



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA



TESIS

**Diseño e implementación de un sistema de automatización para el
monitoreo y control del grupo electrógeno cat de Ferreyros s.a. en la
ciudad de Lima**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
ELECTRÓNICO**

ELABORADO POR

Bach. Ramírez Gramber Jeffrey Javier

ASESOR

Mtro. Ing. Manuel Javier Ramírez Castro

ORCID: 0000-0002-9881-7179

LIMA – PERÚ

2023

TESIS

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN PARA EL MONITOREO Y CONTROL DEL GRUPO ELECTRÓGENO CAT DE FERREYROS S.A. EN LA CIUDAD DE LIMA

TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO
ELECTRÓNICO

AUTOR:



BACH. JEFFREY JAVIER RAMÍREZ GRAMBER

ASESOR:



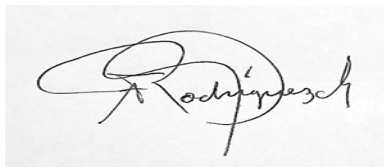
ING. MANUEL JAVIER RAMÍREZ CASTRO

TESIS

Diseño e implementación de un sistema de automatización para el
monitoreo y control del grupo electrógeno cat de Ferreyros s.a. en la
ciudad de Lima

TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO
ELECTRÓNICO

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO



M. SC. ING. FRANK RICHARD RODRÍGUEZ CHIRINOS



MG. ING. MARTÍN AUGUSTO NOMBÉRA LOSSIO



MG. ING. OSCAR UCCHÉLLY ROMÉRO CORTÉZ



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DECANATO

Ciudad Universitaria - Lambayeque

LICENCIADA - RESOLUCIÓN DEL CONSEJO DIRECTIVO N° 015 -2023-SUNEDU / CD



ACTA DE SUSTENTACIÓN N° 03.-2024.-D/FACFyM

Siendo las 10:00 am del día Viernes 12 Enero del 2024, se reunieron los miembros del jurado evaluador de la Tesis titulada:

Diseño e implementación de un sistema de automatización para el monitoreo y control del Grupo Electrógeno CAT de Fenix S.A. en la Central de Hidro

Designados por Resolución N° 366-2021 Virtual D/FACFyM de fecha 04 Junio de 2021

Con la finalidad de evaluar y calificar la sustentación de la tesis antes mencionada, conformada por los siguientes docentes:

M.Sc. Ing. Frank Richard Rodríguez Chirinos Presidente
H. Dy. Martín Augusto Nambuca Lasso Secretario
H. Dy. Oscar Vichelly Romero Cortez Vocal

La tesis fue asesorada por (el) (la) Ing. Manuel Javier Ramírez Castro, nombrado por Resolución N° 366-2021 Virtual D/FACFyM de fecha 04 Junio de 2021

El Acto de Sustentación fue autorizado por Resolución N° 1170-2023 Virtual D/FACFyM de fecha 26 de Diciembre de 2023

La Tesis fue presentada y sustentada por (el) (los) Bachiller (es): en Ingeniería Eléctrica Ramírez Granados Jeffrey Javier y tuvo una duración de 40 minutos.

Después de la sustentación, y absueltas las preguntas y observaciones de los miembros del jurado se procedió a la calificación respectiva, otorgándole el Calificativo de Distinto (18) en la escala vigesimal, mención (Muy Bueno).

Por lo que queda(n) apto(s) para obtener el Título Profesional de Ingeniero Eléctrico, de acuerdo con la Ley Universitaria 30220 y la normatividad vigente de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas y la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Siendo las 11:20 am se dio por concluido el presente acto académico, dándose conformidad al presente acto con la firma de los miembros del jurado.

Frank Rodríguez Chirinos
FRANK RODRÍGUEZ CHIRINOS
Presidente

Martín Augusto Nambuca Lasso
H. Dy. Martín A. Nambuca Lasso
Secretario

Oscar Vichelly Romero Cortez
H. Dy. Oscar Vichelly Romero Cortez
Vocal

Manuel Javier Ramírez Castro
Ing. Manuel Javier Ramírez Castro
Asesor

ferrey4

INFORME DE ORIGINALIDAD

11%

INDICE DE SIMILITUD

10%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

4%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE



FUENTES PRIMARIAS

1

hdl.handle.net

Fuente de Internet

3%

2

docplayer.es

Fuente de Internet

2%

3

www.ptolomeo.unam.mx:8080

Fuente de Internet

2%

4

repositorio.unprg.edu.pe

Fuente de Internet

1%

5

protectyourrights.net

Fuente de Internet

1%

6

Submitted to Universidad Nacional Pedro Ruiz
Gallo

Trabajo del estudiante

1%

7

repositorio.ucv.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

8

1library.co

Fuente de Internet

<1%

9

Submitted to Universidad Continental

Trabajo del estudiante

<1 %

10 Alarcon Matta, Maria Del Carmen | Alarcon
Mejia, Rocio Mercedes | Arbe Hermoza, Karla
Sofia. "Plan Estrategico del Sector de
Generacion de Energia Electrica Peruano con
Enfoque de Economia Circular.", Pontificia
Universidad Catolica del Peru - CENTRUM
Catolica (Peru), 2020



Publicación

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 15 words

Excluir bibliografía

Activo



Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Jeffrey Javier Ramírez Gramber
Título del ejercicio: ferre4
Título de la entrega: ferrey4
Nombre del archivo: 230929_2048_informe_final.docx
Tamaño del archivo: 65.66M
Total páginas: 77
Total de palabras: 9,818
Total de caracteres: 54,656
Fecha de entrega: 29-sept.-2023 10:05p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega: 2181156378



CONSTANCIA DE VERIFICACIÓN DE ORIGINALIDAD

Yo, MANUEL JAVIER RAMÍREZ CASTRO, usuario revisor del documento titulado:

TESIS DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN PARA EL MONITOREO Y CONTROL DEL GRUPO ELECTROGENO CAT DE FERREYROS S.A. EN LA CIUDAD DE LIMA.

Cuyo auto es, JEFFREY JAVIER RAMÍREZ GRAMBER identificado con documento de identidad 70943409; declaro que la evaluación realizada por el Programa informático, ha arrojado un porcentaje de similitud de 11%, verificable en el Resumen de Reporte automatizado de similitudes que se acompaña.

El suscrito analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas dentro del porcentaje de similitud permitido no constituyen plagio y que el documento cumple con la integridad científica y con las normas para el uso de citas y referencias establecidas en los protocolos respectivos.

Se cumple con adjuntar el Recibo Digital a efectos de la trazabilidad respectiva del proceso.

Lambayeque, 15 de diciembre del 2023



MANUEL JAVIER RAMÍREZ CASTRO

DNI: 16423439

ASESOR

AGRADECIMIENTOS

Agradezco con toda sinceridad a las personas e instituciones que de alguna manera han ayudado para hacer realidad mi trabajo de tesis.

En primer lugar, agradecer a Jehová Dios, quien me ha dado la fortaleza, la sabiduría y la determinación para superar los desafíos y alcanzar mis metas. En Él encuentro mi refugio y mi inspiración.

En segundo lugar, deseo agradecer a mi asesor de tesis, Ing. Manuel Ramírez, por su valiosa guía, paciencia y experiencia. Sus consejos y sugerencias han sido fundamentales en cada etapa de este proyecto. No solo me brindó conocimientos académicos, sino que también me impulsó a alcanzar mis metas y a superar los desafíos que surgieron en el camino.

Agradezco a mi familia por su apoyo inquebrantable a lo largo de mi carrera académica. Sus palabras de aliento, comprensión y amor incondicional me han dado la fuerza para continuar cuando las cosas se volvían difíciles.

También quiero extender mi gratitud a mis amigos y compañeros de clase que han compartido sus conocimientos, recursos y tiempo conmigo. Sus discusiones y debates enriquecieron mi perspectiva y me ayudaron a mejorar mi trabajo.

Agradezco al Ing. Julio Quispe por brindarme acceso a recursos clave y por sus valiosas contribuciones en el desarrollo de mi investigación.

No puedo pasar por alto la importancia de los participantes de mi estudio, cuya colaboración fue esencial para llevar a cabo mi investigación de manera efectiva.

Finalmente, elevo mi agradecimiento especial a mis jefes Ing. Norberto Florez e Ing. Eduardo Lopez de la empresa Ingeniería de control especializado EIRL, que me brindaron su apoyo en los tiempos y materiales necesarios para la simulación del proyecto.

Este logro es tanto suyo como mío, y espero que este trabajo contribuya de manera positiva al campo de la ingeniería electrónica y a la sociedad en general.

Gracias nuevamente por su apoyo y confianza en mí.

Atentamente,

Jeffrey Javier Ramírez Gramber

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo, **Ramírez Gramber Jeffrey Javier**, investigador principal, y el **Ing. Ramírez Castro Manuel Javier**, asesor de mi trabajo de investigación denominado **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN PARA EL MONITOREO Y CONTROL DEL GRUPO ELECTRÓGENO CAT DE FERREYROS S.A. EN LA CIUDAD DE LIMA”**, declaro bajo juramento que este trabajo no ha sido plagiado ni contiene datos falsos. En caso se demostrará lo contrario, asumo responsablemente la anulación de este informe, y, por ende, el proceso administrativo necesario, que puede conducir a la anulación del título o grado emitido como consecuencia de este informe.

Lima, 29 de Setiembre del 2023

AUTOR:



BACH. JEFFREY JAVIER RAMÍREZ GRAMBER

ASESOR:



ING. MANUEL JAVIER RAMÍREZ CASTRO

DEDICATORIA

Consagro este trabajo a las personas que han iluminado mi camino con su amor y apoyo inquebrantable.

A mis queridos padres, Manuel Javier Ramírez Gramber y Ida Luz Gramber Sánchez de Ramírez, cuyo amor y sacrificio han sido mi mayor inspiración. Gracias por siempre estar ahí, por ser mis pilares y por guiarme con amor y sabiduría en cada paso de mi vida.

A mi querido hermano, Kevin Andrés Ramírez Gramber, cuya compañía y amistad han enriquecido mi vida de manera inigualable. Tu apoyo constante ha sido un regalo invaluable.

Y a las personas especiales que se preocuparon por mí, quien ha traído alegría y significado a mi vida de una manera única. Sus nombres son un símbolo de nuestra conexión especial y de los momentos compartidos que atesoro profundamente.

Esta obra es un tributo a la importancia de la familia y a las personas especiales que han dejado huella en mi corazón. A cada uno de ustedes, les agradezco desde lo más profundo de mi ser.

Con cariño,

Jeffrey Javier Ramírez Gramber

ÍNDICE GENERAL

1. RESUMEN.....	1
2. INTRODUCCIÓN.....	3
3. CAPÍTULO I: ASPECTOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	4
3.1. Información General.....	4
3.1.1. Título.....	4
3.1.2. Personal Investigador.....	4
3.1.2.1. Autor.....	4
3.1.2.2. Asesor.....	4
3.1.3. Línea de Investigación.....	4
3.1.4. Lugar de Ejecución.....	4
3.1.5. Duración estimada del Proyecto.....	4
3.1.5.1. Fecha de Inicio.....	4
3.1.5.2. Fecha de Término.....	4
3.2. Planeamiento de la Investigación.....	4
3.2.1. Síntesis de la situación problemática.....	4
3.2.2. Formulación del Problema de la Investigación.....	5
3.2.3. Hipótesis del Problema.....	5
3.2.4. Objetivos.....	5
3.2.4.1. Objetivo General.....	5
3.2.4.2. Objetivos Específicos.....	5
3.3. Diseño Teórico.....	6
3.3.1. Antecedentes.....	6
3.3.1.1. Nacional.....	6
3.3.1.2. Internacional.....	7
3.3.2. Definición y Operacionalización de variables.....	8
3.3.3. Diseño Metodológico.....	9
3.3.3.1. Diseño de Contrastación de Hipótesis.....	9
3.3.3.2. Población.....	10
3.3.3.3. Muestra.....	10
3.3.3.4. Técnicas, instrumentos, equipos, y materiales.....	10
4. CAPÍTULO II: FUNDAMENTO TEÓRICO.....	11
4.1. Empresa Ferreyros S.A.....	11
4.2. Sistemas de Generación Eléctrica.....	12

4.2.1. Centrales de Generación Eléctrica	12
4.2.1.1. Clasificación de las Centrales Eléctricas	12
4.2.2. Grupos Electr6genos.....	12
4.2.2.1. Conformaci6n del grupo electr6geno	13
4.2.2.2. Funcionamiento de Grupos Electr6genos	13
4.2.3. Controladores.....	14
4.2.3.1. EasyGen 3000.....	14
4.2.3.1.1. Características Generales.....	15
4.3. Arquitectura de Comunicaciones Industriales	15
4.3.1. Topologías	16
4.3.2. Medios de transmisi6n de Datos	16
4.3.3. Proceso de envío de informaci6n.....	16
4.3.4. Modos de Transmisi6n.....	17
4.3.4.1. Full Duplex:.....	17
4.3.4.2. Half Duplex:.....	17
4.3.4.3. Simplex.....	17
4.3.5. Protocolos Industriales.....	18
4.3.5.1. Ethernet IP.....	19
4.3.5.2. Modbus TCP/IP.....	19
4.4. Sistemas de Control y Automatizaci6n Industrial.....	20
4.4.1. Control Centralizado y Control Distribuido	20
4.4.1.1. Control Centralizado	20
4.4.1.2. Control Distribuido	20
4.4.2. Control Híbrido.....	21
4.4.3. Instrumentaci6n Industrial	22
4.4.4. PLC	22
4.4.5. HMI.....	23
4.4.6. SCADA.....	23
5. CAPÍTULO III: DISEÑO DE SISTEMA DE CONTROL	24
5.1. Levantamiento de Informaci6n	24
5.2. Lista de Materiales	25
5.3. Diseño de Arquitectura de Red de Control Industrial.....	30
5.4. Diseño de Planos de Tablero de Control y Fuerza	30
5.5. Diseño y Simulaci6n de Programaci6n del PLC	31
5.6. Diseño de Parametrizaci6n de Controlador Woodward EasyGen 3200XT	34

5.7. Montaje de Tableros.....	34
5.7.1. Ensamble de Tablero de Control.....	35
5.7.2. Conexionado de gabinete de automatización.....	36
5.7.3. Ensamble de Tablero de Fuerza.....	37
5.7.4. Conexionado de Tablero de Fuerza	38
5.8. Pruebas de Comisionamiento	39
5.8.1. Comisionamiento de EMCP y EasyGen Woodward	39
5.8.2. Comisionamiento de PLC	40
5.9. Pruebas de Funcionamiento	41
6. CAPÍTULO IV: RESULTADOS.....	42
7. CAPÍTULO Vi: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	47
Conclusiones:	47
Recomendaciones:	47
8. CAPÍTULO VII: BIBLIOGRAFÍA.....	48
ANEXO 01: Presupuesto	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Diseño de Contrastación de Hipótesis. Fuente: Autor	9
Figura 2. Empresa Ferreyros SA. Fuente: (Ferreyros S.A., 2019)	11
Figura 3. Clasificación de las Centrales Eléctricas. Fuente: (Ramírez, 2015)	12
Figura 4. Partes de un Grupo Electrógeno. Fuente: (Rojas, 2018).....	13
Figura 5. Funcionamiento de Grupos Electrógenos. Fuente: (Rojas, 2018).....	14
Figura 6. EasyGen 3000 WoodWard. Fuente: (WoodWard)	15
Figura 7. Elementos del proceso de envío de datos. Fuente: (Vásquez, Elio Alberto Orozco, 2006).....	16
Figura 10. Transmisión FULLDUPLEX. Fuente: (Vásquez, Elio Alberto Orozco, 2006). 17	
Figura 9. Transmisión HALFDUPLEX. Fuente: (Vásquez, Elio Alberto Orozco, 2006) ..	17
Figura 8. Transmisión SIMPLEX. Fuente: (Vásquez, Elio Alberto Orozco, 2006).....	18
Figura 11. Imagen Protocolos Industriales. Fuente: (Logicbus, 2019)	18
Figura 12. Sistema de Control Centralizado. Fuente: (Nuria Oliva Alonso, 2013)	20
Figura 13. Sistema de control distribuido con tres nodos. Fuente: (Nuria Oliva Alonso, 2013).....	21
Figura 14. Instalación Industrial con Control Centralizado. Fuente: (José María Hurtado Torres)	22
Figura 15 Levantamiento de información de tablero de control	24
Figura 16 Controlador Woodward 3200XT	25
Figura 17 PLC Micro850 ALLEN-BRADLEY	26
Figura 18 HMI PanelView 4"	26
Figura 19 Módulo de 16 entradas digitales para PLC Micro850 2085-IQ16.....	27
Figura 20 Módulo de 04 entradas analógicas tipo RTD para PLC Micro850 2085-IRT4 ..	27
Figura 21 Switch ethernet de 4 puertos	27
Figura 22 Software de programación CCW	28
Figura 23 Software de comisionamiento de protocolo Modbus TCP/IP	28
Figura 24 Software de configuración Toolkit Woodward.....	28
Figura 25 Adaptador DB9 a USB.....	28
Figura 26 Cable USB tipo B a tipo A.....	29
Figura 27 Patchcord STP RJ45.....	29
Figura 28 Cable extensor USB	29
Figura 29 Arquitectura de comunicación propuesta.....	30
Figura 30 Planos de control de generador. Ver planos completos en anexo N°01.....	31
Figura 31 Árbol de proyecto de programación de PLC	31
Figura 32 Diseño, desarrollo y pruebas en maqueta.....	32
Figura 33 Arquitectura de maqueta de simulación.....	33
Figura 34 Programación de controlador EasyGen 3200 XT	34
Figura 35 Ensamble y acabados del gabinete de automatización.....	35
Figura 36 Montaje de equipamiento controladores en gabinete de automatización.....	35
Figura 37 Conexión del gabinete de automatización.....	36
Figura 38 Montaje de interruptor principal GCB	37
Figura 39 Conexión de interruptor principal GCB	38
Figura 40 Verificación de señales entre el EasyGen y EMCP	39
Figura 41 Revisión de entradas y salidas físicas mediante el PLC	41

Figura 42 Tablero de control de grupo electrógeno finalizado (vista interior y exterior) ...	43
Figura 43 Controlador EMCP monitoreando las 1800 RPM del motor.....	44
Figura 44 Controlador EasyGen monitoreando el voltaje de generación (480 Vac, 60Hertz)	44
Figura 45 HMI desplegando el control de temperatura que controla el PLC.....	45
Figura 46 Unifilar de generador en HMI.....	45
Figura 47 Banco de pruebas de carga resistiva.....	46

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tabla de Operacionalización de Variables. Fuente: Autor.....	8
Tabla 2. Características de Ethernet IP. Fuente: (Nuria Oliva Alonso, 2013)	19
Tabla 3 Presupuesto de equipos	49
Tabla 4 Presupuesto de maqueta de simulación	49
Tabla 5 Presupuesto de instalación y puesta en marcha.....	50
Tabla 6 Presupuesto total del proyecto.....	50

1. RESUMEN

Las interrupciones del fluido eléctrico representan un problema para las industrias, pues afectan directamente a la producción. Es por ello que la mayoría de éstas ya ha adoptado la idea de usar grupos electrógenos para abastecer de energía en casos de emergencia o cuando no se tenga acceso al sistema interconectado nacional. Sin embargo, existe una deficiencia en el control y monitoreo de dichos grupos electrógenos. Los paneles de operación no brindan la flexibilidad adecuada para operar la máquina ni tampoco muestran y guardan las variables, alarmas y eventos ocurridos durante la operación para su posterior análisis.

La presente tesis tiene como objetivo el diseño e implementación de un sistema de automatización para monitorear y controlar el grupo electrógeno CAT de Ferreyros S.A. en la ciudad de Lima, Perú.

En primer lugar, se realizó un levantamiento de información del grupo electrógeno, constatando los planos eléctricos con los equipos e instrumentos en campo. Luego se procedió a diseñar la nueva arquitectura de comunicaciones considerando añadir nuevos equipos que brinden al sistema las funciones de control y monitoreo requeridas (PLC, HMI, controlador de generación y sincronismo).

El sistema está formado por un PLC Micro850, una pantalla HMI PanelView800 de 4 pulgadas y un controlador de generación Easy Gen 3200XT. Estos equipos se comunican por los protocolos Modbus TCP/IP y Ethernet IP. Desde la pantalla HMI se ingresarán parámetros de generación, se visualizarán (en tiempo real e históricamente) variables eléctricas y se comandará el arranque y parada del grupo electrógeno. El PLC se encargará de leer la interacción en la pantalla HMI. El PLC comandará al controlador de generación y sincronismo, mediante la comunicación Modbus TCP/IP y mediante señales discretas. Además, el PLC también controlará la temperatura del grupo electrógeno mediante la lectura de la señal de temperatura del refrigerante y el accionamiento de dos ventiladores tanto en baja como en alta velocidad.

El sistema será capaz de trabajar en dos modos de operación: aislado y en paralelo. En los dos modos el grupo podrá trabajar en vacío (sin cerrar su interruptor) y en línea (interruptor cerrado). Además, estando en línea podrá asumir carga o trabajar sin carga.

Finalmente, en la pantalla HMI se habilitará un servicio VNC que permitirá el control y monitoreo de forma remota.

Palabras clave: Grupo electrógeno, PLC, HMI, automatización, generación eléctrica.

ABSTRACT

Power interruptions pose a problem for industries, as they directly impact production. That's why most of them have embraced the idea of using generators to supply energy in emergency cases or when access to the national grid is unavailable. However, there's a deficiency in the control and monitoring of these generators. The control panels don't provide adequate flexibility to operate the machinery, nor do they display and store the variables, alarms, and events that occur during operation for subsequent analysis.

The objective of this thesis project is to study the feasibility of designing and implementing an automation system to monitor and control the CAT generator of Ferreyros S.A. in Lima, Peru.

Firstly, an information survey of the generator was conducted, verifying the electrical blueprints with the on-site equipment and instruments. Subsequently, a new communication architecture was designed, considering the addition of new equipment to provide the required control and monitoring functions (PLC, HMI, generation and synchronization controller).

The system consists of a Micro850 PLC, a 4-inch PanelView800 HMI display, and an EasyGen 3200XT generation controller. These devices communicate through Modbus TCP/IP and Ethernet/IP protocols. Parameters for generation will be entered via the HMI display, where electrical variables will be displayed (both in real-time and historically), and control of generator start and stop will be executed. The PLC will oversee interactions on the HMI display and command the generation and synchronization controller through Modbus TCP/IP communication and discrete signals. Furthermore, the PLC will also manage the generator's temperature by reading the coolant temperature signal and controlling two fans, both at low and high speeds.

The system will be capable of operating in two modes: isolated and parallel. In both modes, the generator can operate in idle (without closing its switch) and in-line (closed switch). Moreover, while in-line, it can assume load or operate without load.

Finally, a VNC service will be enabled on the HMI display, allowing for remote control and monitoring.

Keywords: Generator, PLC, HMI, automation, power generation.

2. INTRODUCCIÓN

La presente tesis tuvo como objetivo diseñar e implementar un sistema para automatizar el monitoreo y control del grupo electrógeno para la generación del fluido eléctrico para la compañía Ferreyros S.A.

En el Capítulo I: ASPECTOS DE LA INVESTIGACIÓN, se muestra la situación problemática que aflige a la empresa en cuanto al sistema de generación del fluido eléctrico, la escasa interoperabilidad entre los operadores y panel de mando actual del grupo electrógeno.

En el Capítulo II: MARCO TEÓRICO, se hace una reseña los procedimientos para la generación de energía eléctrica en la compañía Ferreyros S.A, los fundamentos teóricos necesarios para comprender cómo operan los sistemas de control y la relevancia de la automatización y la instrumentación en la industria.

En el Capítulo III: DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL, se efectúa una visión panorámica del procedimiento de producción de energía con el objetivo de presentar una alternativa realista. Después, se expone la estrategia de gestión, la elección de aparatos, la confección de esquemas eléctricos y de instrumentación, la concepción de la interfaz visual y el planteamiento de las directrices operativas del sistema.

En el Capítulo IV: RESULTADOS, se exhibe la simulación ejecutada para verificar la correcta operatividad del sistema de gestión mediante el uso de programas informáticos tales como Connected Component Workbench y Modbus Poll con la ayuda de máquinas virtuales. Luego de ello se muestra evidencia de la implementación del prototipo (pruebas y funcionamiento) usando los softwares Woodward Toolkit, Crimson y Connected Component Workbench como herramientas de diagnóstico en tiempo real. De esta manera, se pudo comprobar que el control del grupo electrógeno es prolijo en todas las variables eléctricas usadas y que cuenta con una eficiente interoperabilidad con los operadores.

En el Capítulo V: CONCLUSIONES, se exponen las conclusiones derivadas al finalizar este estudio de investigación.

3. CAPÍTULO I: ASPECTOS DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Información General

3.1.1. Título

Diseño e implementación de un Sistema de Automatización para el Monitoreo y Control del Grupo Electrónico CAT de Ferreyros S.A. en la ciudad de Lima.

3.1.2. Personal Investigador

3.1.2.1. Autor

Bach. Jeffrey Javier Ramírez Gramber.

3.1.2.2. Asesor

Ing. Manuel Javier Ramírez Castro.

3.1.3. Línea de Investigación

Este estudio se encuentra dirigido hacia el campo de la Automatización Industrial.

3.1.4. Lugar de Ejecución

Compañía Ferreyros S.A. Cercado de Lima, región Lima.

3.1.5. Duración estimada del Proyecto

La investigación tuvo una duración de 14 meses aproximadamente.

3.1.5.1. Fecha de Inicio

El proyecto de investigación se puso en marcha en mayo de 2022.

3.1.5.2. Fecha de Término

El proyecto de investigación se completó en agosto de 2023.

3.2. Planeamiento de la Investigación

3.2.1. Síntesis de la situación problemática

Hoy en día, la electricidad se encuentra entre las fuentes de energía más ampliamente utilizadas en la fabricación de productos y prestación de servicios. Esto se debe a su capacidad de transportar y transformar otras formas de energía, como la mecánica, la térmica y la lumínica, que son cruciales en los procesos industriales. La posibilidad de realizar estas transformaciones energéticas en el lugar y momento adecuados subraya

la importancia de mantener un suministro constante de electricidad y reducir al mínimo las interrupciones en su entrega. En este contexto, ha surgido el concepto de generación distribuida, que contrasta con el enfoque de generación centralizada. En la generación distribuida, el objetivo es proporcionar electricidad utilizando generadores de baja y mediana potencia ubicados en proximidad a los lugares de consumo.

La empresa Ferreyros SA cuenta con un grupo electrógeno CAT el cual solo es operable mediante un botón de arranque y uno de parada, además dispone de visualización de parámetros básicos del generador como temperaturas y presión de aceite. Dicha situación no provee al operador de la versatilidad necesaria para operar dicho grupo electrógeno de manera eficiente y con la capacidad de programar mantenimientos preventivos.

3.2.2. Formulación del Problema de la Investigación

¿De qué manera el diseño e implementación de un sistema de automatización para el monitoreo y control del grupo electrógeno de Ferreyros S.A. en la ciudad de Lima, Perú permitirá una mayor interacción con los operadores?

3.2.3. Hipótesis del Problema

Si se diseña e implementa un sistema de automatización se puede monitorear y controlar el grupo electrógeno CAT de Ferreyros S.A. en la ciudad de Lima, Perú.

3.2.4. Objetivos

3.2.4.1. Objetivo General

Estudiar la factibilidad del diseño e implementación de un sistema de automatización para monitorear y controlar el grupo electrógeno CAT de Ferreyros S.A. en la ciudad de Lima, Perú.

3.2.4.2. Objetivos Específicos

- 1) Estudiar la situación actual y la demanda de sistemas de automatización.
- 2) Dimensionar el sistema de automatización.
- 3) Simular el programa del PLC, HMI, y dispositivos Modbus en softwares especializados.
- 4) Seleccionar los equipos y dispositivos a utilizar.
- 5) Realizar un presupuesto del sistema.

3.3. Diseño Teórico

3.3.1. Antecedentes

3.3.1.1. Nacional

Título: “Diseño, construcción, instalación y puesta en marcha de un sistema de control automatizado para un grupo electrógeno de 6.5 KVA de Mobhi Grufos”.

Universidad: Facultad de Ingeniería Mecánica, eléctrica, electrónica y sistemas, UAP, Perú.

Año de Publicación: 2014.

Tesis para optar por el título de ingeniero mecánico electricista, presentada por: Marco Antonio Ponce Sandoval, Juan Adriano Montufar Chata.

Resumen: En este proyecto de tesis se diseña, construye, instala y arranca de forma autónoma un conjunto de elementos de control para la unidad de generación de 6500 VA para el servicio de fluido eléctrico constante para determinada localidad. Se implementó el sistema automatizado para la transferencia de kilowatts en situaciones de fallos del SEIN, garantizando así un suministro constante del fluido eléctrico.

Título: “Diseño de un sistema de inyección mixta agua – combustible para un motor diésel y mejorar la eficacia del grupo electrógeno de la central térmica de reserva fría ETEN”.

Universidad: Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, UNPRG, Perú.

Año de publicación: 2020.

Tesis para optar por el título de ingeniero mecánico electricista, presentada por: Larrea Santa Cruz, Luis Felipe.

Resumen: “En este proyecto se llevó a cabo el diseño y la mejora de un Sistema de Inyección destinado a motores Diesel que forman parte de grupos electrógenos. Este sistema se enfoca en crear una mezcla eficiente de aire y combustible, a la cual se le añade agua desmineralizada mediante inyección directa. El objetivo principal es lograr una combustión eficaz y reducir al máximo las emisiones contaminantes. La singularidad de este sistema radica en su aplicabilidad a motores Diesel con inyección directa, que están actualmente en uso en sistemas de inyección de combustible. Funciona en paralelo con el sistema de inyección directa de combustible existente.

Este sistema permite inyectar agua desmineralizada en la cámara de combustión justo antes de que se alcance la máxima compresión y se inicie la implosión. El agua se evapora al consumir una cantidad de calor, lo que reduce la temperatura en la cámara de combustión. Es importante tener en cuenta que en los motores Diesel se quema una mezcla heterogénea de aire y combustible, y esta mezcla comienza a formarse en el cilindro desde el momento en que entra la primera gota de combustible. No obstante, tras la implosión y la fase inicial de combustión veloz, la constitución de la mezcla persiste simultáneamente con el proceso de combustión por un período. La celeridad a la que avanza la combustión se ve afectada por la combinación de la mezcla, y la introducción de diminutas gotas de agua mejora este procedimiento posterior a la combustión al disminuir la temperatura en la cámara. Esto genera vapor que enfría la cámara de combustión y disminuye las emisiones de gases de escape. Además, mejora la relación de compresión, lo que permite inyectar más cantidad de combustible y reduce la formación de Óxido de Nitrógeno (NOx), preparando mejor el motor para la próxima combustión”.

3.3.1.2. Internacional

Título: “Análisis de grupo electrógeno, UPS, y Sistemas de Transferencia Automática en un hospital tipo del IMSS de la red del país”.

Universidad: Facultad de Ingeniería, UNAM, México.

Tesis para optar por el título de ingeniero eléctrico – electrónico, presentada por: Gonzales Hernández, José Manuel.

Resumen: “Este proyecto de tesis se centró en examinar las ventajas y los principales esquemas de operación de un sistema de transferencia automática mediante la implementación de un sistema llamado grupo electrógeno con respaldo de UPS.

Se identificó el equipo encargado de gestionar el suministro eléctrico para garantizar un suministro de energía ininterrumpido a cargas críticas. En caso de una interrupción en el suministro de energía de la compañía eléctrica (CFE), se asegura la continuidad del suministro eléctrico a estas cargas críticas. Además, en caso de una falla, se facilita el arranque del grupo electrógeno y del sistema UPS que alimenta los sistemas de emergencia seleccionados para tales situaciones.

Se realizaron cálculos para diseñar las redes eléctricas generales, determinar los alimentadores eléctricos de los tableros de distribución en cada nivel y los tableros

subgenerales. También se llevó a cabo el cálculo y la selección de transformadores, una planta generadora de energía eléctrica y UPS.

Finalmente, se propusieron mejoras para el sistema, como la implementación de un mini control supervisor de alarmas del sistema de emergencia basado en un PLC S7 200. Esto permite verificar el estado de los interruptores en los tableros de emergencia a través de indicadores luminosos y alarmas audibles que señalan el estado de uno o más interruptores, lo que reduce el tiempo necesario para abordar fallos en estos componentes”.

3.3.2. Definición y Operacionalización de variables

En este trabajo de tesis, se identifican las siguientes variables:

- 1) Diseño y sistema de automatización para grupo electrógeno CAT.
- 2) Monitoreo y control del grupo electrógeno CAT de Ferreyros S.A.

VARIABLES	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES
INDEPENDIENTE Diseño de sistema de automatización	Un sistema de automatización consiste en la utilización de equipos lógicos programables (PLC) e HMI para manejar procesos industriales.	-Potencia Activa (W) -Frecuencia (Hz) -Factor de potencia -Voltaje (V)
DEPENDIENTE Monitoreo y control del grupo electrógeno CAT de Ferreyros S.A.	Mediante una interfaz gráfica amigable supervisar variables relevantes de sistema de automatización del grupo de electrógeno.	-Reportes -Alarmas -Eventos -Diagnósticos

Tabla 1. Tabla de Operacionalización de Variables. Fuente: Autor.

3.3.3. Diseño Metodológico

3.3.3.1. Diseño de Contrastación de Hipótesis

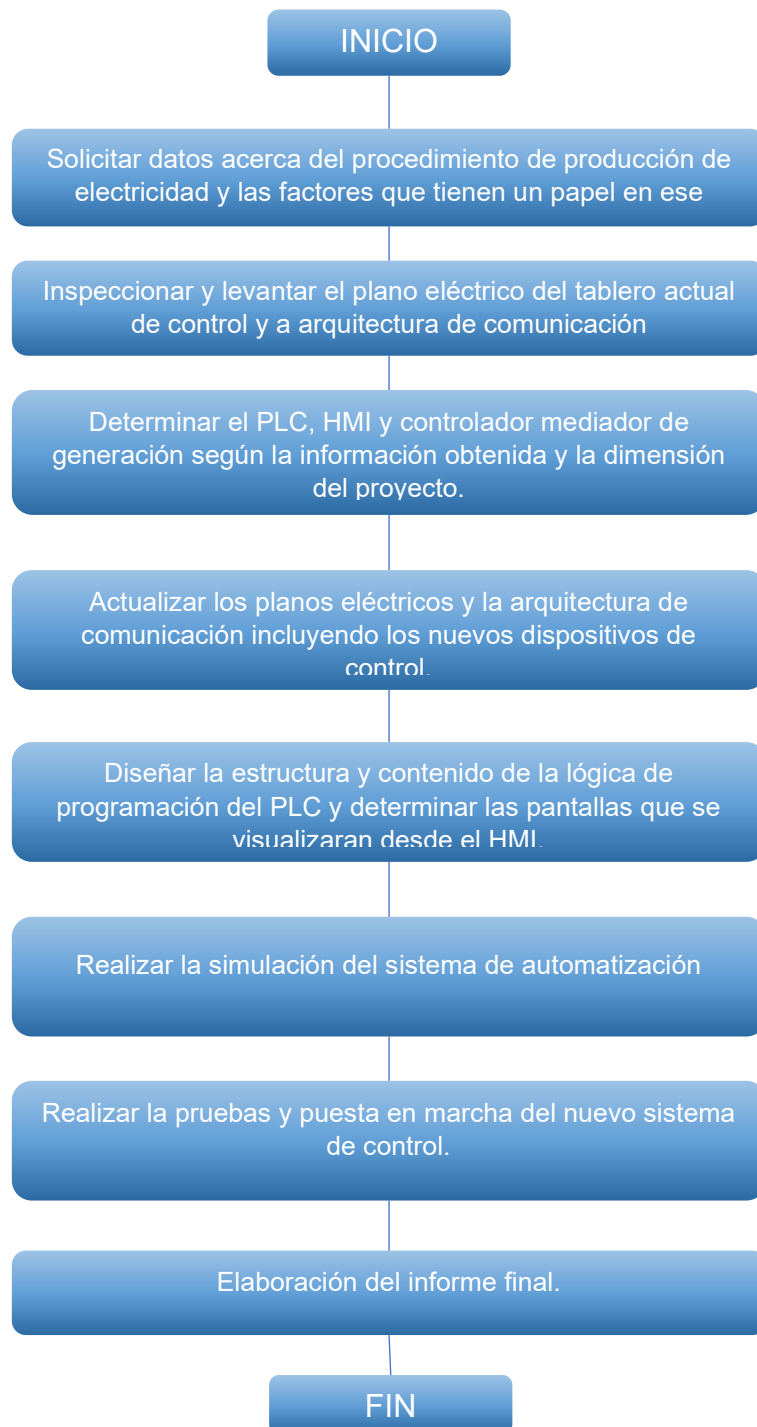


Figura 1 Diseño de Contrastación de Hipótesis. Fuente: Autor

3.3.3.2. Población

Las principales empresas de Ferreycorp son 12:

- Empresa Ferreyros S.A.
- Empresa Ferrenergy.
- Empresa Fargoline.
- Empresa Orvisa.
- Empresa Unimaq.
- Empresa Motored
- Empresa Gentrac (Guatemala / Belice).
- Empresa COGESA (El Salvador).
- Empresa Trex (Chile).
- Empresa Cresko.
- Empresa SITECH.
- Empresa Forbis.

3.3.3.3. Muestra

Empresa Ferreyros S.A.

3.3.3.4. Técnicas, instrumentos, equipos, y materiales

En esta investigación se utilizarán los siguientes recursos:

- Bibliografía sobre los procesos de generación eléctrica por grupos electrógenos, sistemas de control automatizados e instrumentación industrial.
- Software de programación de PLC: Connected Components Workbench v12.0 (Rockwell Automation).
- Software de programación de interface humano – máquina (HMI): Connected Components Workbench v12.0 (Rockwell Automation).
- Software de diseño de planos eléctricos: AutoCAD.
- Software para simular dispositivos de Modbus TCP/IP.
- Laptop de ingeniería con los softwares descritos en los puntos anteriores.
- Cable USB de programación PLC, cable ethernet directo y multitester.

4. CAPÍTULO II: FUNDAMENTO TEÓRICO

4.1. Empresa Ferreyros S.A.

La compañía Ferreyros S.A. se encuentra ubicada en el distrito de Cercado de Lima, en la provincia de Lima, dentro de la región de Lima. Su principal actividad se centra en la importación de bienes de capital, y es una filial de Ferreycorp S.A. Su enfoque principal radica en operar en el sector de maquinaria y repuestos. Su propósito es suministrar a sus clientes las respuestas que requieren, simplificando el acceso a recursos y servicios que les permitan generar valor en sus respectivos ámbitos de mercado. Aspiran a afianzar su posición de liderazgo y ser distinguidos por sus clientes como la opción más sobresaliente, con el fin de apoyarlos en la consecución de sus metas de expansión. (Ferreyros S.A., 2019).



Figura 2. Empresa Ferreyros SA. Fuente: (Ferreyros S.A., 2019)

4.2. Sistemas de Generación Eléctrica

4.2.1. Centrales de Generación Eléctrica

Estas estaciones se erigen como los núcleos de producción de fluido eléctrico en los sistemas de energía eléctrica de gran capacidad. Su clasificación dependerá de su función específica, el tipo de corriente que produzcan o la fuente principal de energía que transformen. (Ramírez, 2015)

4.2.1.1. Clasificación de las Centrales Eléctricas

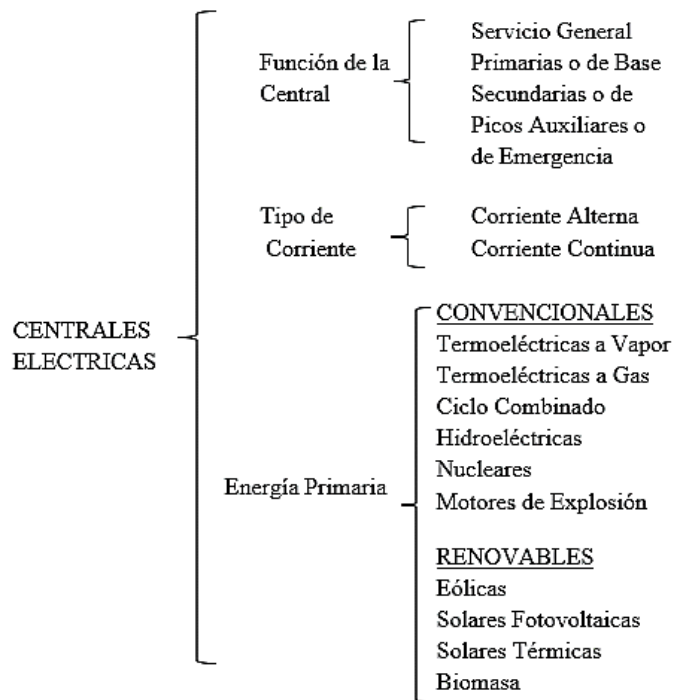


Figura 3. Clasificación de las Centrales Eléctricas. Fuente: (Ramírez, 2015)

4.2.2. Grupos Electrógenos

La definición de "grupo electrógeno" hace referencia la combinación de artefactos giratorios, que pueden ser tanto de combustión como eléctricas, que están interconectadas y realizan dos transformaciones de energía: primero el combustible es quemado provocando un movimiento mecánico y luego de dicho movimiento mecánico hace girar unas bobinas magnetizadas por electricidad, finalmente la variación del campo magnético produce un fluido eléctrico de generación. También son conocidas como "plantas de generación de fluido eléctrico".

El rasgo más destacable de los grupos electrógenos es su capacidad para operar de manera aislada al sistema eléctrico interconectado nacional. Su fundamental ventaja radica en contextos en los que existe una carencia de conexión al sistema eléctrico

interconectado nacional (SEIN), ya sea debido a fallas en esta red o a la falta de infraestructura eléctrica necesaria. (Rojas, 2018)

4.2.2.1. Conformación del grupo electrógeno

En la actualidad hay una gran variedad de grupos electrógenos disponibles en diferentes tamaños y niveles de potencia, con diversas configuraciones de componentes diseñadas para mejorar su rendimiento y facilidad de manejo. La Figura 05 muestra un ejemplo de un grupo electrógeno sin cabina, es decir, completamente abierto, con el propósito de permitir una mejor visualización de sus componentes de manera más sencilla.

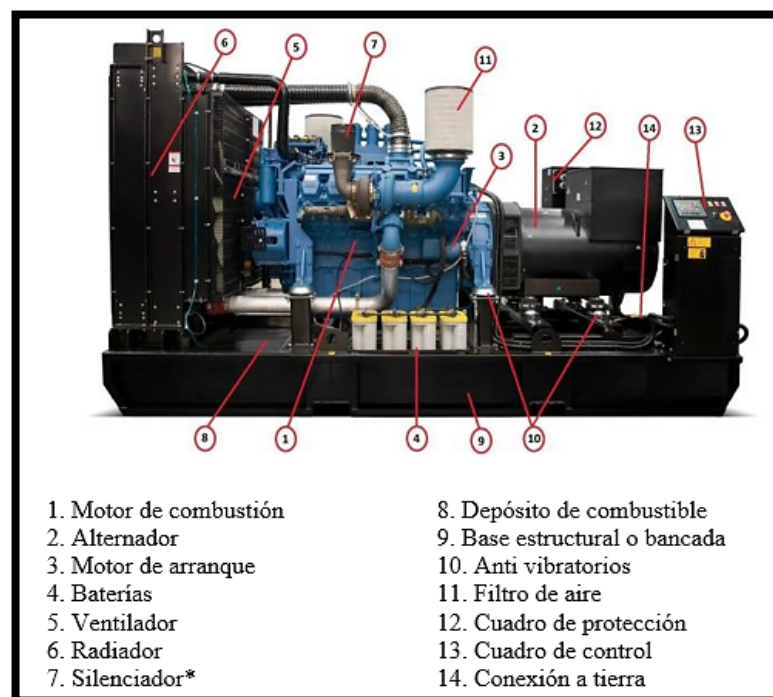


Figura 4. Partes de un Grupo Electrógeno. Fuente: (Rojas, 2018)

4.2.2.2. Funcionamiento de Grupos Electrógenos

Un grupo electrógeno consta de un motor diésel que impulsa un alternador para generar energía eléctrica. El arranque se realiza mediante un motor de corriente continua alimentado por baterías y puede ser manual o automático, dependiendo de las necesidades. Los sistemas automáticos detectan fallos en la red eléctrica y arrancan el grupo electrógeno automáticamente.

Cuando el motor arranca, el alternador convierte la energía mecánica en energía eléctrica para abastecer a los consumidores y cargar la batería. El motor diésel también produce calor como resultado de la combustión.

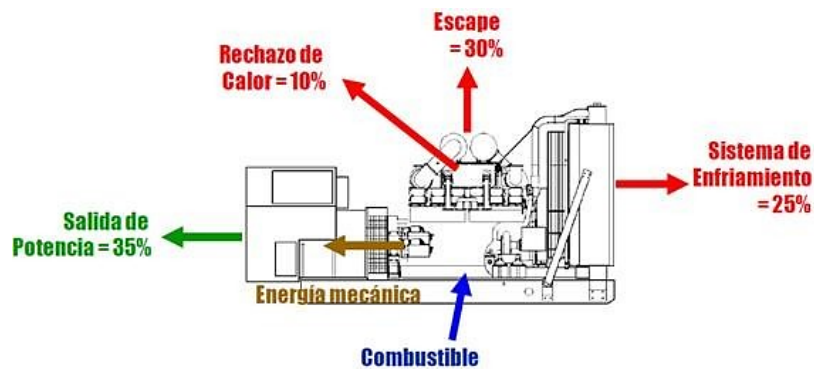


Figura 5. Funcionamiento de Grupos Electrógenos. Fuente: (Rojas, 2018)

El rendimiento del generador es aproximadamente la tercera parte de la energía producida por el combustible, luego de las fugas de energía por intercambio de temperatura, escape, transformación de la energía y enfriamiento. La potencia del grupo electrógeno se mide en kW y se entrega a la tensión y frecuencia nominal en condiciones ambientales especificadas.

4.2.3. Controladores

4.2.3.1. EasyGen 3000

El easYgen-3000 es un control para grupo electrógeno excepcionalmente versátil y con un paquete de protección con toda la flexibilidad y características necesarias para adaptarse a una amplia gama de potencias para generación de energía. Permite al usuario estandarizar en un único y control accesible para diversas aplicaciones desde un grupo generador simple de emergencia hasta operación asíncrona en paralelo de 32 grupos. Aplicaciones comunes incluyen AMF (emergencia en caso de falla de la Red) reserva, con control de picos de carga e importación/exportación. El easYgen-3000 está disponible en dos estilos de montaje, easYgen-3100 para instalación interna en panel fabricado en caja de aluminio para uso en ambientes hostiles o confinados, easYgen-3200 para instalación en puerta de panel con teclado sellado y amplio display. Ambos modelos están disponibles con opciones de paquetes P1 (I/O standard) o P2 (I/O expandidas).

Las funcionalidades del Logics Manager TM combina valores medidos, condiciones internas y estado de las I/O con operadores Booleanos y temporizadores programables, permitiendo un sistema de control complejo. (WoodWard)

4.2.3.1.1. Características Generales

- Distribución de carga hasta en 32 grupos generadores en modo de operación isla o paralelo con la red.
 - Arranque y parada dependiente de carga.
 - Controla 0, 1, o 3 interruptores, transición abierta o cerrada, sincronismo y transferencia suave de carga.
 - RP – 3000 Panel Remoto.
 - Completa protección para motor/generador con monitoreo de red.
 - Comunicación avanzada (CANOpen, J1939 y Modbus) para motores ECU's, PLC's. HMI, SCADA, y I/O externas.
 - Disponible en varios idiomas: 11 lenguas.
- (WoodWard)



Figura 6. EasyGen 3000 WoodWard. Fuente: (WoodWard)

4.3. Arquitectura de Comunicaciones Industriales

La arquitectura de comunicaciones se refiere a la forma en que se conectan entre sí los dispositivos en una instalación industrial. Existen sistemas de comunicación que ofrecen varias opciones, como la conexión punto a punto, en bus, en árbol o una combinación de estas. (Julio César Fernández Losa, 2021)

4.3.1. Topologías

Dentro del ámbito de las redes de comunicación, el concepto de topología se refiere a la disposición física en la que se enlazan los diversos componentes de una red o nodos. Las configuraciones más usuales en una red de área local incluyen la topología de bus, de árbol, de anillo y de estrella. (Nuria Oliva Alonso, 2013)

4.3.2. Medios de transmisión de Datos

La elección del medio físico está muy ligada a la topología que se elija y viceversa. Los medios de transmisión se pueden clasificar en medios guiados como cables de cobre y fibra óptica y en medios no guiados lo que permiten transmisión inalámbrica. (Nuria Oliva Alonso, 2013)

4.3.3. Proceso de envío de información

El envío de información implica la transferencia de datos de manera fiable partiendo de un inicio hasta un final, siendo este último cercano o a una considerable distancia. La fiabilidad de esta transferencia es esencial, independientemente de la aplicación. Además, puede variar desde una simple señal de encendido y apagado hasta la necesidad de transmitir una amplia gama de valores con una alta resolución. (Vásquez, Elio Alberto Orozco, 2006)

Intervienen los siguientes factores en el proceso de envío de información:

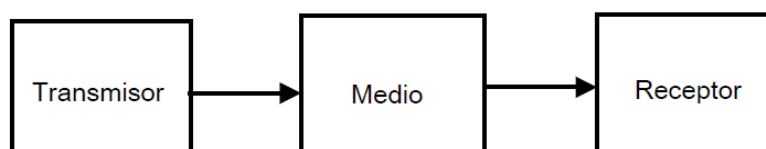


Figura 7. Elementos del proceso de envío de datos. Fuente: (Vásquez, Elio Alberto Orozco, 2006)

4.3.4. Modos de Transmisión

4.3.4.1. Full Duplex:

El presente modo utiliza dos canales aislados, una para transmitir información y la segunda para recibirlos simultáneamente. Una muestra típica de esta configuración sería el teléfono, que permite la comunicación bidireccional simultánea. (Vásquez, Elio Alberto Orozco, 2006)

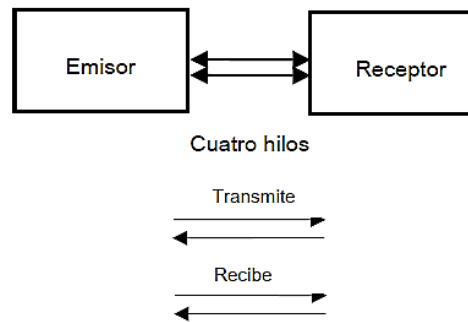


Figura 8. Transmisión FULLDUPLEX. Fuente: (Vásquez, Elio Alberto Orozco, 2006)

4.3.4.2. Half Duplex:

El presente modo utiliza un único canal, lo que implica que es imposible recibir y enviar datos simultáneamente. En su lugar, es necesario esperar a que se complete la recepción de datos antes de poder enviar información. Una muestra clásica de dicho modo de transmisión son los dispositivos "walkie-talkie". (Vásquez, Elio Alberto Orozco, 2006)

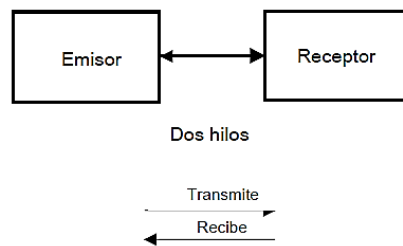


Figura 9. Transmisión HALFDUPLEX. Fuente: (Vásquez, Elio Alberto Orozco, 2006)

4.3.4.3. Simplex

En este modo el canal de comunicación admite el envío de datos en un único sentido. Muestras de esto incluyen la televisión y la radio, que solamente transmiten datos al operador no permitiendo interacción alguna de confirmación de recibido hacia el sistema. (Vásquez, Elio Alberto Orozco, 2006)

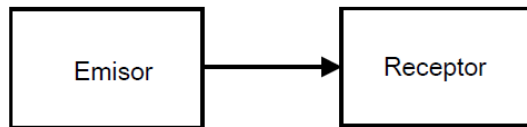


Figura 10. Transmisión SIMPLEX. Fuente: (Vásquez, Elio Alberto Orozco, 2006)

4.3.5. Protocolos Industriales

Definimos al protocolo de comunicación como un compendio de normas que facilitan el intercambio de información entre más de una entidad en un sistema de comunicación. Estas reglas permiten la transmisión de información a través de variaciones en una magnitud física.

Cuando se habla de un "protocolo de comunicación industrial", se hace referencia a un conjunto específico de reglas diseñadas para permitir la interacción y el intercambio de información entre múltiples elementos que constituyen una red industrial. Estos protocolos son fundamentales para garantizar una comunicación eficiente y confiable en entornos industriales donde se requiere un alto nivel de precisión y coordinación entre los dispositivos. (Logicbus, 2019)

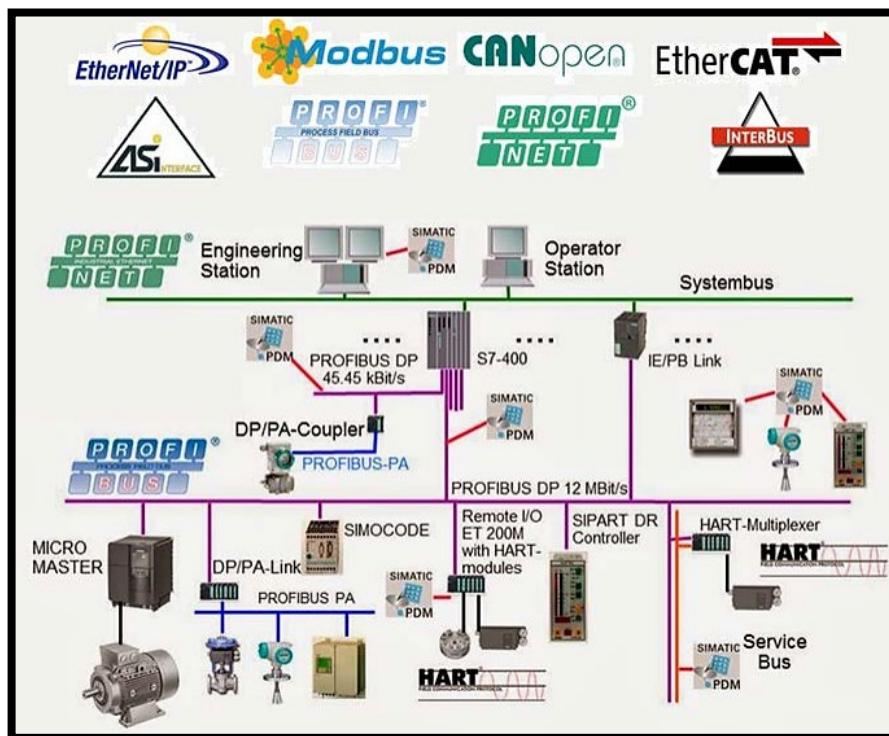


Figura 11. Imagen Protocolos Industriales. Fuente: (Logicbus, 2019)

4.3.5.1. Ethernet IP

Ethernet/IP (EIP), también conocido como Protocolo Industrial Ethernet, es un protocolo de nivel superior diseñado para su implementación en entornos de automatización industrial. Funciona en la capa de aplicación y se integra con la pila de protocolos TCP/IP, aprovechando la infraestructura y el software estándar de Ethernet para configurar y controlar dispositivos industriales. Ethernet/IP organiza los nodos Ethernet en categorías de dispositivos predefinidos, cada uno con funciones específicas. Su capa de aplicación se fundamenta en el Protocolo de Control e Información (CIP), que se utiliza en tecnologías como DeviceNet y ControlNet.

Ethernet/IP se basa en una implementación revisada del estándar CIP, que organiza los dispositivos en forma de objetos. CIP define el acceso y el comportamiento comunes, permitiendo que varios dispositivos compartan un mecanismo de acceso. Actualmente, más de 300 fabricantes respaldan el protocolo CIP con sus productos. (Nuria Oliva Alonso, 2013)

Característica	Descripción
Tipo de red	Ethernet para el control basada en el protocolo de aplicación CIP
Topología	Flexible: Estrella, Árbol, Bus. Se recomienda Ethernet conmutada
Instalación	Conectores y cableado de Ethernet apantallado 10/100 TX. Fibra óptica.
Velocidad	10/100/1000 Mbit/s
Estaciones máximas	Ilimitadas

Tabla 2. Características de Ethernet IP. Fuente: (Nuria Oliva Alonso, 2013)

4.3.5.2. Modbus TCP/IP

Este protocolo se define como una versión de su análogo serial llamado Modbus RTU que, bajo el puerto de aplicación TCP/IP 502, permite su uso en redes Ethernet. Es de naturaleza sencilla, económica y de código libre. Se emplea para mandar información bidireccionalmente entre dispositivos, supervisarlos y administrarlos, incluyendo la administración de entradas/salidas remotas.

La unión de Ethernet como una infraestructura de red transformable y flexible, el estándar universal de conexión TCP/IP, y el protocolo independiente de fabricante, Modbus, da origen a una red abierta y accesible para compartir datos de proceso. Modbus/TCP encapsula un marco Modbus dentro de un segmento TCP, aprovechando la confiabilidad del servicio orientado a la conexión de TCP.

Esta metodología de consulta y respuesta se ajusta bien a la naturaleza maestro-esclavo de Modbus y saca partido del determinismo que ofrecen las redes Ethernet conmutadas en la industria. En resumen, la utilización del protocolo Modbus sobre TCP ofrece una solución eficaz para administrar nodos que van desde unos pocos hasta miles en una red industrial. (Vásquez, Elio Alberto Orozco, 2006)

4.4. Sistemas de Control y Automatización Industrial

4.4.1. Control Centralizado y Control Distribuido

4.4.1.1. Control Centralizado

Dentro de este sistema de control concentrado, se encuentra un solo controlador que recopila todos los instrumentos de entrada para su muestreo, procesa estas señales aplicando las lógicas de control necesarios y genera los accionamientos de salida de control. La sincronización de estas tres funciones en el sistema de control centralizado se logra mediante el uso del reloj local del sistema. (Nuria Oliva Alonso, 2013)

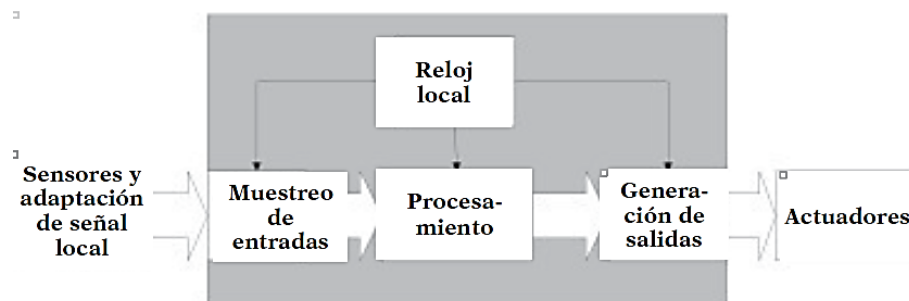


Figura 12. Sistema de Control Centralizado. Fuente: (Nuria Oliva Alonso, 2013)

4.4.1.2. Control Distribuido

Un sistema de control distribuido implica la interconexión de múltiples nodos físicamente dispersos a través de una red de comunicación. Estos nodos están equipados con capacidad de procesamiento y están conectados a instrumentos de entrada y/o elementos de salida de control. Dichos sistemas se distinguen por llevar a cabo el proceso de automatización de manera coordinada en estos puntos distribuidos.



Figura 13. Sistema de control distribuido con tres nodos. Fuente: (Nuria Oliva Alonso, 2013)

Los sistemas distribuidos se adoptaron inicialmente para simplificar y normalizar el cableado, reduciendo costos. Además, ofrecen mayor inmunidad al ruido, permiten distancias más largas entre nodos y distribuyen la inteligencia en los nodos, simplificando el control. También mejoran la seguridad al permitir islas de automatización autónomas y facilitan la expansión sin complicaciones. La funcionalidad del sistema completo se puede verificar examinando el funcionamiento de sus partes individuales. (Nuria Oliva Alonso, 2013)

4.4.2. Control Híbrido

El concepto de control híbrido es relativamente ambiguo, ya que se encuentra en un punto intermedio entre el control distribuido y el control centralizado en la gestión de una planta. En muchas ocasiones, separar completamente los procesos y controlarlos de forma autónoma no resulta práctico, lo que lleva a la necesidad de gestionar múltiples procesos desde una unidad de control central. Esto se debe a que la complejidad de la separación de procesos supera la complejidad de administrarlos de manera conjunta.

Además, esta estrategia de control híbrido implica una estructura de gestión organizada, donde existen elementos de control de nivel superior que supervisan y coordinan los procesos autónomos más simples. Estos elementos son responsables de gestionar la información compartida entre los procesos. El uso de redes de comunicación también es esencial en este tipo de enfoque de gestión. (José María Hurtado Torres)

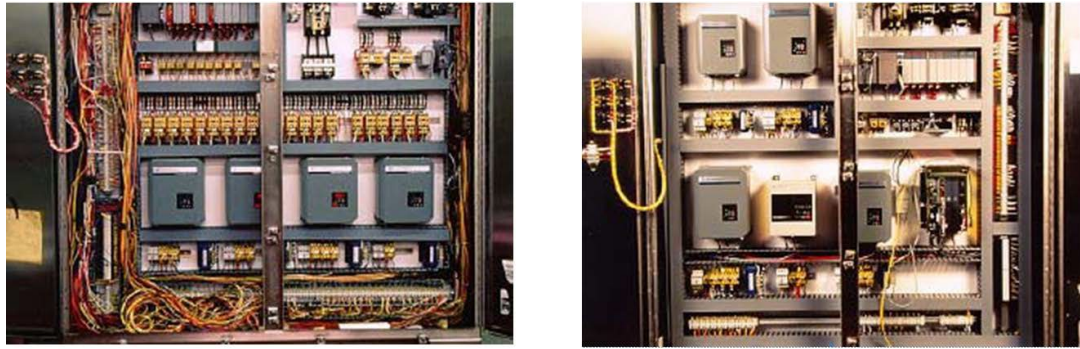


Figura 14. Instalación Industrial con Control Centralizado. Fuente: (José María Hurtado Torres)

4.4.3. Instrumentación Industrial

En los sistemas industriales automatizados, es esencial supervisar y determinar fijas ciertas variables críticas como las que se miden en pascales, litros por segundo, metros, grados celcius, humedad, siemens, metros por segundo, pH, entre otras. Los equipos de adquisición de magnitudes y control desempeñan un papel fundamental al permitir el ajuste y gestion de dichas señales, garantizando situaciones mejores de las que un operador humano podría lograr por sí solo. (Solé, 2010)

4.4.4. PLC

Los Controladores Lógicos Programables (PLCs) desempeñan un papel fundamental en la industria moderna. Estos dispositivos electrónicos programables están diseñados para automatizar y controlar una amplia gama de procesos industriales. Los PLCs son conocidos por su fiabilidad, flexibilidad y capacidad para funcionar en entornos industriales adversos. A través de la programación, los ingenieros y técnicos pueden configurar los PLCs para realizar tareas específicas, como el control de maquinaria, el monitoreo de sensores y la toma de decisiones en tiempo real. Esto no solo aumenta la eficiencia de la producción, sino que también mejora la seguridad en el lugar de trabajo al permitir un control preciso y consistente de las operaciones. En resumen, los PLCs son la columna vertebral de la automatización industrial, desempeñando un papel esencial en la optimización de procesos y la mejora de la productividad en una variedad de sectores industriales.

4.4.5. HMI

Las Interfaces Hombre-Máquina (HMI) son componentes críticos en la industria moderna, ya que facilitan la interacción entre los operadores humanos y los sistemas de control automatizados. Estos dispositivos permiten a los trabajadores supervisar y controlar de manera efectiva los procesos industriales al proporcionar una representación visual de los datos y parámetros clave. Los HMIs presentan información de manera clara y comprensible, lo que agiliza la adquisición de datos y comandos en vivo y en directo, y ayuda a identificar problemas o tendencias en la producción. Además, su capacidad táctil y su interfaz gráfica intuitiva hacen que sean herramientas versátiles y de fácil uso. Los HMIs no solo aumentan la eficiencia operativa, sino que también contribuyen a la seguridad y la calidad en la industria al permitir una supervisión continua y un control preciso de las máquinas y los procesos. En definitiva, los HMIs desempeñan un papel esencial en la mejora de la productividad y la competitividad en una amplia gama de aplicaciones industriales.

4.4.6. SCADA

Los Sistemas de Supervisión, Control y Adquisición de Datos (SCADA) desempeñan un papel fundamental en la industria moderna al permitir la monitorización y gestión centralizada de procesos complejos. Estos sistemas integran sensores, actuadores y controladores en una plataforma única que proporciona a los operadores y administradores una visión completa de las operaciones industriales. Los SCADA permiten supervisar parámetros críticos como temperatura, presión, flujo, nivel y muchas otras variables en tiempo real, lo que facilita la toma de decisiones informadas y la respuesta rápida a situaciones adversas. Además, los SCADA son esenciales para la eficiencia energética, la calidad del producto y la seguridad en la industria, ya que pueden detectar y mitigar problemas antes de que se conviertan en crisis. Con capacidades de control remoto y capacidad de almacenamiento de datos a largo plazo, estos sistemas son herramientas versátiles que impulsan la productividad y la competitividad en una amplia gama de sectores industriales.

5. CAPÍTULO III: DISEÑO DE SISTEMA DE CONTROL

5.1. Levantamiento de Información

Se realizó una visita a las instalaciones de Ferreyros S.A., en dicho lugar se realizó un levantamiento de información del tablero de control del grupo electrógeno existente. A su vez, se recolectó planos, diagramas, y/o lista de señales involucrados en el sistema de control. Se tomó nota de las dimensiones físicas del tablero y los números de parte de cada elemento presente en el tablero.

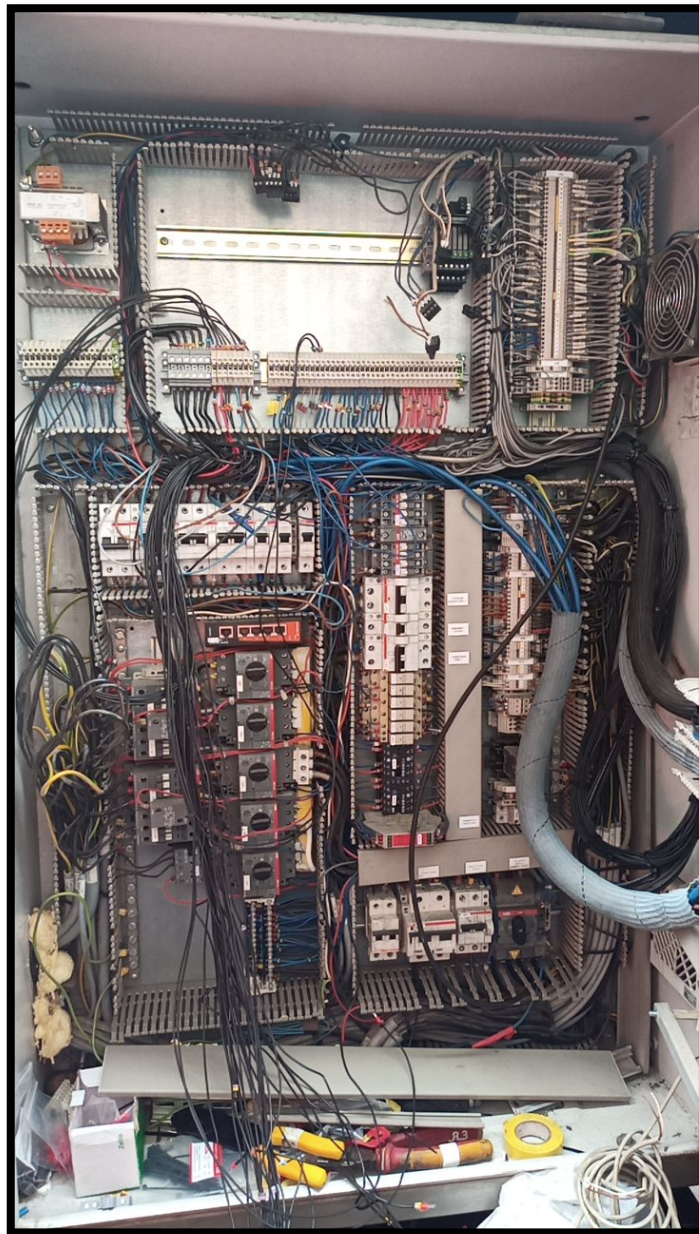


Figura 15 Levantamiento de información de tablero de control

5.2. Lista de Materiales

Contemplando la información anteriormente recopilada del grupo electrógeno es necesario añadir ciertos elementos de control para el presente proyecto:

- Controlador Woodward 3200 XT
- PLC Micro850 de ALLEN-BRADLEY 2080-LC50-24QWB.
- Módulo de 16 entradas digitales para PLC Micro850 2085-IQ16 ALLEN-BRADLEY
- Módulo de 04 entradas analógicas tipo RTD para PLC Micro850 2085-IRT4
- Panel HMI 4” ALLEN-BRADLEY 2711R-T4T
- Switch Ethernet de 04 puertos.
- Software de programación Connected Components Workbench (CCW) de Rockwell Automation v12.
- Software de prueba de protocolo Modbus Poll (Modbus TCP/IP).
- Software de configuración de controlador EasyGen: Toolkit Woodward v6.6.
- Cable de configuración DB9 macho a USB hembra tipo A.
- Cable de configuración USB macho tipo B a USB hembra tipo A.
- Cable Patchcord STP RJ45.
- Cable extensor USB tipo A (03 metros).



Figura 16 Controlador Woodward 3200XT



Figura 17 PLC Micro850 ALLEN-BRADLEY



Figura 18 HMI PanelView 4"



Figura 19 Módulo de 16 entradas digitales para PLC Micro850 2085-IQ16



Figura 20 Módulo de 04 entradas analógicas tipo RTD para PLC Micro850 2085-IRT4



Figura 21 Switch ethernet de 4 puertos



Figura 22 Software de programación CCW

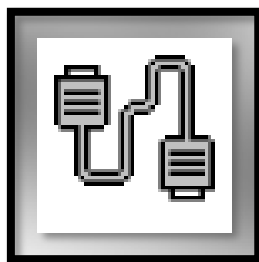


Figura 23 Software de comisionamiento de protocolo Modbus TCP/IP



Figura 24 Software de configuración Toolkit Woodward



Figura 25 Adaptador DB9 a USB



Figura 26 Cable USB tipo B a tipo A



Figura 27 Patchcord STP RJ45



Figura 28 Cable extensor USB

5.3. Diseño de Arquitectura de Red de Control Industrial

Una vez definido los elementos que intervendrán en el sistema de automatización del grupo electrógeno se propone la siguiente arquitectura de red de control industrial:

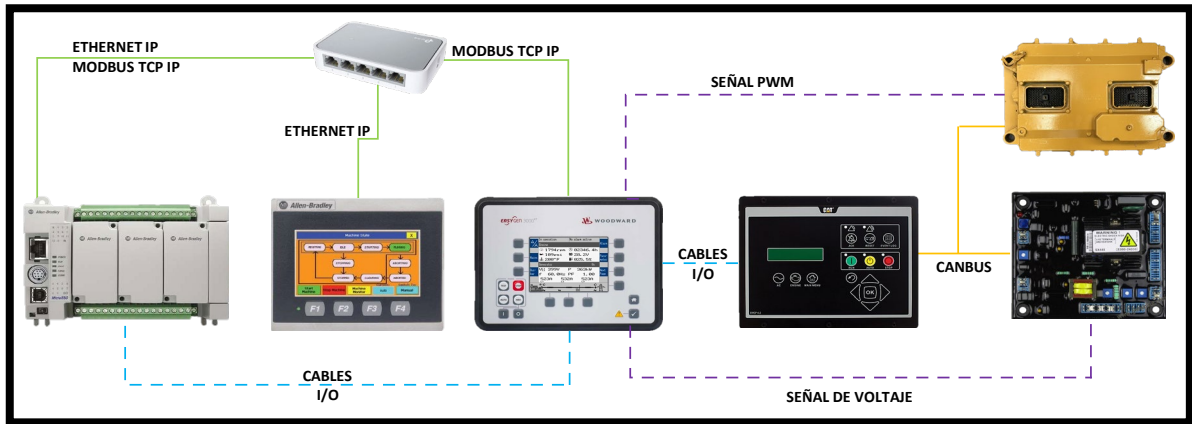


Figura 29 Arquitectura de comunicación propuesta

El PLC Micro850, el panel HMI, el controlador EasyGen 3200 XT y la estación de ingeniería estarán conectados a través de un Switch Ethernet.

El controlador EasyGen 3200 XT se comunicará con el PLC Micro850 a través del protocolo Modbus TCP/IP.

El PLC Micro850 se comunicará con el panel HMI mediante el protocolo EthernetIP de Rockwell Automation.

Al PLC Micro850 estarán conectados algunas de las señales de campo, por ejemplo: las temperaturas de los devanados del generador, y la temperatura del refrigerante. A su vez, tendrá comunicación cableada de entradas y salidas hacia el controlador EasyGen 3200 XT, por ejemplo: alarmas, eventos y fallos de la generación.

El controlador EasyGen tendrá comunicación cableada de entradas y salidas hacia el controlador básico EMCP v3.3, por ejemplo: alarmas, eventos y fallos del motor.

5.4. Diseño de Planos de Tablero de Control y Fuerza

Con la información recopilada y los elementos elegidos se procede a realizar los planos del gabinete de automatización y de fuerza describiendo el enlace eléctrico de los nuevos elementos con las señales presentes de campo.

El diseño del tablero de control consiste en diagramar la ubicación y conexión del PLC, HMI, Controlador EasyGen y EMCP en el tablero de control existente.

El diseño de tablero de fuerza consiste en diagramar la ubicación y conexión del interruptor GCB y llaves de medición trifásica. Este tablero tendrá como función la de

interconectar las variables eléctricas de generación y de carga, así como también controlar la apertura y cierre del GCB. Lo anteriormente mencionado de la mano del control principal del PLC.

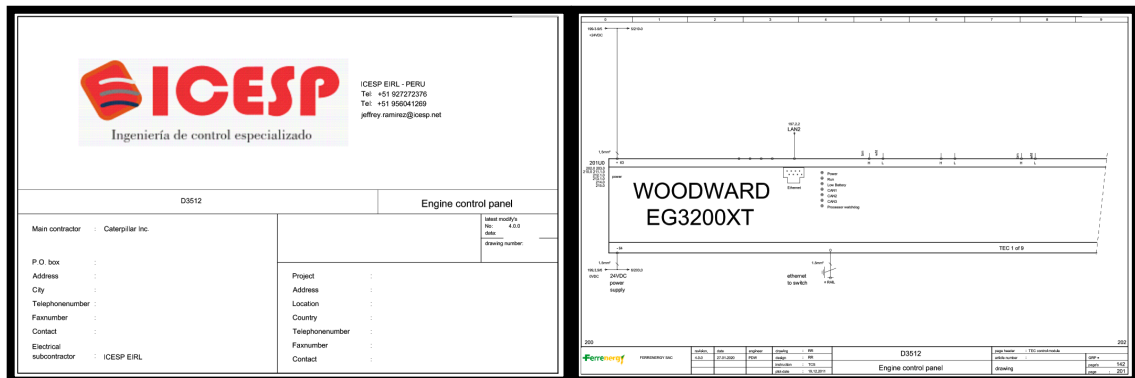


Figura 30 Planos de control de generador.

5.5. Diseño y Simulación de Programación del PLC

El programa del PLC consta de 4 partes:

- Mapeo de señales digitales de entrada, digitales de salida y analógicas de entrada. Esta sección se encarga de asignar cada señal física a una variable interna del PLC para su óptima gestión en la programación. En el caso de las señales de entradas, algunas de ellas se usan para generar alarmas o avisos de fallo.
- Comunicación modbus TCP/IP. Esta sección se encarga de gestionar a comunicación modbus tcpip entre el PLC y el controlador EasyGen 3200XT.
- Control de proceso de generación. Esta sección se encarga de controlar el arranque y parada de la unidad de generación.
- Control de temperatura de radiador.

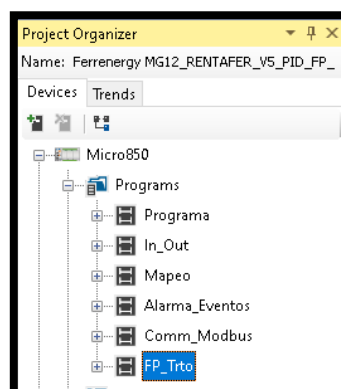


Figura 31 Árbol de proyecto de programación de PLC

Para la parte de simulación se usó una maqueta de pruebas. Esto nos permitió recrear las situaciones en las que se debería desempeñar nuestro sistema.



Figura 32 Diseño, desarrollo y pruebas en maqueta

La arquitectura de comunicaciones para la maqueta de pruebas y simulación es la siguiente:

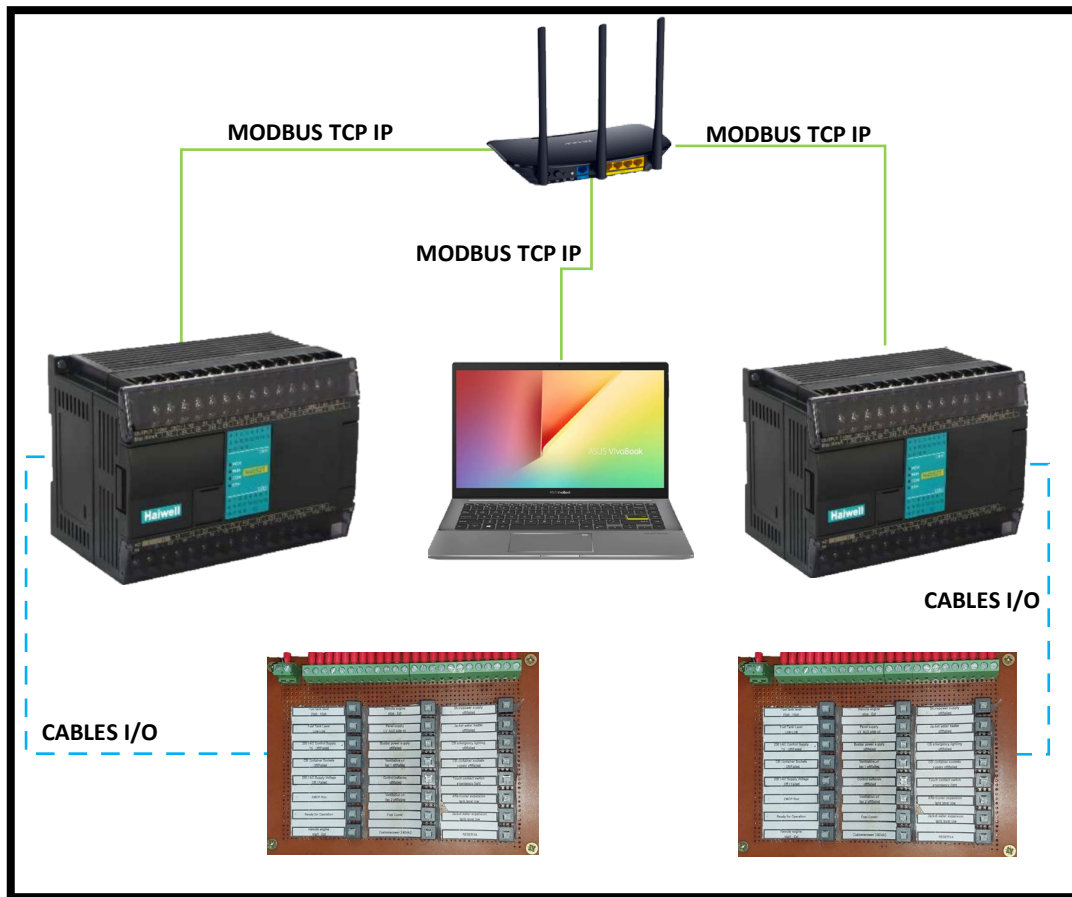


Figura 33 Arquitectura de maqueta de simulación

La maqueta consta de dos PLCs Haiwell T24S0R con sus respectivos módulos de entrada y salidas digitales y analógicas. Un PLC simula las funciones del PLC Micro850 que se utilizó en el proyecto en campo. El otro PLC Haiwell simula las funciones del controlador EasyGen3200XT. Para testear las entradas y salidas se fabricó tarjetas de pruebas de I/O. Se utilizó pulsadores para probar cada entrada digital, se utilizó leds para probar cada salida digital, se utilizó potenciómetros para probar las entradas analógicas y finalmente se utilizó voltímetros digitales para probar las salidas analógicas.

Además, con la laptop de pruebas, se simuló el software (Haiwell cloud Scada) de la pantalla HMI. Con esto se probó las alarmas, eventos y tendencias respectivas de acuerdo a la señal activada en las tarjetas de pruebas de I/O.

5.6. Diseño de Parametrización de Controlador Woodward EasyGen 3200XT

Mediante el software Toolkit de Woodward, se parametrizó el controlador Easygen 3200 XT. Se configuró las lecturas de los voltajes y corriente nominales, la escala de las salidas analógicas, las condiciones de las entradas y salidas digitales, y los setpoint de voltaje, frecuencia, factor de potencia y potencia.

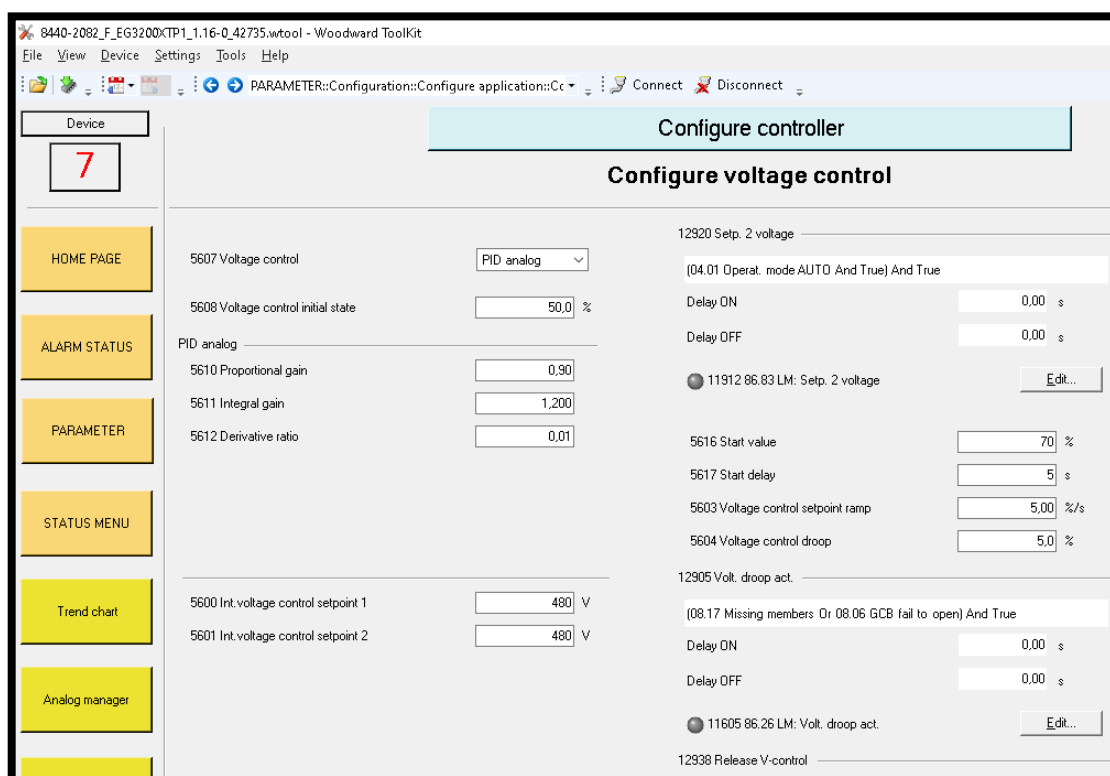


Figura 34 Programación de controlador EasyGen 3200 XT

5.7. Montaje de Tableros

Con la ayuda de personal técnico calificado de Ferreyros se supervisó el montaje del tablero de control y de fuerza. Incluyó la instalación de los elementos de control y de campo con su cableado eléctrico.

5.7.1. Ensamble de Tablero de Control

Se acondicionó el tablero de control para el montaje de los nuevos equipos de control. En la figura 35 se aprecia al técnico adaptando mecánicamente la puerta del gabinete de automatización.



Figura 35 Ensamble y acabados del gabinete de automatización

Se observa en la imagen anterior el controlador EasyGen 3200 XT, el controlador EMCP 3.3 y la pantalla HMI Panelview instalados en la puerta del gabinete de automatización.



Figura 36 Montaje de equipamiento controladores en gabinete de automatización

5.7.2. Conexión de gabinete de automatización

En la imagen 37 se aprecia el cableado realizado en el tablero de control. Se cablearon las señales de montero de las llaves termomagnéticas, las bobinas de control para el accionamiento de los ventiladores del radiador, las señales de seguridad (paradas de emergencia), señales de sensores del campo, entre otros. Desde el punto de vista de equipos de control se cablearon las señales de PLC micro850, del EasyGen 3200XT y del EMCP 3.3. Cabe resaltar que cada conexión debe contar con terminal según grosor de cable.

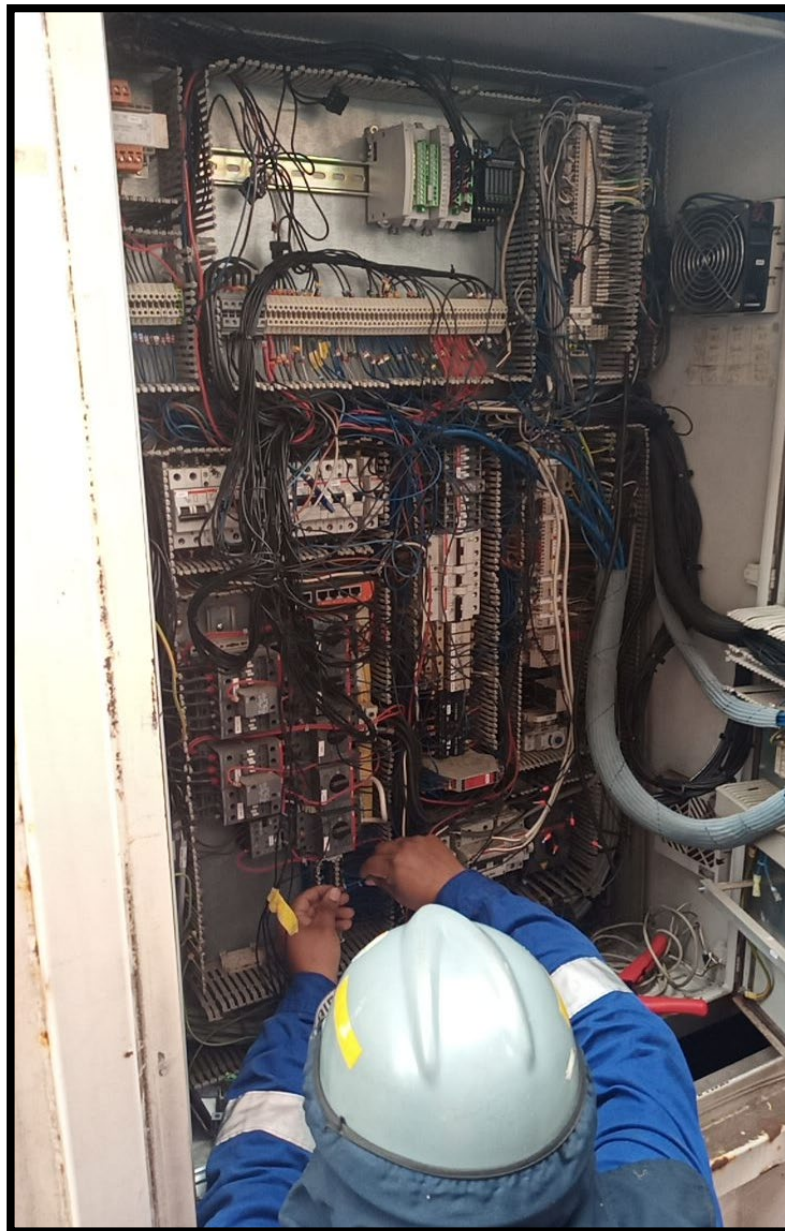


Figura 37 Conexión del gabinete de automatización

5.7.3. Ensamble de Tablero de Fuerza

En la figura 38 se aprecia el montaje de interruptor principal de generación (GCB) a las barras del busbar y las barras del generador.



Figura 38 Montaje de interruptor principal GCB

5.7.4. Conexión de Tablero de Fuerza

En la figura 39 notamos la conexión del interruptor principal de generación (GCB). Además, se observa las llaves térmicas trifásicas para la medición del voltaje de generación y voltaje del busbar.

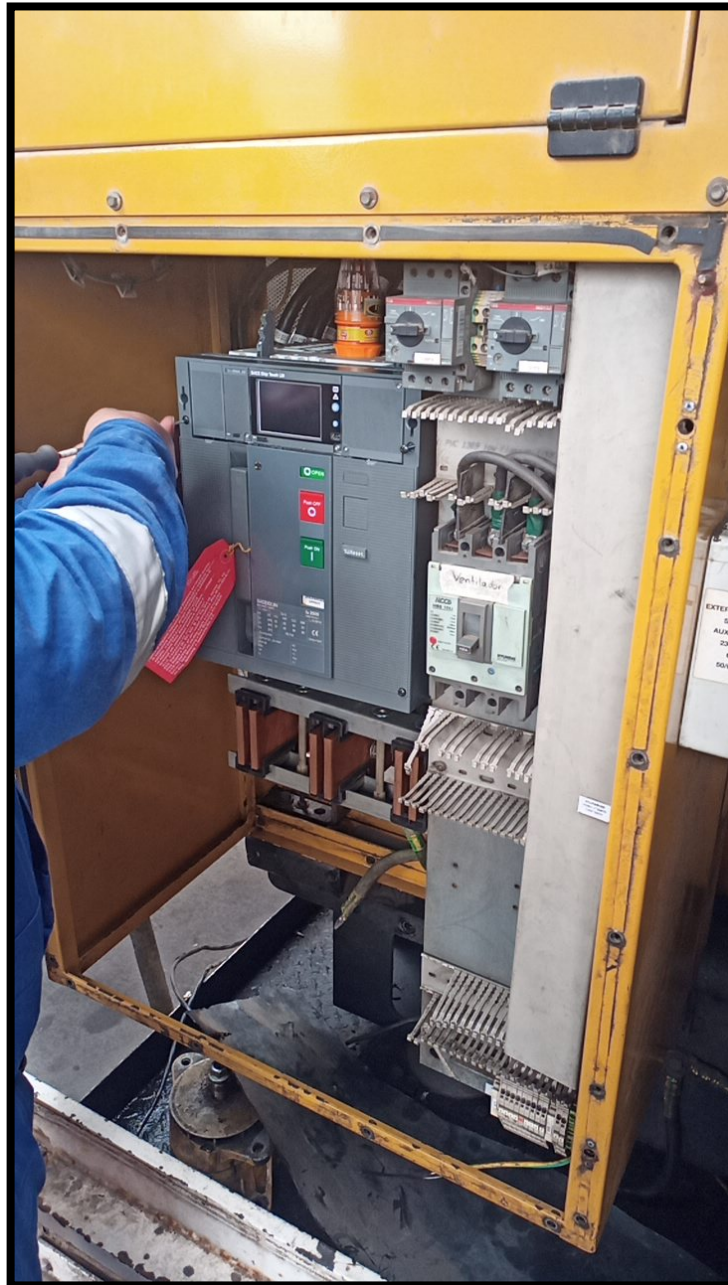


Figura 39 Conexión de interruptor principal GCB

5.8. Pruebas de Comisionamiento

Al finalizar el proceso de montaje y cableado es importante asegurar mediante una prueba de comisionamiento o de señales, que los niveles de voltaje son los adecuados para cada conexión en bornera.

5.8.1. Comisionamiento de EMCP y EasyGen Woodward

Se comprobó que las señales digitales (entradas y salidas) estén correctamente cableadas según plano eléctrico. Para caso del Easygen 3200XT es importante resaltar el correcto cableado de sus salidas analógicas, puesto estas son usadas para controlar la frecuencia y voltaje de la generación. En la figura 40 se observa a los dos controladores correctamente cableados según plano eléctrico.



Figura 40 Verificación de señales entre el EasyGen y EMCP

5.8.2. Comisionamiento de PLC

Este procedimiento consiste en testear las entradas y salidas que pertenecen al PLC Micro850. Este proceso se realiza en dos partes: comisionamiento en borneras y en campo.

Para el comisionamiento en borneras se puenteó cada señal de entrada y se observó tanto en el software como en los leds indicadores en el cuerpo del PLC que la señal se activara y desactivara. Para las señales de salida, se forzó mediante el software la activación o desactivación de dicha señal. También se visualizó en los leds indicadores en el cuerpo del PLC.

Para el comisionamiento en campo, se rastreó cada señal del PLC hasta el elemento instalado en campo. Para los sensores de entrada se activó manualmente el sensor

simulando condiciones de proceso. Para las señales de salida se forzó con el software y se verificó que el accionamiento final funcionara correctamente.



Figura 41 Revisión de entradas y salidas físicas mediante el PLC

5.9. Pruebas de Funcionamiento

Las pruebas de funcionamiento consisten en verificar la lógica por la cual cada controlador es comandado. Debido a que se ha realizado un comisionamiento de señales cualquier posible falla futura estará relacionada al funcionamiento interno de cada controlador.

El procedimiento es el siguiente:

1.- Pruebas manuales de EMCP: Se arranca la unidad de generación desde el botón verde el EMCP. Esto permite monitorear variables mecánicas del motor (ejemplo: presión,

temperaturas, etc, de aceite, refrigerante y combustible). El objetivo es lograr las 1800 RPM del motor y que el voltaje de generación sea unos 480V estables.

2.-Pruebas manuales de controlador EasyGen 3200XT: Se arranca la unidad desde el controlador EasyGen3200 XT en modo manual. Para fines de probar el cierre del interruptor principal (GCB), se hace la prueba en modo isla. En este modo el generador puede cerrar su interruptor a pesar de no haber voltaje en la red busbar.

3.- Pruebas en automático con el PLC Mircro850: Se arranca la unidad desde la pantalla HMI. Para esto el EMCP debe estar en modo automáticos, el controlador EasyGen también debe estar en modo automático. Desde la pantalla se puede visualizar el control de temperatura que se está realizando sobre el refrigerante que pasa por el radiador.

Para las pruebas en paralelo se selecciona en la pantalla HMI el modo “Base Load”.

En este modo el grupo electrógeno se sincroniza con la red antes de cerrar su interruptor.

4.- Pruebas con carga: En el modo automático con el PLC, se instala un banco de carga y se arranca la unidad. Esto nos permite visualizar que la conexión de los transformadores de corriente sea correcta. Visualizamos las variables eléctricas como la potencia activa y reactiva. También verificamos que el motor sea estable asumiendo o soltando carga.

6. CAPÍTULO IV: RESULTADOS

Se logró implementar un sistema de control mediante un PLC y HMI. Esto permitió monitorear y controlar un grupo electrógeno Caterpillar tanto en modo isla como el modo paralelo. Además, se probó el generador a plena carga (1800 KW) mediante un banco de carga resistivo.



Figura 42 Tablero de control de grupo electrógeno finalizado (vista interior y exterior)

En la figura 43 observamos el controlador EMCP 3.3 mostrando valores de presión de combustible (88psi), temperatura de refrigerante (97°F), voltaje de batería (26.8V), velocidad del motor (1796 RPM) y horas de funcionamiento (9760.1 hrs).



Figura 43 Controlador EMCP monitoreando las 1800 RPM del motor

En la figura 44 observamos al controlador Easygen 3200XT mostrando valores eléctricos tales como: voltaje entre líneas (480Vac), frecuencia (60Hz), potencia generada (-0.07MW), factor de potencia (1.00) y corrientes por fases (0.27KA).

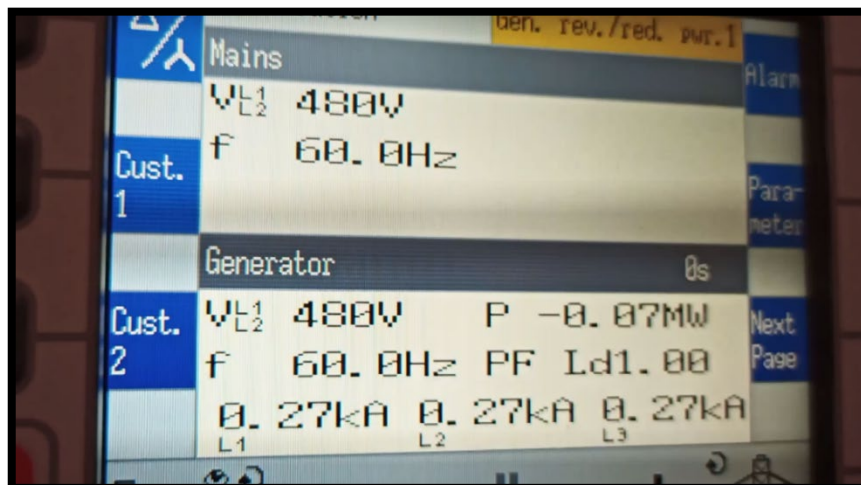


Figura 44 Controlador EasyGen monitoreando el voltaje de generación (480 Vac, 60Hertz)

En la figura 45 observamos la pantalla HMI en la sección de control de temperatura de refrigerante. En esta pantalla visualizamos el modo de trabajo de ambos ventiladores

(velocidad alta y baja), la temperatura de refrigerante (43°C) y las temperaturas de los devanados del generador. Además, podemos variar el setpoint de velocidad baja y alta.

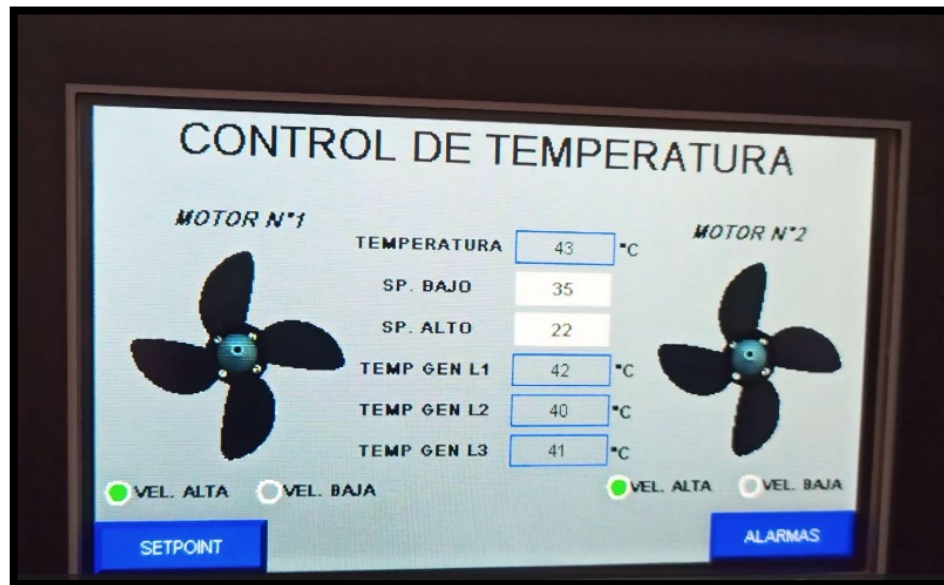


Figura 45 HMI desplegando el control de temperatura que controla el PLC

En la figura 46 observamos la pantalla HMI en la sección de control principal del grupo electrógeno. En esta pantalla visualizamos el estado del interruptor GCB (abierto/cerrado), el voltaje de generación, frecuencia, corriente, factor de potencia y potencia. Además, podemos dar comandos de arranque y parada de la unidad de generación, así como la variación de los setpoint de voltaje y potencia en carga base.

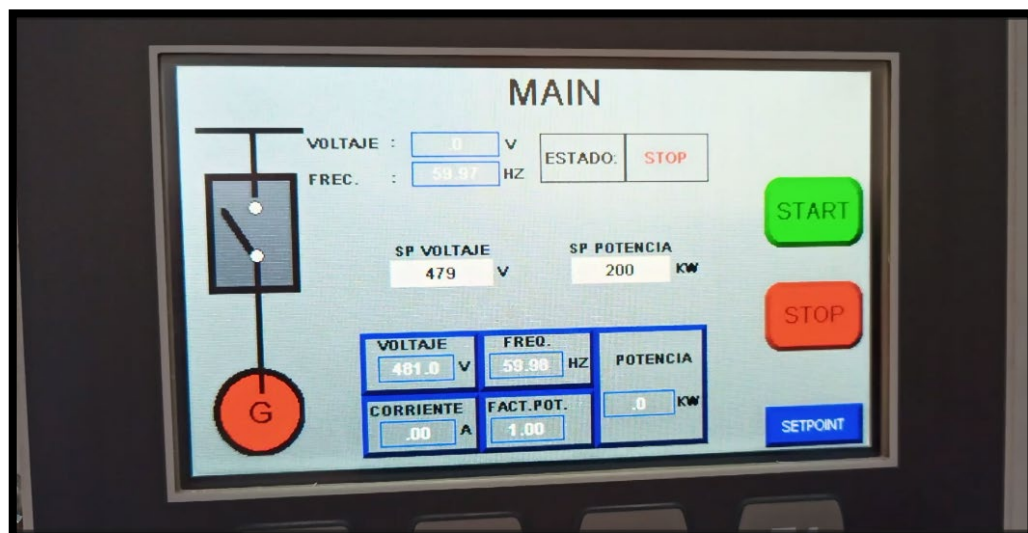


Figura 46 Unifilar de generador en HMI

En la figura 47 observamos el panel de operación del banco de pruebas resistivo. Este es un equipo que mediante el accionamiento de switches aumenta la carga resistiva. Se visualiza la potencia consumida, corriente y factor de potencia.



Figura 47 Banco de pruebas de carga resistiva

7. CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones:

1. Se logró estudiar la factibilidad del diseño e implementación de un sistema de automatización para monitorear y controlar el grupo electrógeno CAT de Ferreyros S.A. en la ciudad de Lima, Perú.
2. Se estudió la situación actual y la demanda de sistemas de automatización en los grupos electrógenos de Ferreyros, encontrando una deficiencia en la operación, monitoreo y control de dichos sistemas.
3. Se dimensionó el sistema de automatización a implementar de acuerdo a la densidad de señales digitales, analógicas y la red Ethernet de los equipos involucrados.
4. Se simuló el programa del PLC, HMI, y dispositivos Modbus en softwares especializados. Además, se realizó una maqueta para probar con equipos con funcionalidades similares a los instalados en campo.
5. Se seleccionó los equipos y dispositivos a utilizar de acuerdo a las condiciones industriales del grupo electrógeno. El principal equipo fue el PLC Micro850.
6. El sistema de automatización implementado flexibiliza la operación del grupo electrógeno. Además, permite más modos de funcionamiento según la instalación del grupo electrógeno en determinada bahía de generación.
7. Se realizó el presupuesto del proyecto costando un total de 48,154.00 soles.

Recomendaciones:

1. Se puede mejorar el proyecto usando la tecnología de la industria 4.0 (el internet de las cosas). Esto con el fin de monitorear el grupo electrógeno a distancia desde cualquier dispositivo conectado a internet.
2. Se recomienda integrar el sistema a un servidor Scada y servidor Historian.

8. CAPÍTULO VII: BIBLIOGRAFÍA

- 1.- Ferreyros S.A. (2019). Obtenido de <https://www.ferreyros.com.pe/nosotros/acerca-de-ferreyros/mision-vision-y-valores/>
- 2.- José María Hurtado Torres. (s.f.). *Introducción a las Redes de Comunicación Industrial*.
- 3.- Julio César Fernández Losa. (2021). *Instrumentación Hoy*. Obtenido de <https://instrumentacionhoy.blogspot.com/2014/12/arquitectura-de-comunicaciones-en.html>
- 4.- Logicbus. (Junio de 2019). <https://www.logicbus.com.mx/blog/protocolos-de-comunicacion-industriales/>.
- 5.- López, E. P. (2015). *Los Sistemas SCADA en la Automatización Industrial*.
- 6.- Martínez, P. A. (2002). *PROGRAMACIÓN DE PLC'S*. San Nicolás de los Garza N. L.
- 7.- MICRO. (2017). *CURSO 061*. Obtenido de www.micro.com.ar
- 8.- Nuria Oliva Alonso. (2013). *Redes de Comunicaciones Industriales*. Madrid: UNED.
- 9.- Penín, A. R. (2012). *Sistemas SCADA*. Barcelona, España : Marcombo.
- 10.- Ramírez, F. H. (2015). *Centrales de Generación y Subestaciones Eléctricas*. República Dominicana.
- 11.- Raúl Cobo. (s.f.). *El ABC de la Automatización*.
- 12.- Rojas, G. (Abril de 2018). *Grupos Electrógenos Principios Básicos* . Caracas. Obtenido de <http://www.gedisa.com.ve/boletin/pdf/20.%20GRUPO%20ELECTROGENOS%20PRINCIPIOS%20BASICOS.pdf>
- 13.- Solé, A. C. (2010). *Instrumentación Industrial*. Barcelona, España: MARCOMBO S.A.
- 14.- Vásquez, Elio Alberto Orozco. (2006). *Los Protocolos de Comunicación en el Entorno Industrial sus Fundamentos y su importancia en el Sistema de Automatización de una planta de Generación de Energía Geotérmica*. Guatemala.
- 15.- Woodward. (s.f.). *Series easYgen Información General*. Obtenido de www.woodward.com

ANEXO 01: PRESUPUESTO

COSTO DE EQUIPOS:

EQUIPOS	Q	COSTO
Cable de configuración DB9 macho a USB hembra tipo A.	1	S/ 80.00
Cable de configuración USB macho tipo B a USB hembra tipo A	1	S/ 40.00
Cable extensor USB tipo A	1	S/ 42.00
Cable Patchcord STP RJ45	1	S/ 52.00
Controlador Woodward 3200 XT	1	S/ 14,040.00
Módulo 085-IRT4	1	S/ 3,200.00
Módulo 2085-IQ16	1	S/ 660.00
Panel HMI 2711R-T4T	1	S/ 1,750.00
PLC 2080-LC50-24QWB	1	S/ 6,200.00
Switch Ethernet de 04 puertos	1	S/ 770.00
Sub total 1	10	S/ 26,834.00

Tabla 3 Presupuesto de equipos

COSTO DE MAQUETA DE SIMULACIÓN:

EQUIPOS	Q	COSTO
Fuente de 24 VDC	1	S/ 280.00
Laptop	1	S/ -
Módulo H16DI	1	S/ 450.00
Módulo H16DOR	1	S/ 450.00
Módulo S04AI	1	S/ 450.00
Módulo S04XA	1	S/ 450.00
PLC Haiwell T24S0R	2	S/ 1,490.00
Software haiwell	1	S/ -
Tablero, rieles y elementos varios	1	S/ 500.00
Sub total 2	10	S/ 4,070.00

Tabla 4 Presupuesto de maqueta de simulación

COSTO DE INSTALACIÓN Y PUESTA EN MARCHA:

SERVICIOS	Q	COSTO
Suministro de consumibles, materiales, logística, desmontaje de controlador EasyGen en y puesta en marcha de nuevo controlador	1	S/ 5,170.00
Suministro de especialista para asesoría del conexionado, programación de PLC, programación de pantalla y programación de controlador Woodward	1	S/ 12,080.00
Sub total 3	2	S/ 17,250.00

Tabla 5 Presupuesto de instalación y puesta en marcha

COSTO TOTAL DEL PROYECTO:

TOTALES	Q	COSTO
Sub total 1	1	S/ 26,834.00
Sub total 2	1	S/ 4,070.00
Sub total 3	1	S/ 17,250.00
Total general	3	S/ 48,154.00

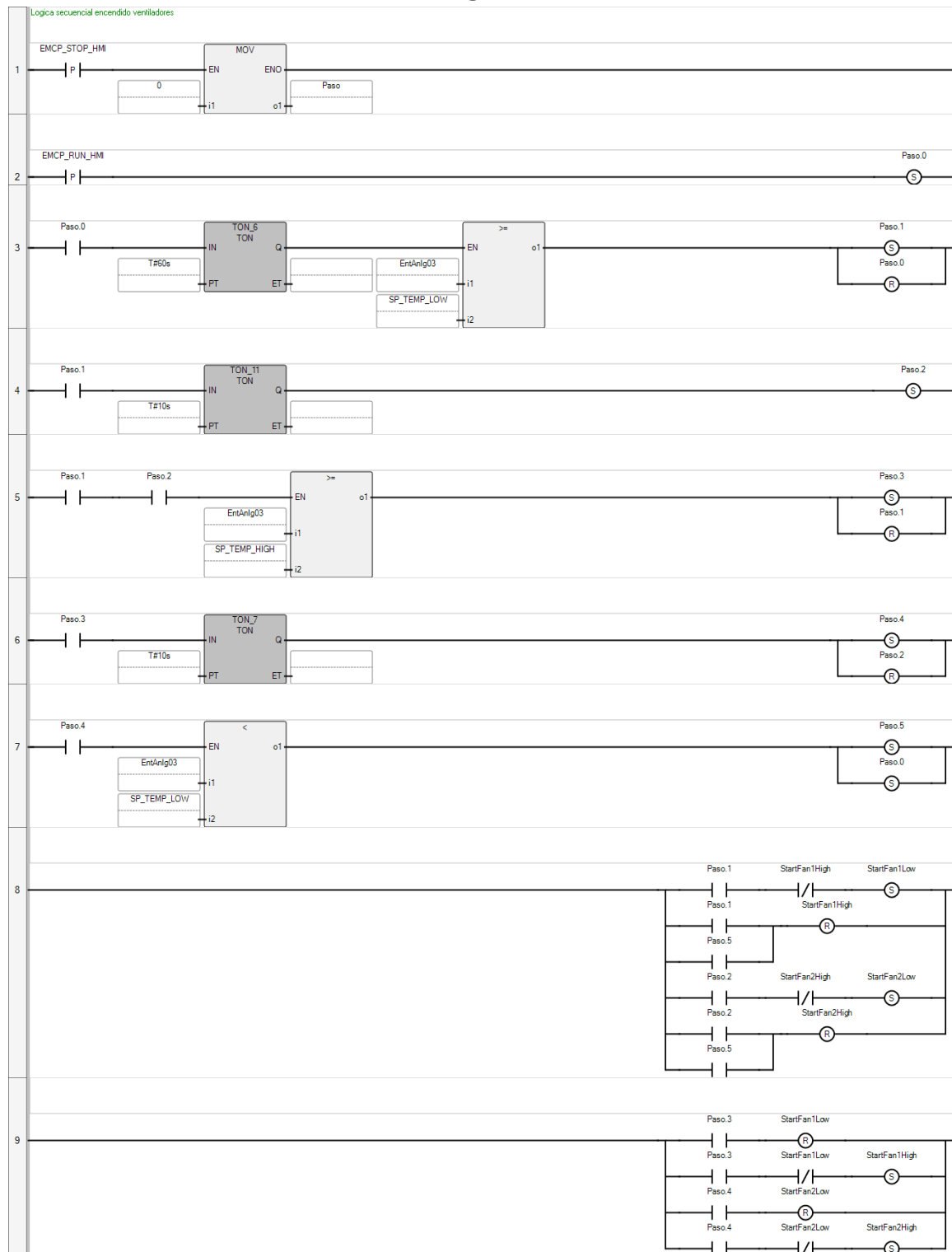
Tabla 6 Presupuesto total del proyecto

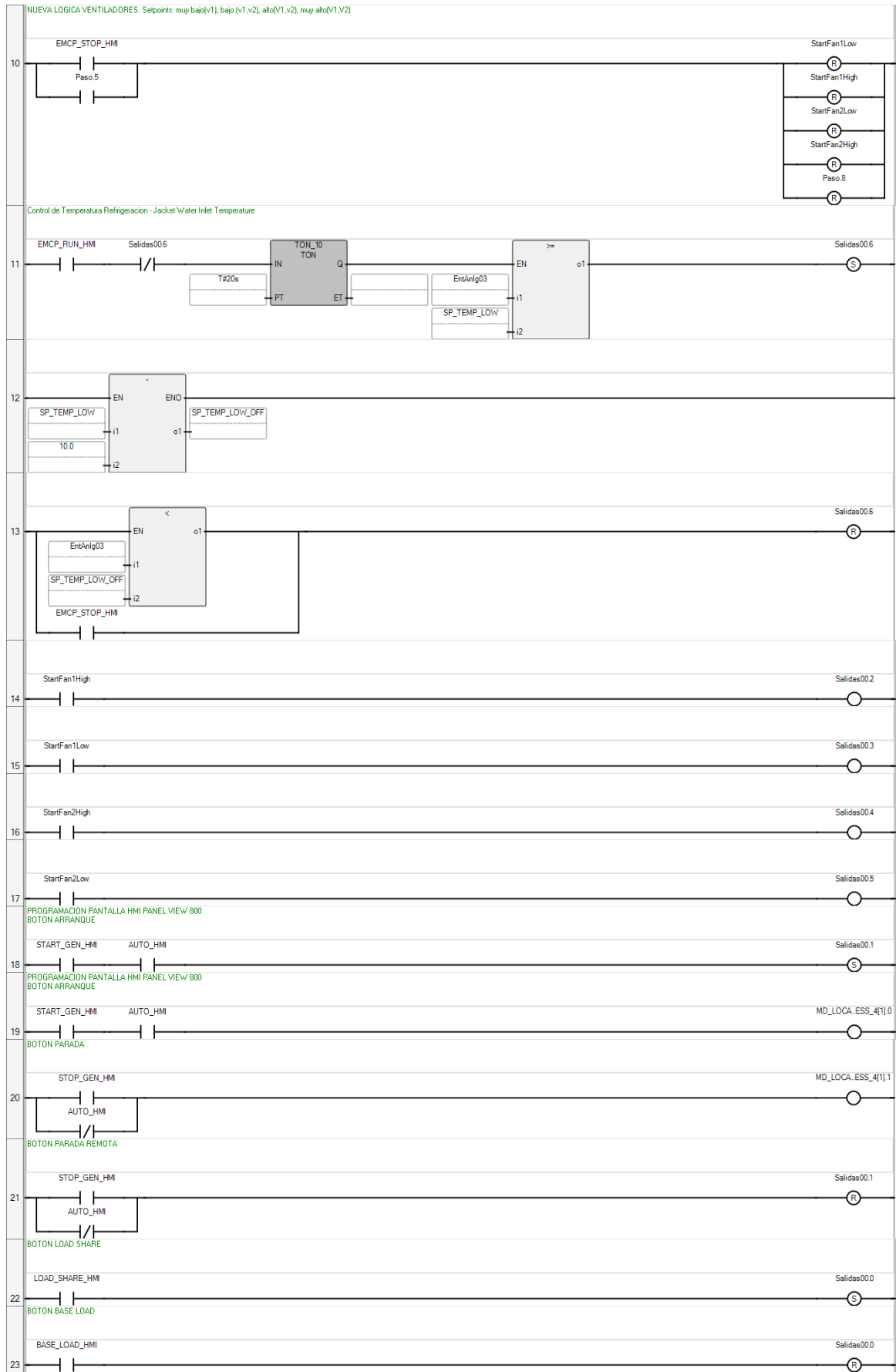
ANEXO 01: PROGRAMACION PLC MICRO850

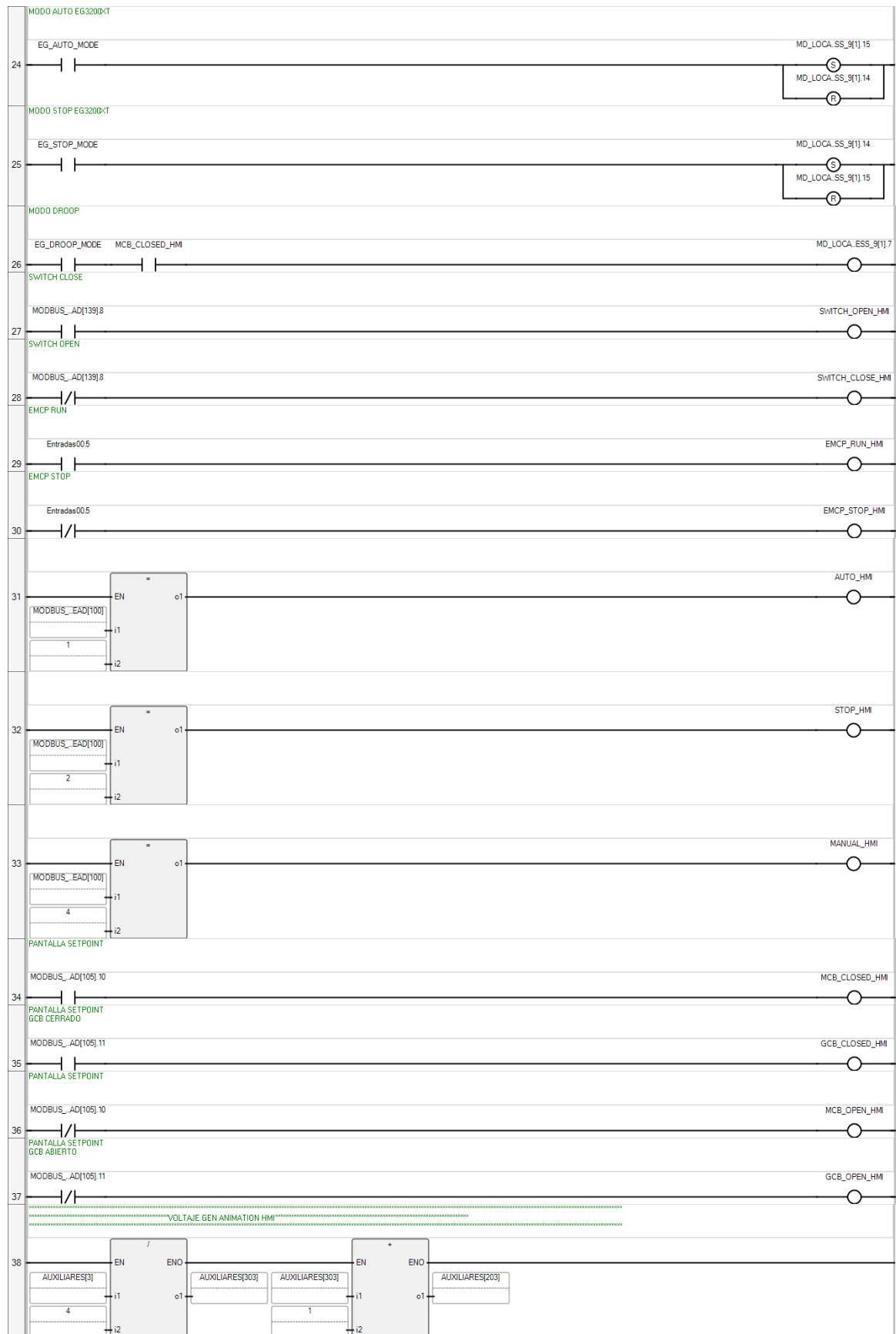
Configuration Micro850

The detailed description of the configuration goes here

Controller.Micro850.Micro850.Programa

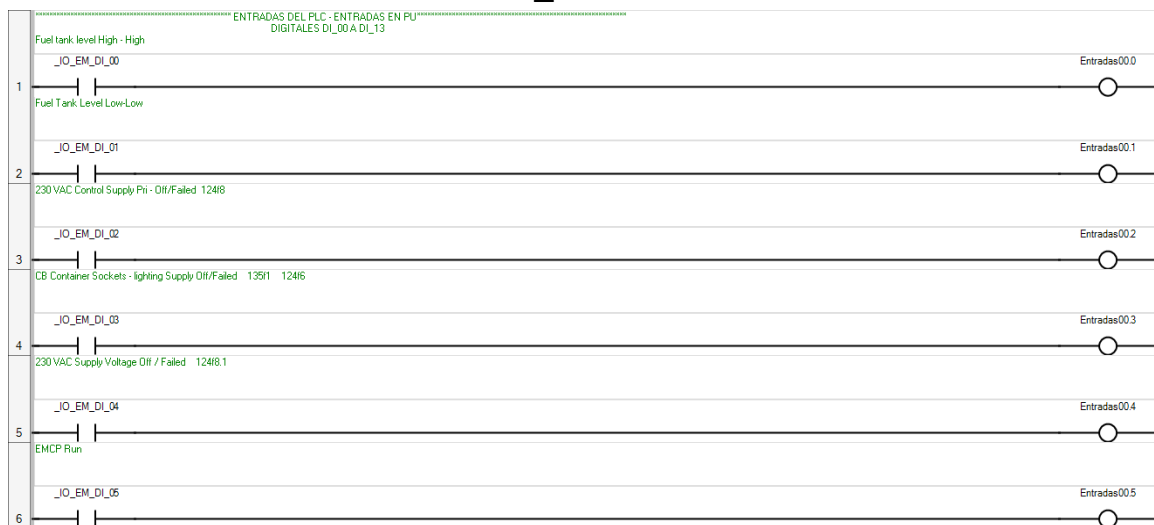




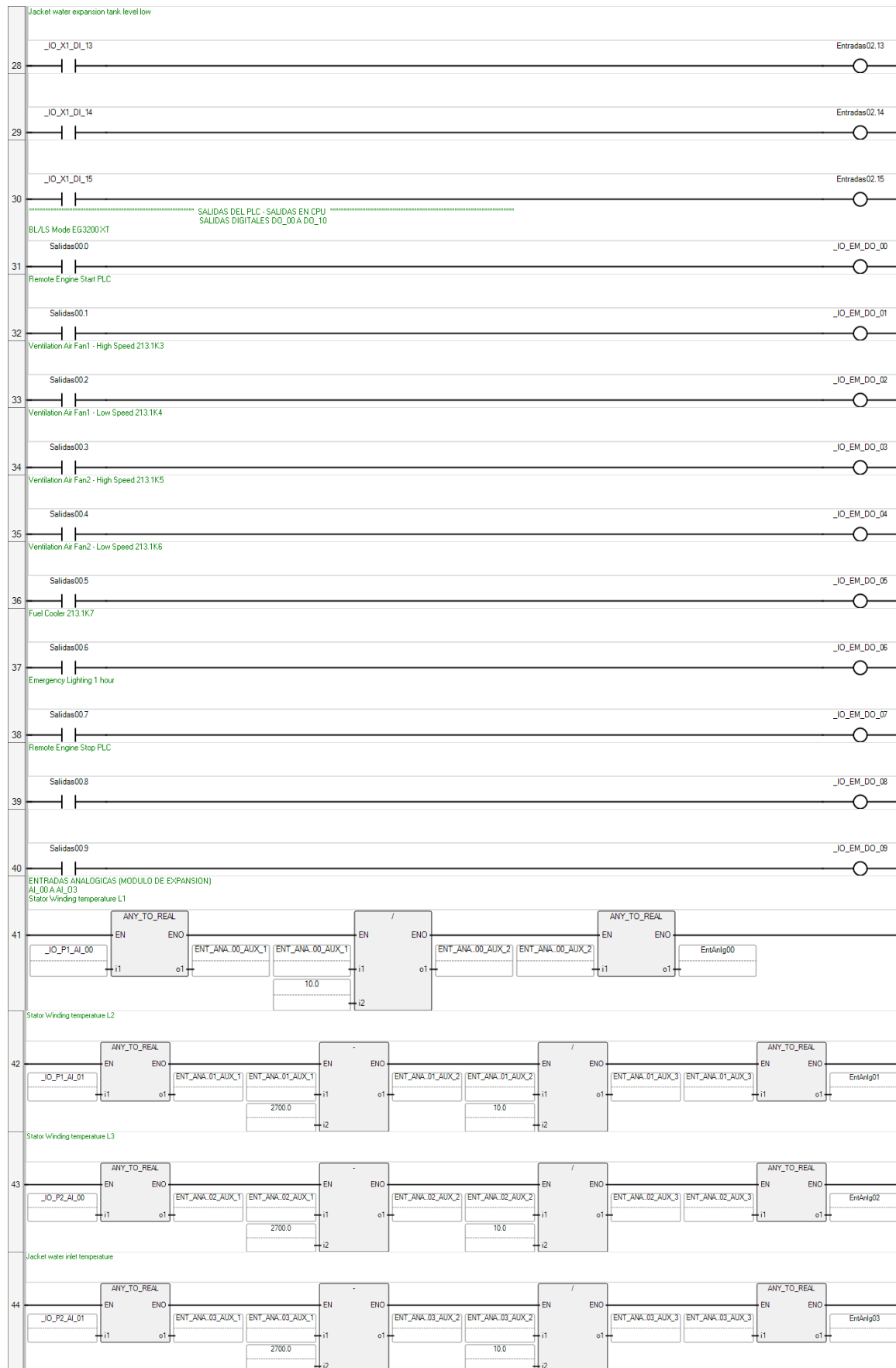




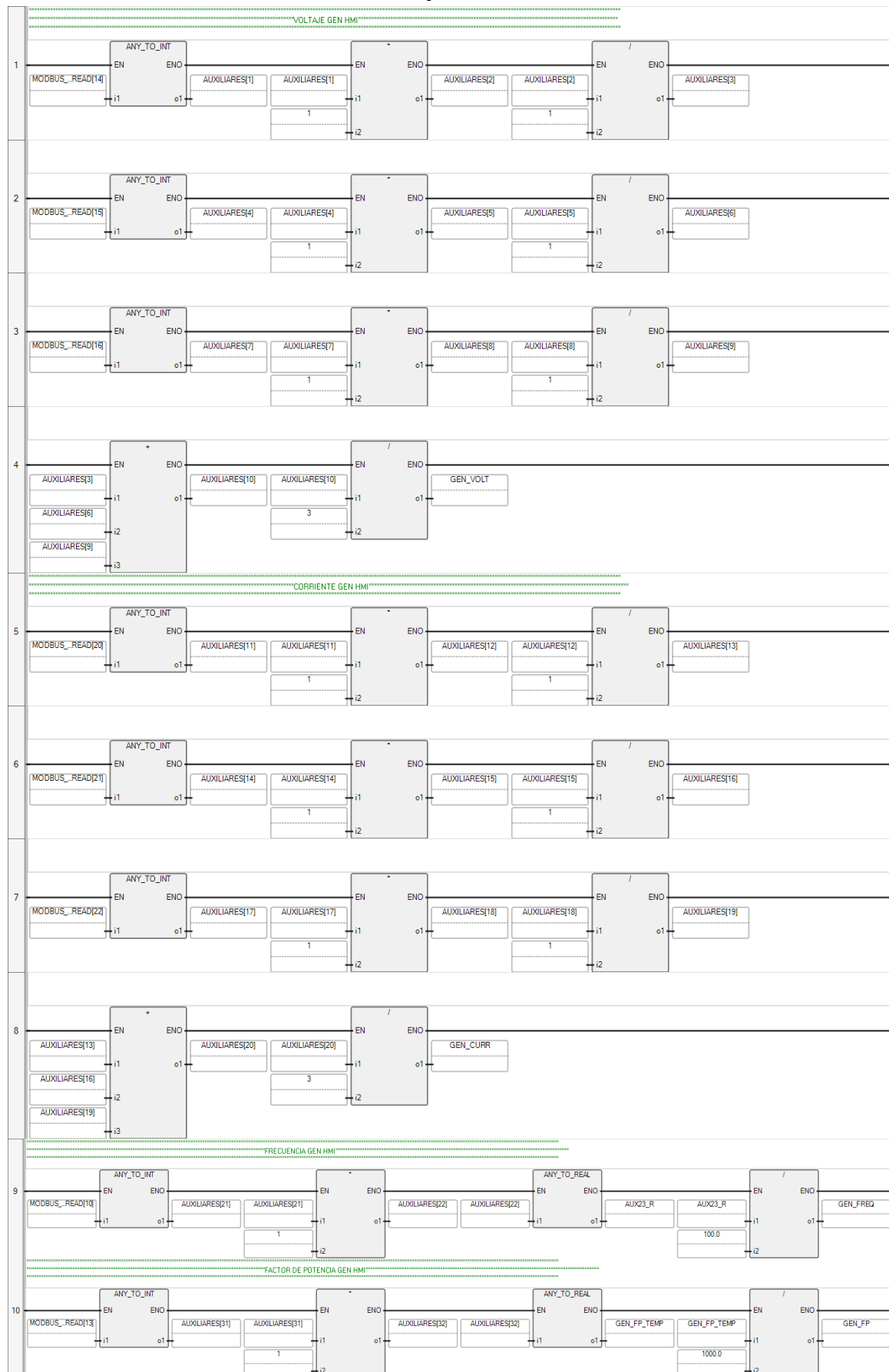
Controller.Micro850.Micro850.In_Out

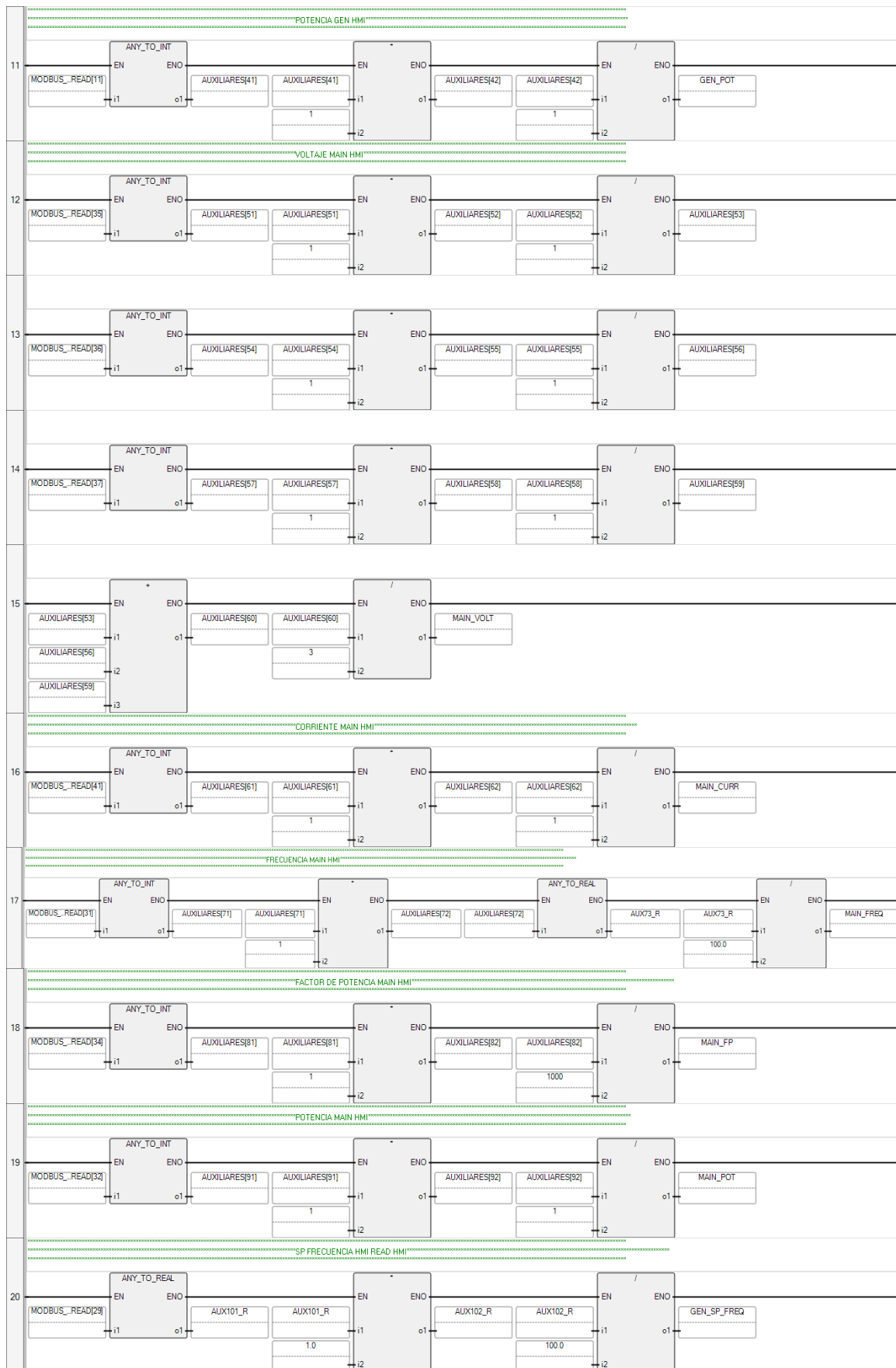


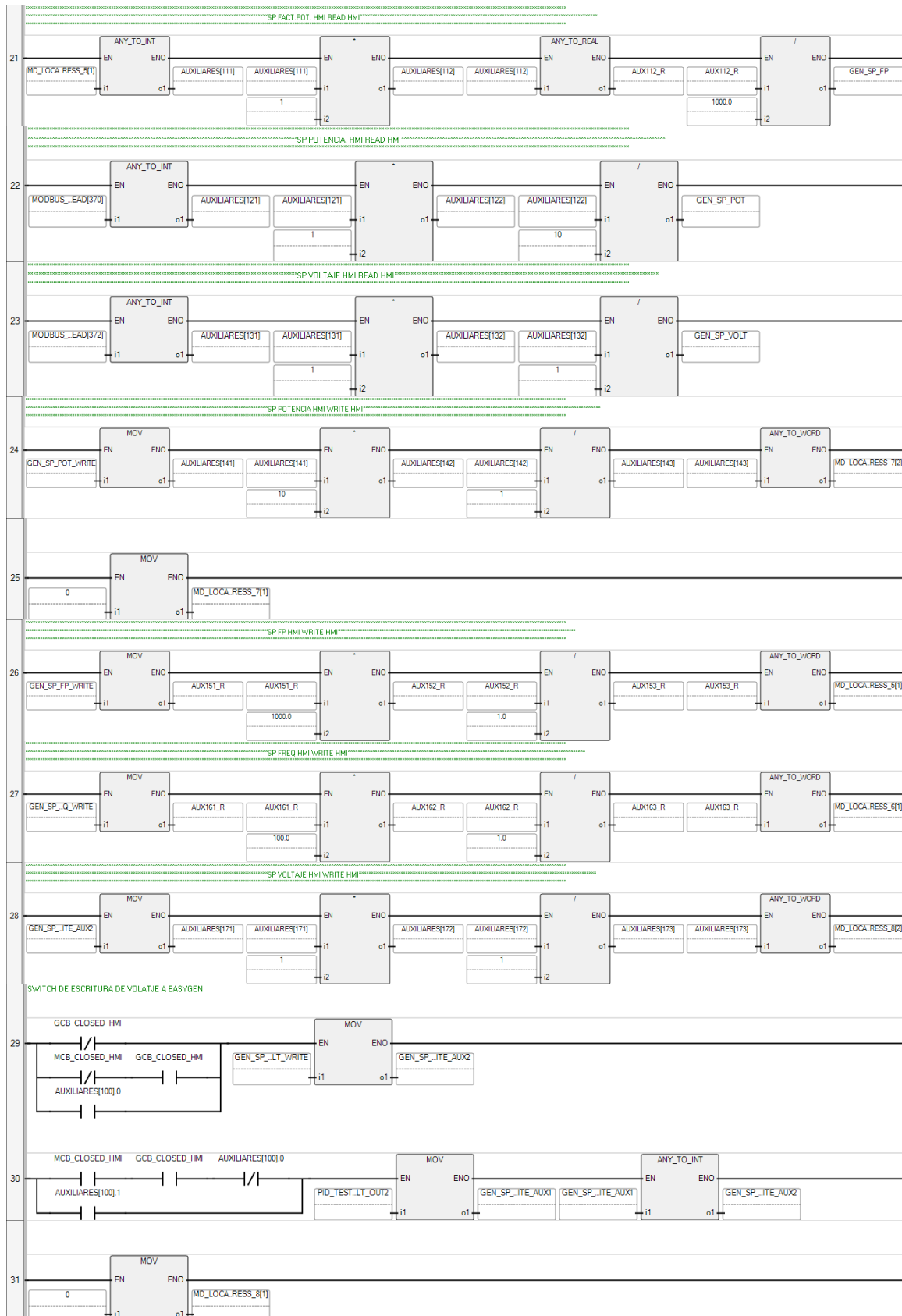




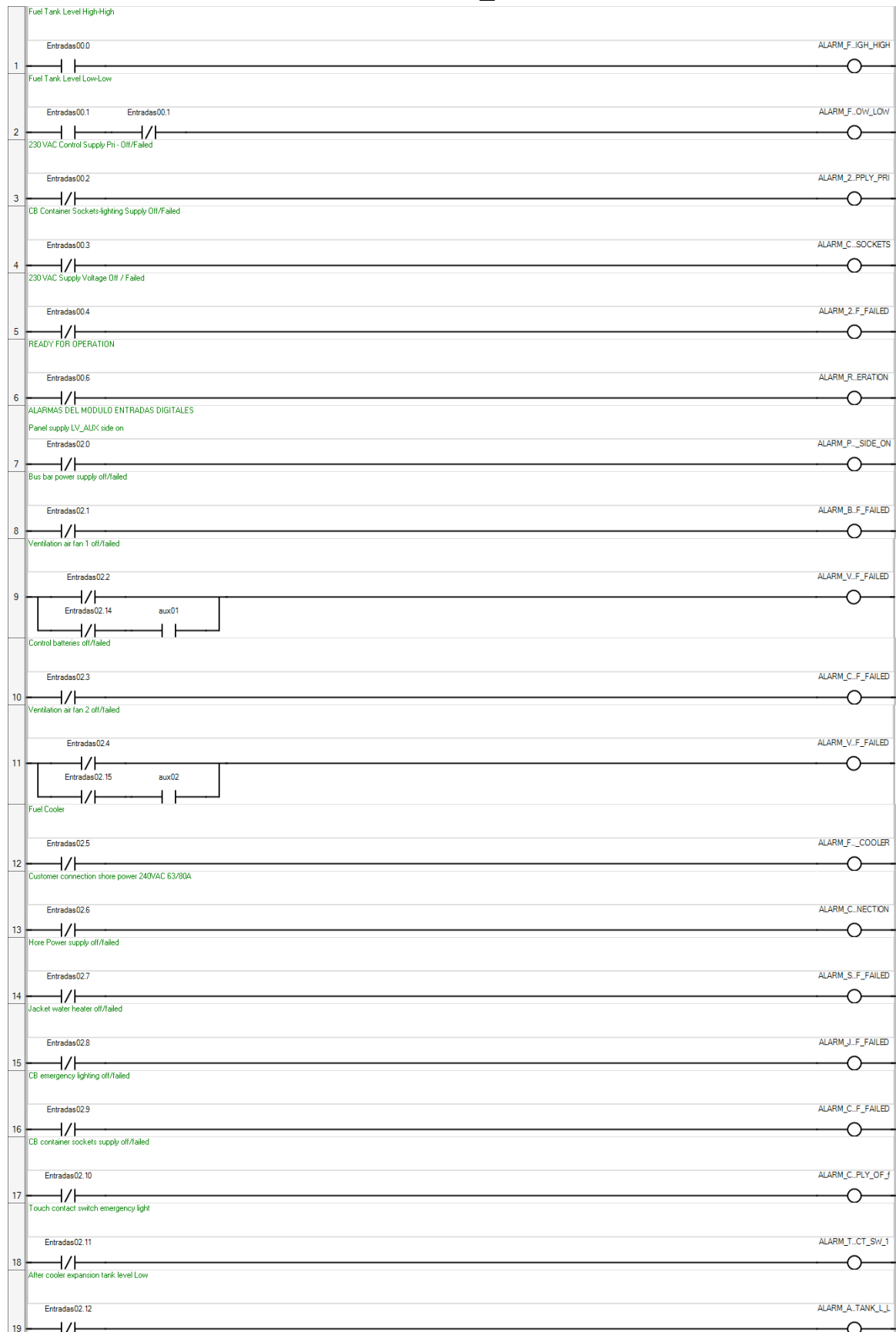
Controller.Micro850.Micro850.Mapeco

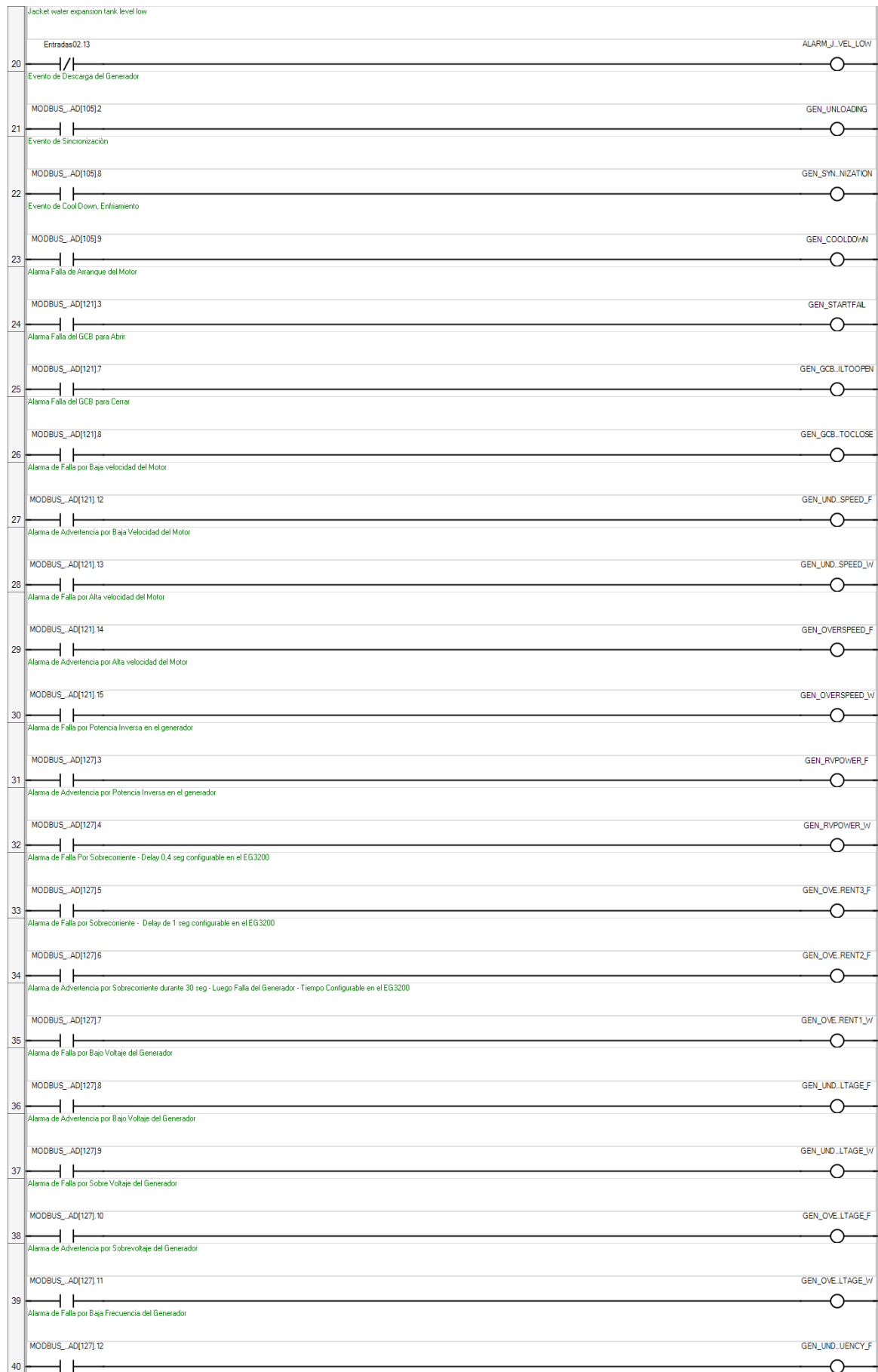






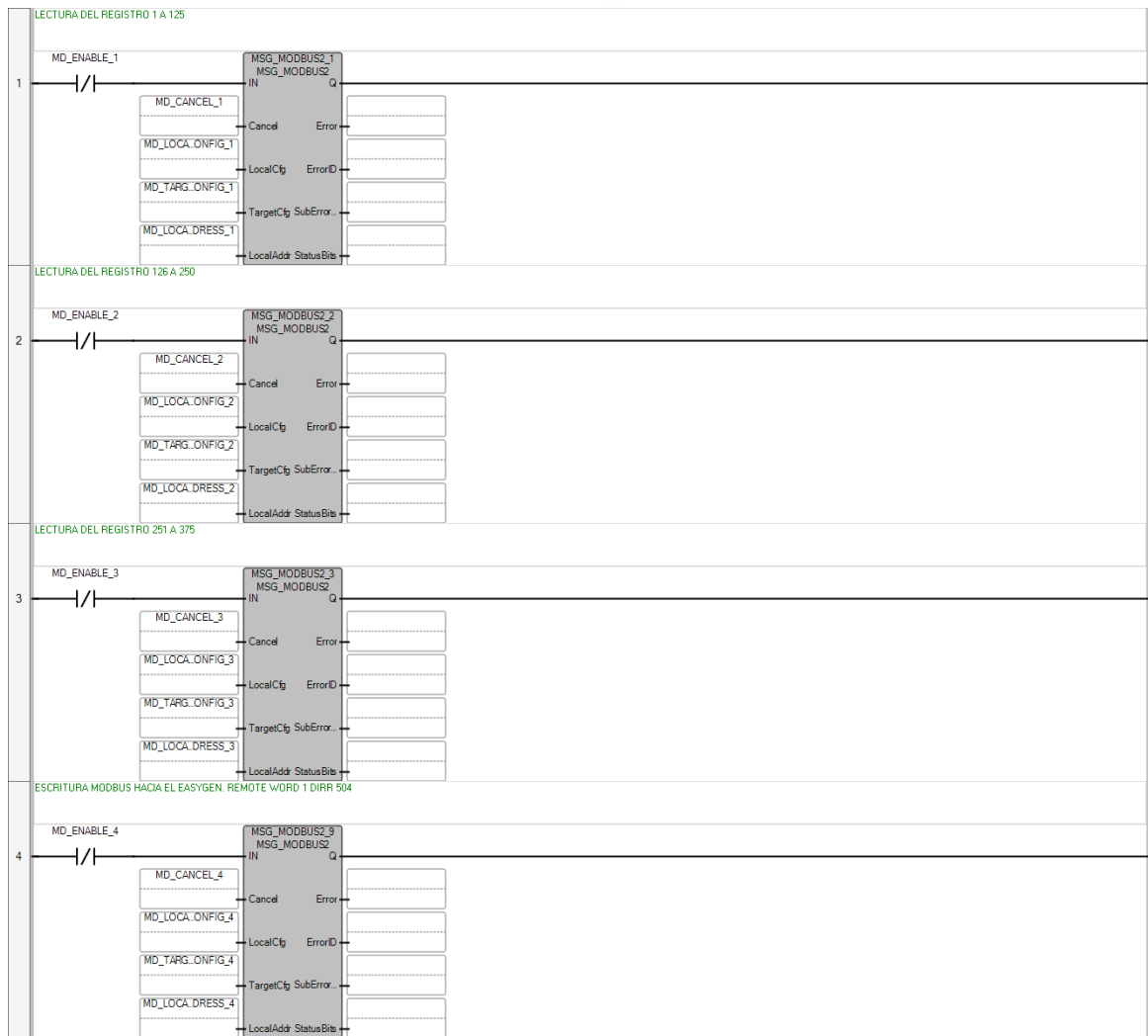
Controller.Micro850.Micro850.Alarma_Eventos

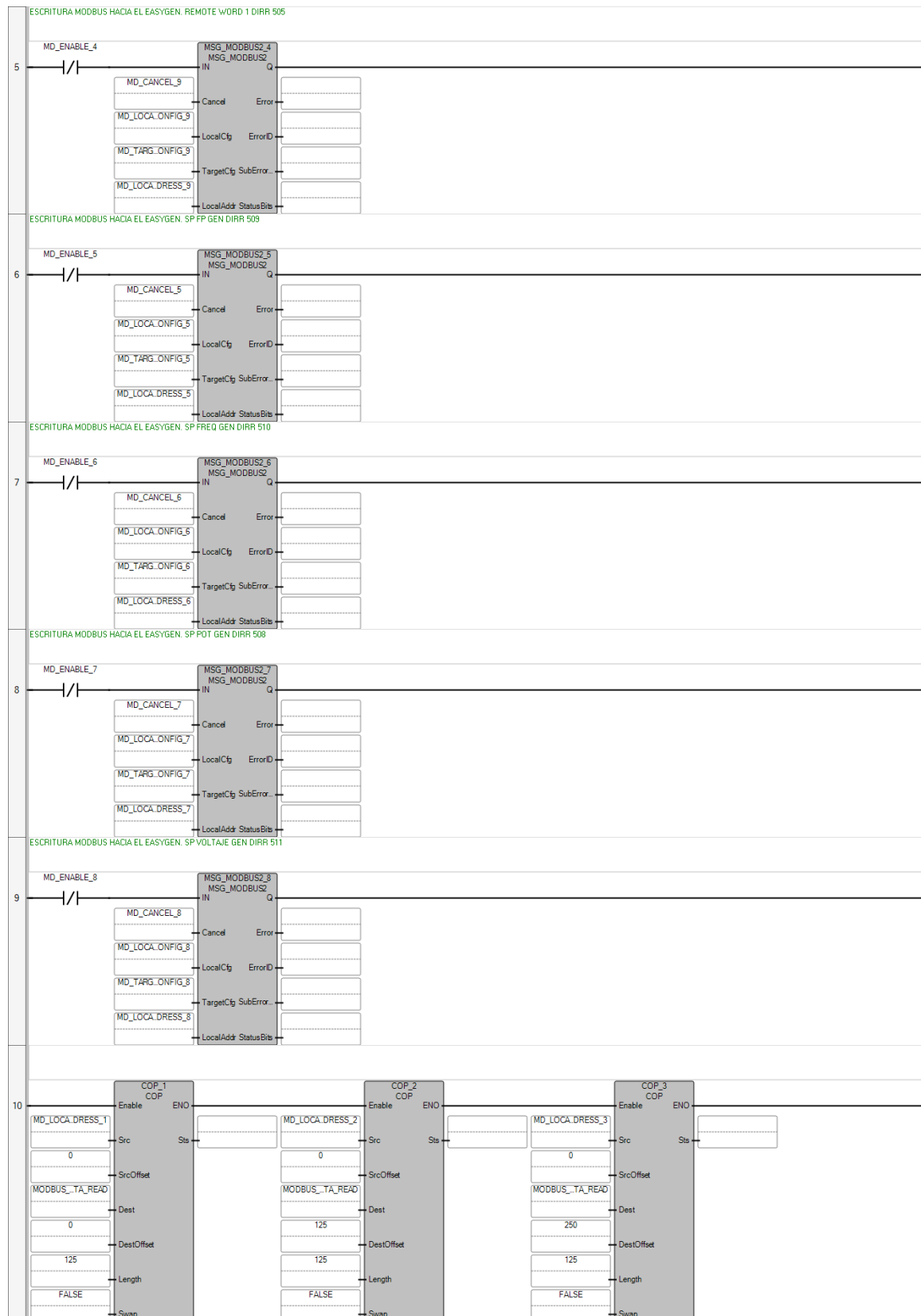




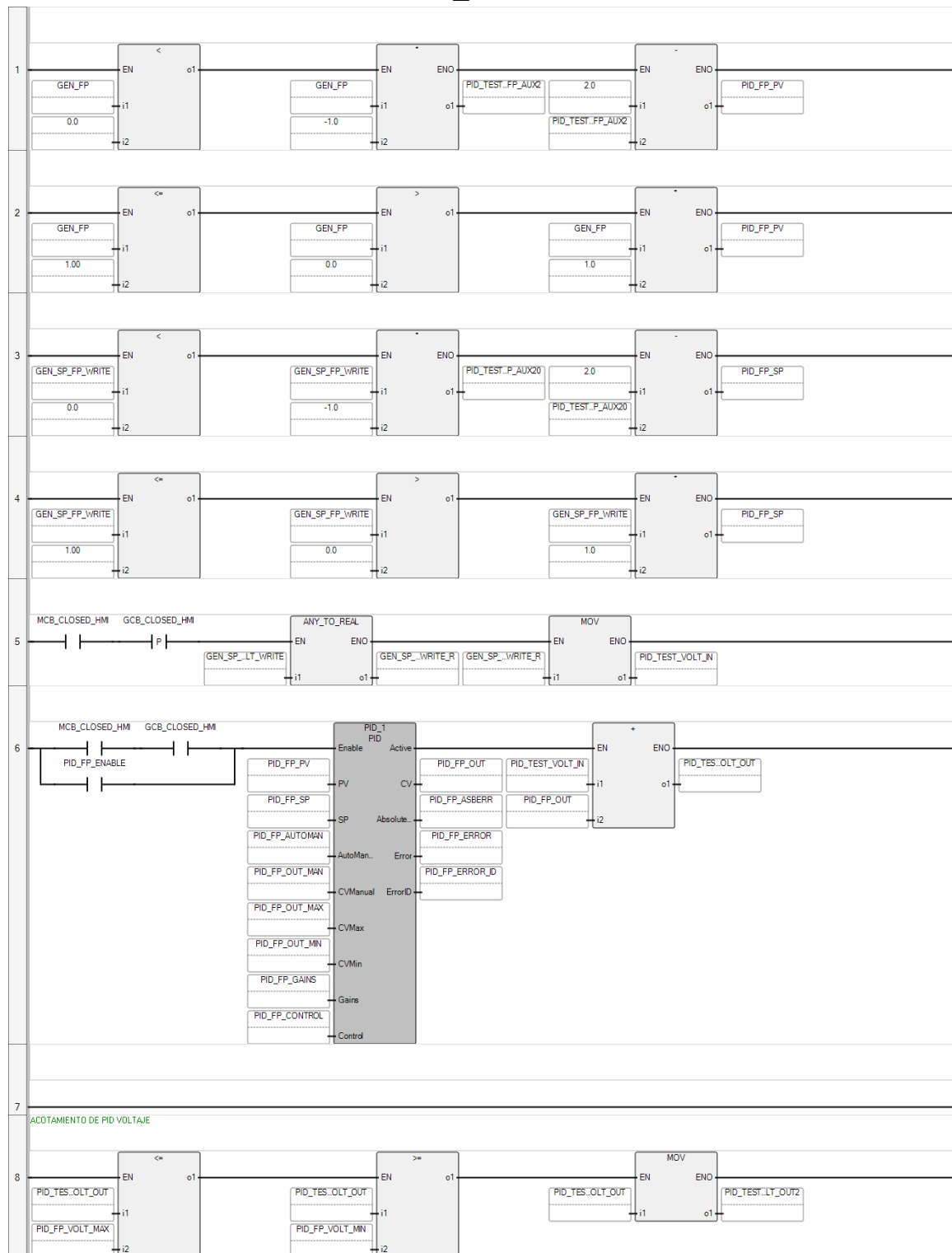


Controller.Micro850.Micro850.Comm_Modbus





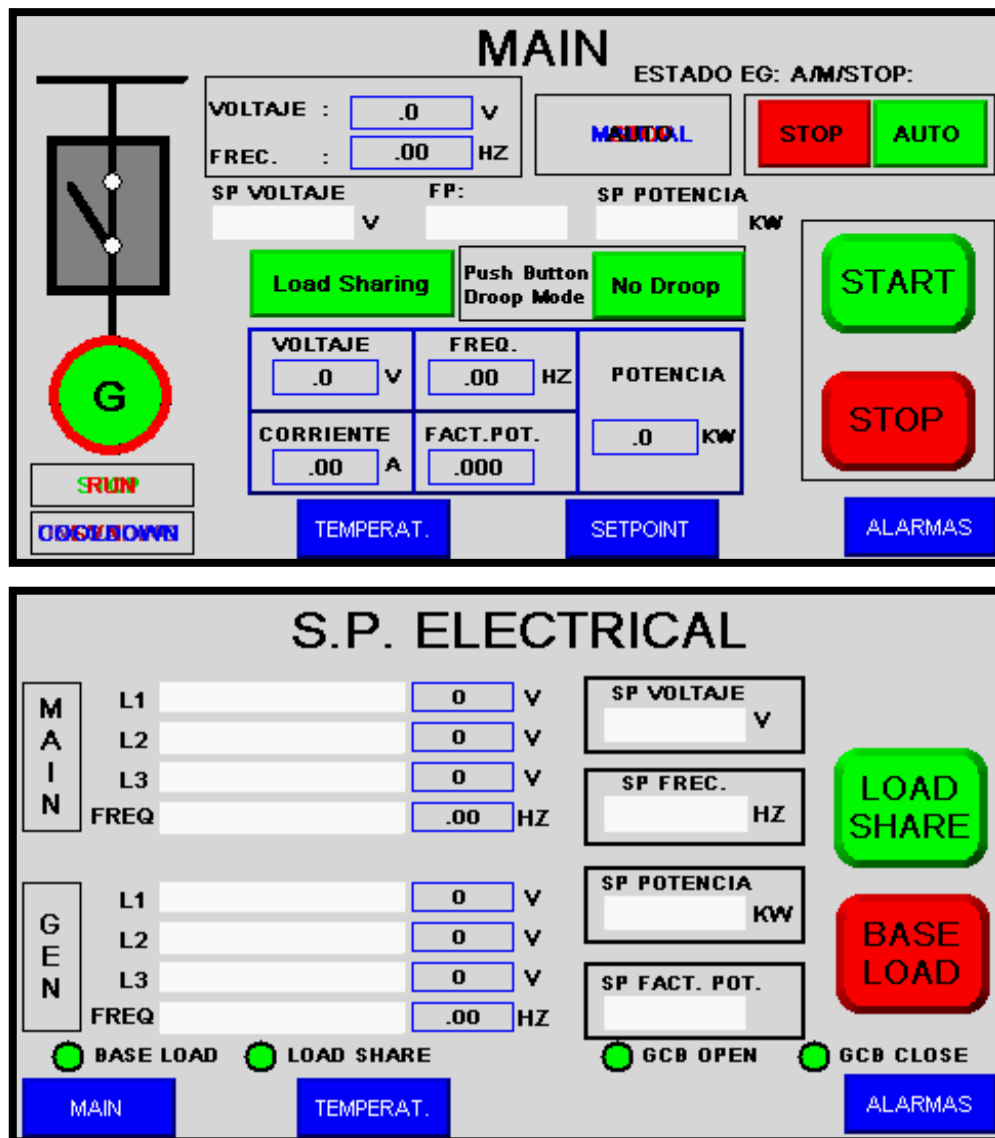
Controller.Micro850.Micro850.FP_Trto



ANEXO 02: PROGRAMACIÓN DE PANTALLA HMI


PV800_App1

2711R-T4T, 5.011




TEMPERATURE CONTROLLER

MOTOR N°1



MOTOR N°2



S.P. TEMPERATURE

SP. Low Speed °C
Fan 1 - 2

SP. High Speed °C
Fan 1 - 2


GENERATOR WINDING TEMPERATURE





Temp. Winding L1 °C

Temp. Winding L2 °C

Temp. Winding L3 °C

Temperature After Cooler °C



 High Speed M1
 Low Speed M1
 High Speed M2
 Low Speed M2

MAIN
SETPOINT
ALARMS

Clear All Alarms
ALARMS
Ack All

	Alarm Message	Occurrence Time
▶		

MAIN
TEMPERAT.
SETPOINT
TENDENC.

