minimum value	Maximum value	Scaling factor	Units	Bits/ sign
0	Oil pressure	0	10000	1	Kpa	16
1	Coolant temperature	-50	200	1	Degrees C	16 S
2	Oil temperature	-50	200	1	Degrees C	16 S
3	Fuel level	0	130	1	%	16
4	Charge alternator voltage	0	40	0.1	V	16
5	Engine Battery voltage	0	40	0.1	V	16

Fuente Deep Sea Electronics Inc (2015)

Entonces la dirección decimal es

$$(4 \times 256) + 5 = 1029$$

Modbus Página 3, Register Offset 4 contiene el funcionamiento del módulo modo operación.

5.4 Fase IV. Diseño de un sistema de control automatizado para el proceso de transferencia de energía

Realizado ya los estudios previos en cuanto a los requisitos técnicos y de seguridad del sistema, el levantamiento de los componentes de hardware necesarios y el estudio del sistema de comunicación que se empleara se dispone al desarrollo del software necesario para presentación de la propuesta.

Dicho software será desarrollado en la plataforma CX ONE con el modulo CX Programmer de la compañía Omron ya que la misma soporta los equipos de PLC y HMI a programar que ya fueron seleccionados, estos ambientes de trabajo son amigables a un programador con experiencia ya que se manejan en un ambiente Windows muy similar al de marcas como Allen Bradley y siemens.

Para el desarrollo del programa del plc, del ambiente de navegación y de la información se tomo la información obtenida en la fase uno donde con la investigación se tomaron los aportes técnicos y de ingeniería necesarios para la realización del programa dando como resultado en primer lugar los siguientes diagramas de flujo.

5.4.1 Diagrama de flujo general

En el diagrama de flujo general, está representado el funcionamiento global del programa en el cual destacan las etapas de monitoreo y de visualización de las variables que corresponden a la red pública o red de preferencia y las variables asociadas al sistema de generación de preferencia. Luego se muestra la etapas de verificación de la presencia de la red de preferencia (COORPOELEC), en esta verificación se nota la disyuntiva entre el retorno al inicio de la rutina de monitoreo y visualización o la entrada a la segunda etapa que es la subrutina de emergencia.

5.4.2 Diagrama de flujo de subrutina de emergencia

En este diagrama de flujo se detalla el procedimiento a cumplir en el momento que se presente una falla en el suministro de energía eléctrica del sistema de preferencia (CORPOELEC), esta rutina incluye la verificación de todas aquellas variables que son de una gran importancia para unas maniobras seguras y efectivas, estas son esencialmente las que indican la posición de los interruptores principales y secundarios para evitar condiciones inseguras en las maniobras de reposición de energía por parte del sistema de emergencia sustentado en el uso de los generadores G1 y G5.

5.4.3 Diagrama de flujo de subrutina de preferencia

Este esquema muestra el funcionamiento de la etapa de reposición de energía eléctrica con el suministro reactivado del sistema de preferencia este procedimiento parte desde la llegada de la red pública la espera de un tiempo mínimo de 10 minutos para la reactivación progresiva de los elementos a su posición de trabajo de predilección y por último se realizara el apagado de las maquinas generadoras después de cumplir con un tiempo de trabajo sin carga para asegurar el auto enfriamiento del equipo recomendado por el fabricante.



Figura 22 Diagrama de flujo general
Fuente Rodríguez (2018)

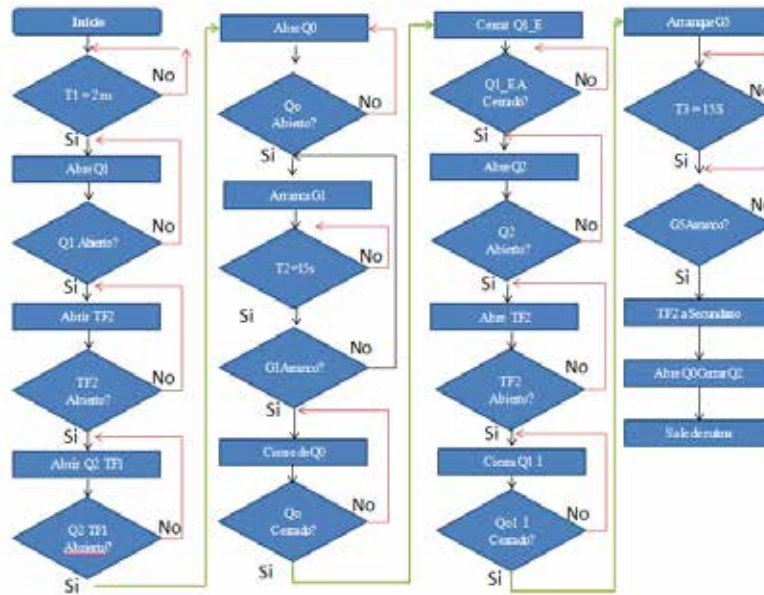


Figura 23 Diagrama Sub Rutina Emergencia Fuente Rodríguez (2018)

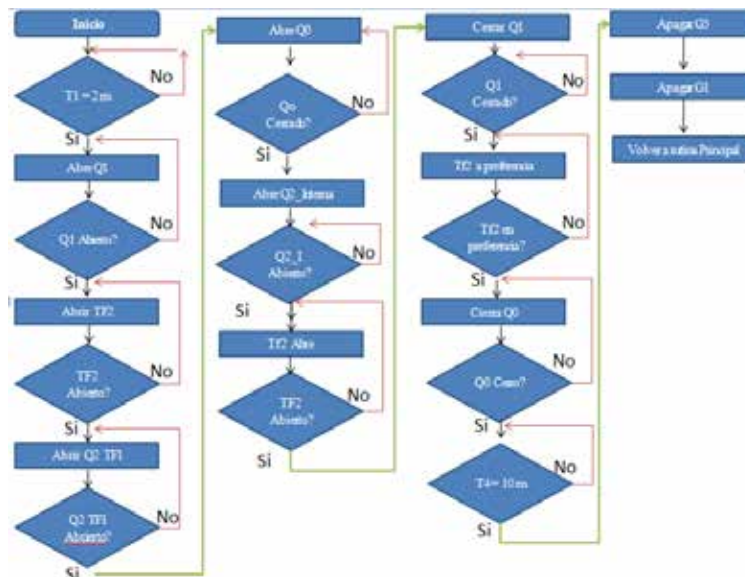


Figura 24 Diagrama Sub Rutina Preferencia Fuente Rodríguez (2018)

5.4.4 Esquema de control

El diseño del esquema de control fue desarrollado bajo la plataforma que ofrece el fabricante omron con el nombre CX ONE en el modulo CX Programer dicha herramienta permitió desplegar la lógica de una forma muy amigable y también permitió combinar dos maneras de programar como lo son escalera y funciones por bloque para integrar lo fácil de programar y entender del lenguaje escalera y lo eficiente de la programación de bloques de funciones.

En este esquema se encuentra varias secciones que dividen el programa de manera que la detección de errores, mejoras o adiciones futuras así como la resolución de fallas se puedan realizar sin mayores inconvenientes.

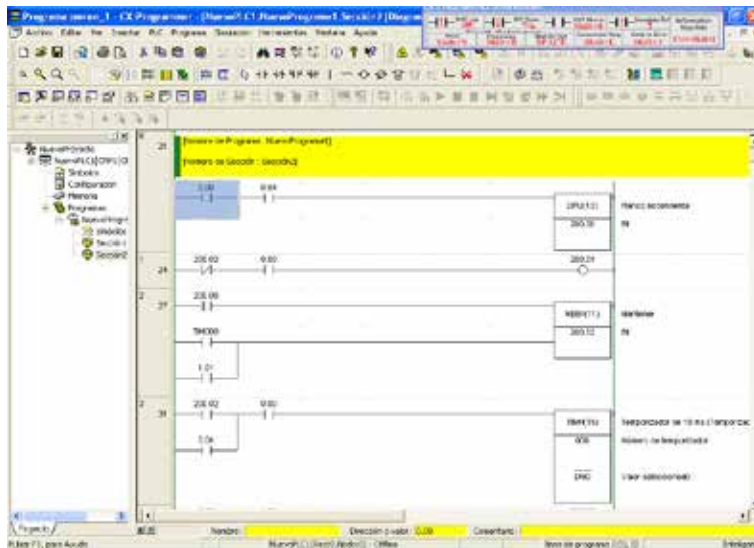


Figura 25 Diagrama Programación 1
Fuente Rodríguez (2018)

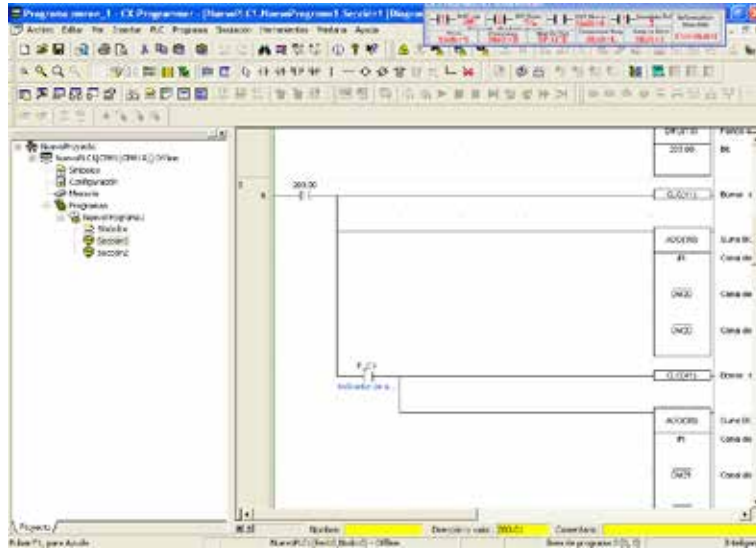


Figura 26 Diagrama Programación 2
Fuente Rodríguez (2018)

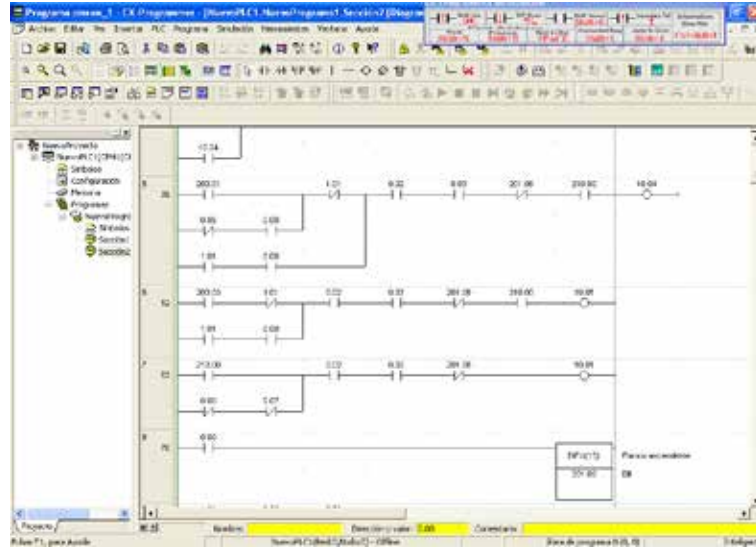


Figura 27 Diagrama Programación 3
Fuente Rodríguez (2018)

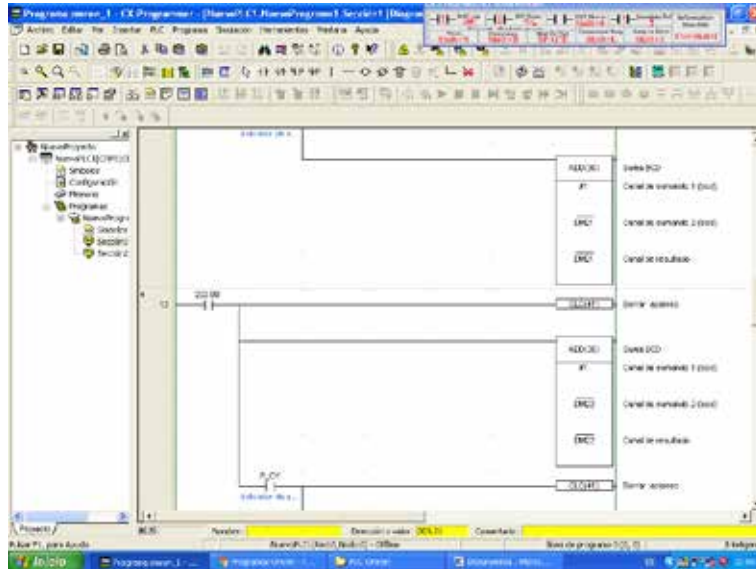


Figura 28 Diagrama Programación 4
Fuente Rodríguez (2018)

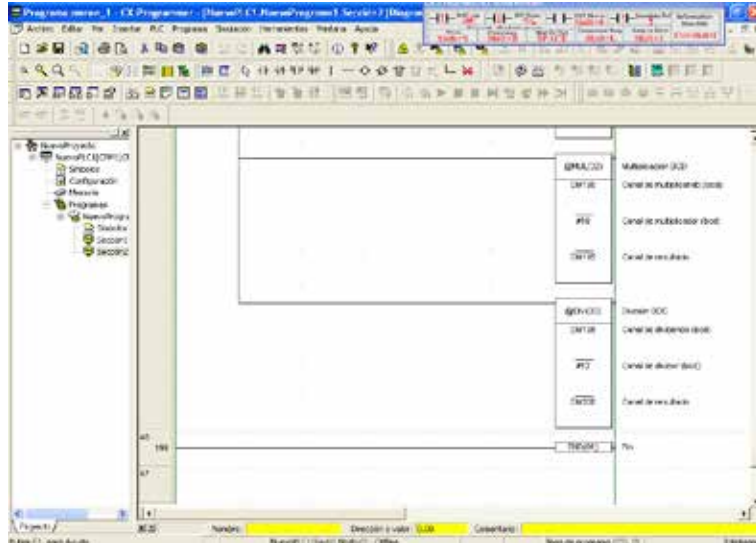


Figura 29 Diagrama Programación 5
Fuente Rodríguez (2018)

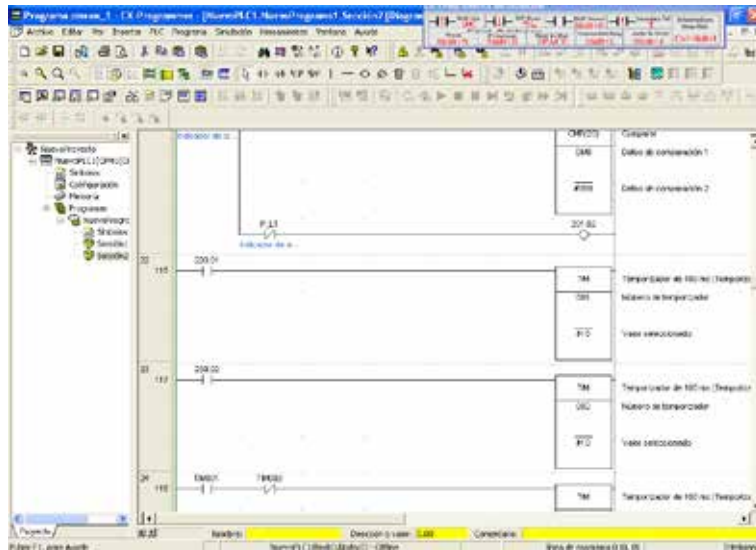


Figura 30 Diagrama Programación 6
Fuente Rodríguez (2018)

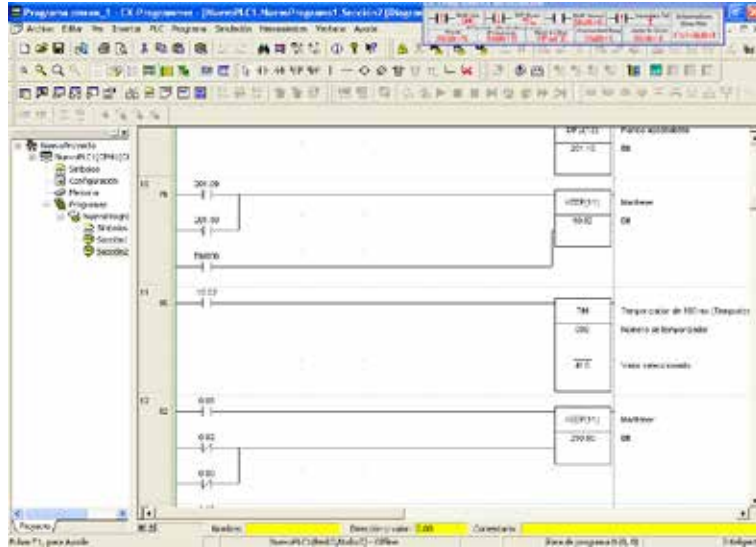


Figura 31 Diagrama Programación 7
Fuente Rodríguez (2018)

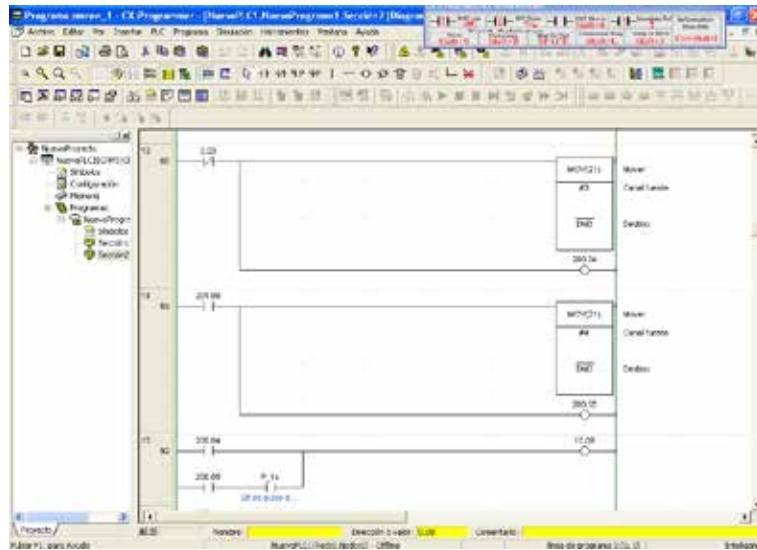


Figura 32 Diagrama Programación 8
Fuente Rodríguez (2018)

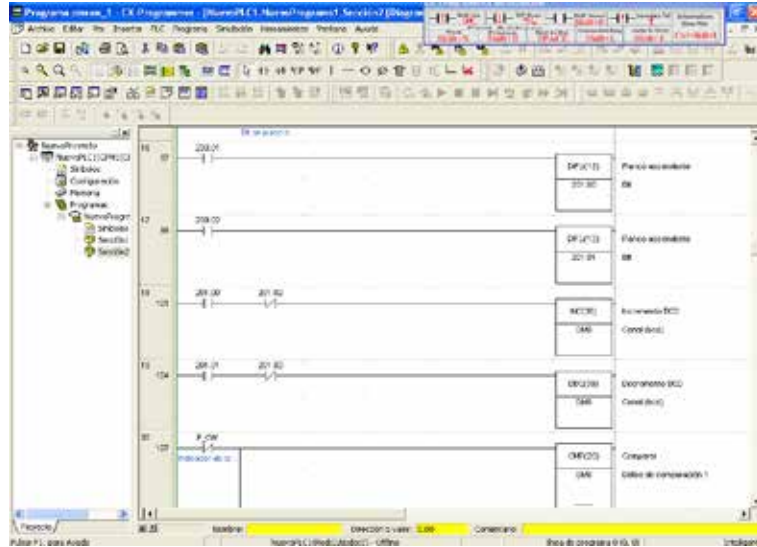


Figura 33 Diagrama Programación 9
Fuente Rodríguez (2018)

5.4.5 Desarrollo de pantallas para la interfaz humano maquina

Esta etapa se desarrollo en OMRON HMI NTXS1.04 plataforma que permite el desarrollo de sistemas de interfaz en las pantallas monocromáticas NT21, la propuesta contempla la utilización de 11 pantallas que se pueden dividir en pantallas de acceso de navegación necesarias para llegar a aquellas pantallas que el operador necesite, de visualización son aquellas que permitirán observar los valores instantáneos de las variables fundamentales y las pantallas de control que serán aquellas que se emplearan para activar o desactivar los elementos a comandar

A continuación se muestra un diagrama de flujo de la secuencia de las pantallas

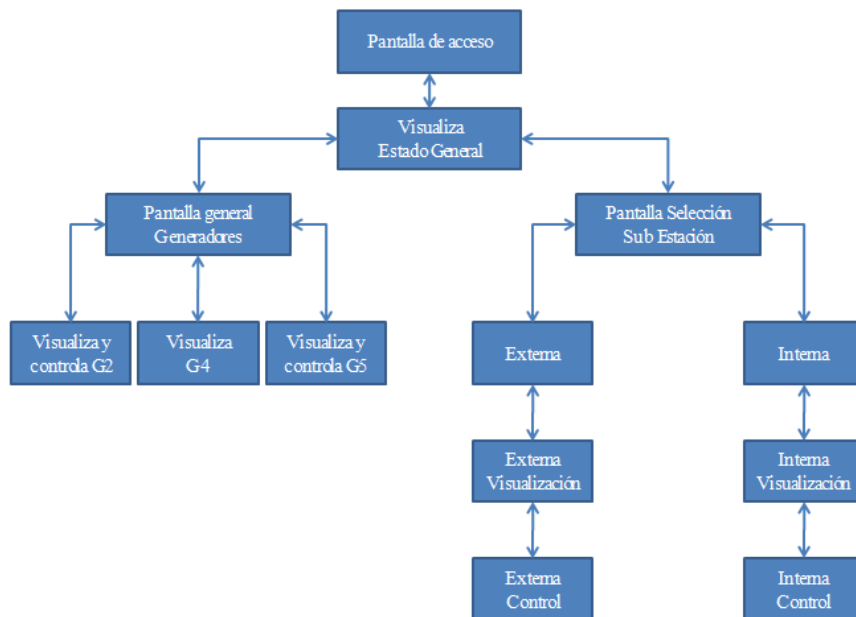


Figura 34 Diagrama de navegación por pantalla
Fuente Rodríguez (2018)

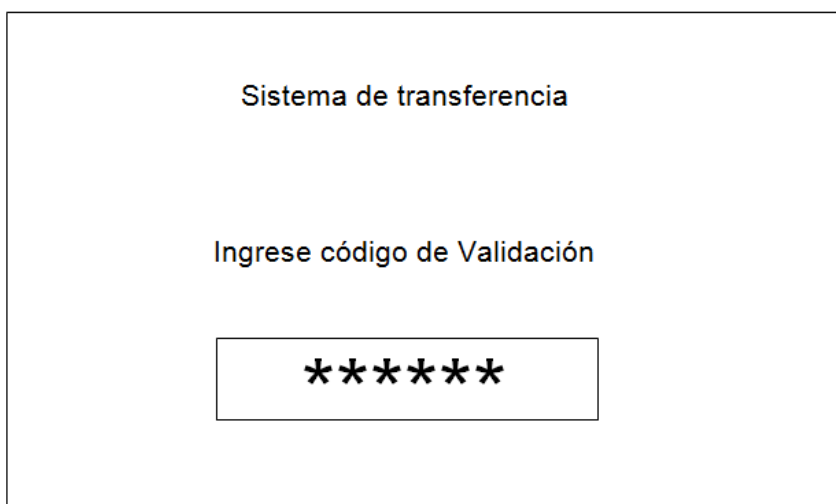


Figura 35 Pantalla 1
Fuente Rodríguez (2018)

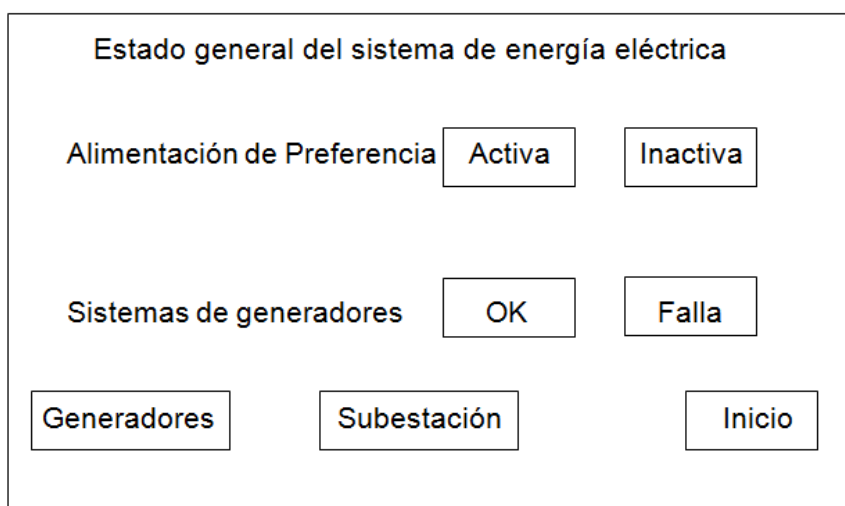


Figura 36 Pantalla 2
Fuente Rodríguez (2018)

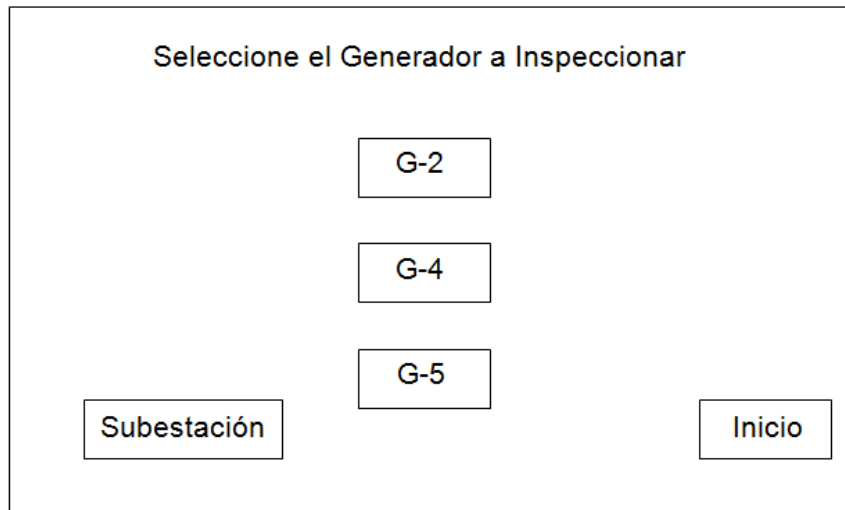


Figura 37 Pantalla 3
Fuente Rodríguez (2018)

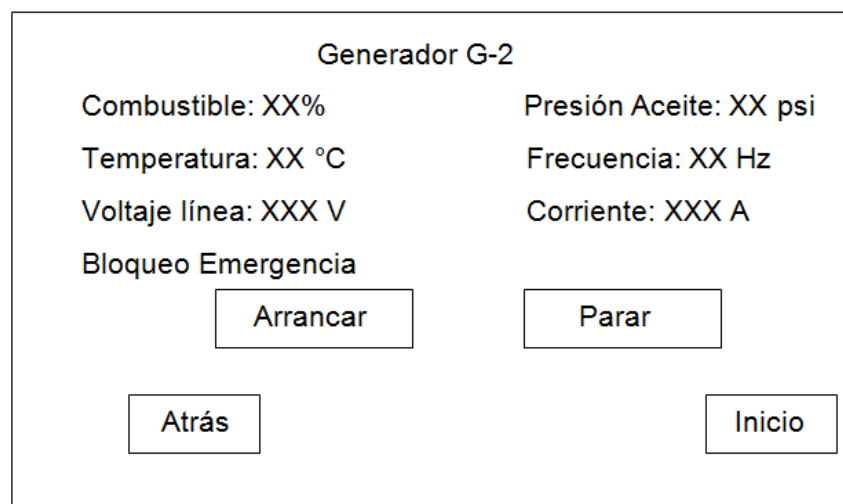


Figura 38 Pantalla 4
Fuente Rodríguez (2018)

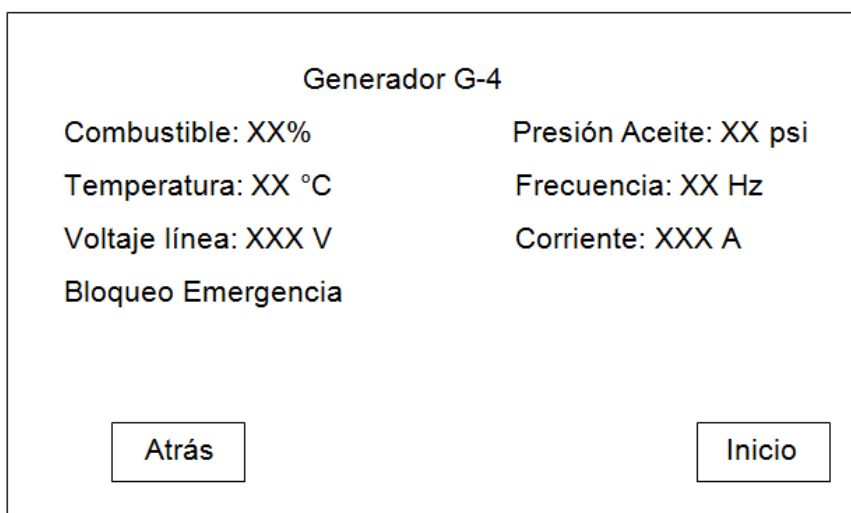


Figura 39 Pantalla 5
Fuente Rodríguez (2018)

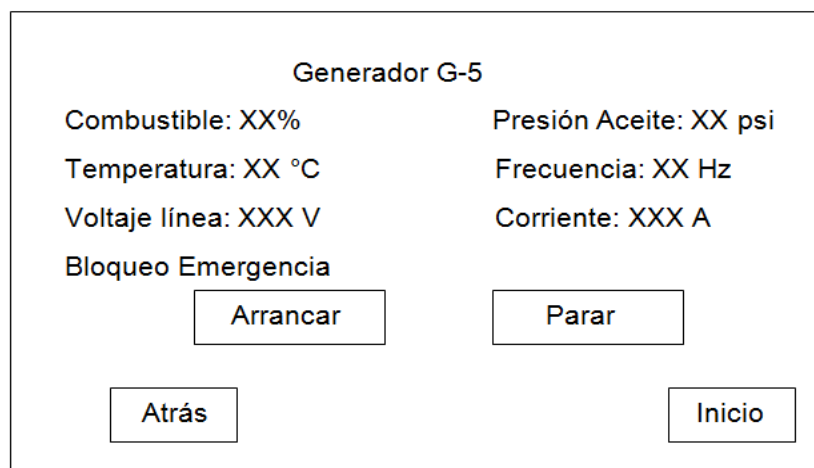


Figura 40 Pantalla 6
Fuente Rodríguez (2018)

Seleccione la Sub estación

Figura 41 Pantalla 7
Fuente Rodríguez (2018)

Sub estación Externa Visualización

	R	S	T	
Voltaje de línea:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	V
Corriente de línea:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	A
Frecuencia:	<input type="text"/>			Hz
Potencia Activa:	<input type="text"/>			W
Potencia reactiva:	<input type="text"/>			Var
Potencia aparente:	<input type="text"/>			Va
Factor de potencia:	<input type="text"/>			Pf
	<input type="button" value="Control"/>		<input type="button" value="Atrás"/>	

Figura 42 Pantalla 8
Fuente Rodríguez (2018)

Sub estación Externa Control

Estado Q0: Abierto/Cerrado

Estado Transferencia Automática: Posición 1, Posición 2

Posición 1 Conecta carga al sistema de Preferencia

Posición 2 conecta carga al Generador de Emergencia

Figura 43 Pantalla 9
Fuente Rodríguez (2018)

Sub estación Interna Visualización

	R	S	T	
Voltaje de línea:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	V
Corriente de línea:	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	A
Frecuencia:	<input type="text"/>			Hz
Potencia Activa:	<input type="text"/>			W
Potencia reactiva:	<input type="text"/>			Var
Potencia aparente:	<input type="text"/>			Va
Factor de potencia:	<input type="text"/>			Pf
			<input type="button" value="Control"/>	<input type="button" value="Atrás"/>

Figura 44 Pantalla 10
Fuente Rodríguez (2018)

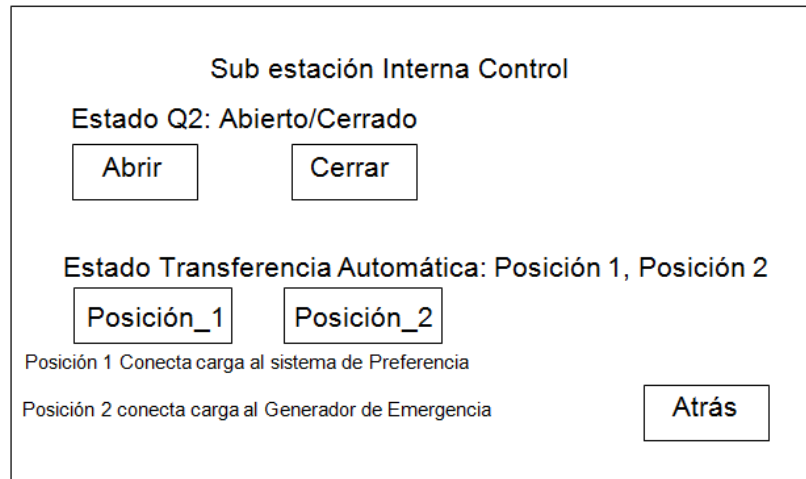


Figura 45 Pantalla 11
Fuente Rodríguez (2018)

CONCLUSION

Con el desarrollo del presente trabajo se realiza la propuesta de de automatización del sistema de transferencia de energía eléctrica en planta piemme, sistema que se encarga de mantener al proceso productivo en un estado operativo aun cuando las fallas del sistema eléctrico se presenten, así como también la reducción del consumo energético por exigencias de los entes públicos responsables.

La automatización del sistema se propuso mediante la implementación de un controlador lógico programable (PLC), ubicado en un tablero existente en la sala de hornos por las condiciones de seguridad por ser un área de acceso autorizado, por suministro de energía ininterrumpida y ser el punto más céntrico respecto a la distancia entre las dos subestaciones.

Se logró desarrollar una propuesta con equipos a disposición de la empresa por ser elementos recuperados de líneas desmanteladas en perfectas condiciones y con la reutilización de estos elementos se logro optimizar el uso de recursos y disminuir significativamente los costos de inversión del proyecto.

Con la implementación de esta propuesta de automatización se busca alcanzar metas como incrementar la seguridad tanto para los operadores, personal técnico y equipos involucrados en las maniobras, así como para calidad y rendimiento del proceso. La ocupación del personal en tareas más específicas y necesarias reduciendo el empleo de horas hombre innecesarias e ineficientes sobre todo del personal del departamento eléctrico y mecánico el mejorando los índices de producción y calidad que son de gran importancia para la organización.

RECOMENDACIONES

- Incluir en un futuro a todos los generadores de la planta
- Adquirir un panel de control preferiblemente un 7320 DSE para el generador G4 para tomar todos los parámetros de funcionamiento de este.
- Dictar un curso de adiestramiento con ejemplos prácticos para el personal técnico y de supervisión para que se adecuen a las nuevas herramientas.
- Incluir al sistema modulo Ethernet para establecer comunicación con el scada de sala de Horno.
- Desarrollar y activar planes de mantenimiento preventivo y correctivo a cada uno de los equipos y de esta forma disminuir fallas innecesarias y las perturbaciones consecuentes.

REFERENCIAS

Impresas

- Arias, Fideas (2006). **El Proyecto de Investigación, introducción a la metodología científica (6ta edición)**. Caracas, Venezuela. Editorial Episteme.
- Creus, Antonio. (2005). **Instrumentación industrial (8va edición)**. México DF, México. Editorial MARCOMBO
- Hernández, María T. (2003). **Manual de trabajos de grado de especialización y maestrías de tesis doctorales (3ea edición)**. Caracas, Venezuela. Editorial FEDUPEL.
- Mandado, Enrique. (2009). **Automatas programables y sistemas de automatización (2da edición)**. Barcelona, España. Editorial MARCOMBO
- Morales, Victor (1972). **Guía para la elaboración y evaluación de proyectos de investigación (2da Publicación)**. Caracas, Venezuela. Editorial ICOLPE
- Palella, Santa y Martins, Feliberto (2010). **Metodología de la investigación cuantitativa (3ra edición)**. Caracas, Venezuela. Editorial FEDUPEL.

Electrónicas

Información referente a los tipos de investigación, blog disponible en:

- Hernández, S. (2010). **Estudio e implementación de sistema de control de una planta de tratamiento de agua, para uso en calderas de alta presión, en generación de energía eléctrica**. Trabajo de grado de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Extraído el 12 de septiembre de 2017 desde http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0752_EA.pdf

- Concha, P (2014) **Descripción general de sistemas de distribución y los elementos que la componen** Extraído 01 de Septiembre 2017 desde:
http://patricioconcha.ubb.cl/eleduc/public_www/capitulo1/interruptores.html
- Arc Advisory Group. (2015). **Control avanzado de procesos y optimización on-line.** Extraído el 25 de septiembre de 2017 desde
<http://www.arcweb.com/market-studies/pages/advanced-process-control-online-optimization.aspx>
- Allen Bradley. (2017). **Sistemas de control ControlLogix.** Extraído el 12 de octubre de 2017 desde <http://ab.rockwellautomation.com/es/programmable-controllers/controllogix>
- Omron Corporation (2017) **Configuración de protocolos para comunicación con dispositivos seriales estándar.** Extraído el 05 de Octubre del 2017 desde <https://industrial.omron.es/es/products/cx-protocol>
- Siemens, (2017) Protocolos por canales seriales para PLC siemens Extraído el 07 de octubre de 2017 desde <https://support.industry.siemens.com/cs/document/109736665/how-do-you-connect-the-rs485-rs422-interfaces-of-simatic-and-siplus-modules-for-serial-communication-?dti=0&pnid=13613&lc=en-WW>