

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE CONCEPCIÓN – REY BALDUINO DE BÉLGICA

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL,
SUPERVISIÓN Y ADQUISICIÓN DE DATOS PARA PLANTA
INDUSTRIAL MOWI CAICAEN.

Trabajo de Titulación para
optar al título profesional de
Ingeniero de Ejecución en Control
e Instrumentación Industrial.

Alumno:
Eduardo Enrique Muñoz Oses
Profesor Guía:
Nelson Artemio Vásquez Concha



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN Y CONFIDENCIALIDAD DE MONOGRAFÍA A REPOSITORIO ACADÉMICO

1.- IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO ACADÉMICO

Tipo de monografía (marcar una opción): Memoria o trabajo de título Tesis de Postgrado

Título del trabajo: Diseño e implementación de un sistema de control, supervisión y adquisición de datos para planta industrial MOWI Caicaén

Nombre del candidato(a): Eduardo Enrique Muñoz Oses

Carrera / Grado: Ingeniería de ejecución en control e instrumentación industrial.

Campus: Sede Concepción Departamento: Electrónica e Informática

2.- VALIDACIÓN DEL PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, Nelson Artemio Vásquez Concha, en mi calidad de profesor(a) guía/director(a) del trabajo académico mencionado anteriormente DEJO CONSTANCIA que:

- He revisado esta versión del documento y corresponde a la versión final aprobada del trabajo.
- El trabajo cumple con los requisitos académicos y de formato establecidos por la institución.

3.- EVALUACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD POR PROPIEDAD INDUSTRIAL (marcar una opción)

El trabajo **NO contiene** información que amerite confidencialidad y puede ser publicado de inmediato en repositorio con acceso abierto.


El trabajo **CONTIENE** información con potenciales implicancias de propiedad industrial o intelectual y requiere un periodo de confidencialidad (**embargo**) por (marcar una opción):

6 meses 12 meses 2 años 3 años 5 años 10 años

Fundamentación de la necesidad de confidencialidad (obligatorio si se solicita embargo):

4.- FIRMAS

Profesor(a) guía o director(a) de memoria o tesis:

Fecha: 30 - 03 2026 Firma: 

Estudiante o Candidato(a):

Fecha: 30-03-2026 Firma: 

RESUMEN

El mundo de la salmonicultura hoy en día se encuentra en un proceso de estandarización, modernización e implementación de tecnologías de la industria 4.0. Todo esto debido a las exigencias cada vez mayores que se aplican en la exportación de este producto. Países como Rusia, Estados Unidos y Japón aplican año a año de forma más severa nuevas reglas y estándares. La presente memoria diseño e implementación de un sistema de control, supervisión y adquisición de datos para planta industrial MOWI Caicaén tiene como finalidad implementar un control remoto para el proceso de eviscerado, en el cual permite iniciar o detener el proceso de eviscerado, visualización de variables eléctricas generadas por cada circuito de bombas de vacío en tiempo real, incluyendo la visualización de variables eléctricas del tablero de control de bombas a través de un analizador de red clase “A” certificado bajo un reconocido laboratorio Chileno, y finalmente almacenamiento de las variables eléctricas más importantes en una memoria externa, con la finalidad de controlar, supervisar y almacenar información crítica de este proceso. Se escogió la plataforma iQ-F de Mitsubishi Electric, que incluye como base un potente controlador lógico programable, modelo FX5U, que tiene la capacidad de generar acciones de control a través de entradas y salidas, como también funciones de última generación para la industria 4.0, como la generación de servidores web, similares a un HMI tradicional pero bajo HTML y funciones como Datalogging para el almacenamiento de las variables que se deseen, además se utilizarán analizadores de red de alto rendimiento, provenientes de la marca Israeli SATEC, elegidos por su alta calidad, capacidad tecnológica y precios competitivos en la industria, todo esto estará conectado a través de 2 redes de comunicación industriales, siendo estas MODBUS TCP/IP y MODBUS RTU, el cual garantiza que los datos se obtienen de manera fiable al controlador, finalmente la solución se implementara bajo el estándar eléctrico chileno (Pliegos RIC), con la finalidad de ofrecer una solución industrial, robusta, homologada y de primer nivel en relación a tecnologías de la automatización industrial.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	8
PRESENTACIÓN DEL PROBLEMA.....	15
JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	16
JUSTIFICACIÓN TECNICA:	16
JUSTIFICACIÓN ENERGETICA	17
JUSTIFICACIÓN ECONOMICA	17
OBJETIVO GENERAL	17
OBJETIVOS ESPECIFICOS	18
METODOLOGIA GENERAL	19
ALCANCES Y LIMITACIONES	21
CAPITULO 1: MARCO TEORICO	24
REVISIÓN DE LITERATURA RELEVANTE	25
FUNDAMENTOS TECNICOS Y CONCEPTUALES.....	25
NORMATIVAS APLICABLES	26
CAPITULO 2: DIAGNOSTICO O ANALISIS INICIAL	30
CONTEXTO DEL PROBLEMA	31
SITUACIÓN ACTUAL	32
IDENTIFICACIÓN DE NECESIDADES	33
CAPITULO 3: DESARROLLO DEL PROYECTO	34
DISEÑO DE SOLUCIONES	35
CONTROL REMOTO	35
SUPERVISIÓN DE VARIABLES ELECTRICAS	41
PROCEDIMIENTOS TÉCNICOS.....	47
CAPITULO 4: RESULTADOS Y EVALUACIÓN	59
RESULTADOS OBTENIDOS.....	60
COMPARACIÓN CON OBJETIVOS	60
OBJETIVO GENERAL	60
OBJETIVOS ESPECIFICOS	61
EVALUACIÓN TECNICA Y ECONOMICA	61
CONCLUSIONES	63
REFLEXIÓN DEL PROCESO	64
RECOMENDACIONES FUTURAS	65

ANEXOS..... 66
BIBLIOGRAFIA..... 72

ÍNDICE DE IMÁGENES

Ilustración 1: funcionarios de planta MOWI CHILE.....	9
Ilustración 2: Bombas de vacío MOWI Caicaén.....	31
Ilustración 3: Diagrama de conexión P.S ABB.....	32
Ilustración 4: Relé de control en tablero existente	32
Ilustración 5: Software diseño de páginas WEB	35
Ilustración 6: Rutas necesarias en tarjeta SD	36
Ilustración 7: Configuración Ethernet GXWORKS3	36
Ilustración 8: Interfaz desarrollo HMI WEB.....	37
Ilustración 9: Control On/Off para bombas de vacío	37
Ilustración 10: Salidas digitales PLC FX5U proyectado.....	38
Ilustración 11: Entradas digitales PLC FX5U	39
Ilustración 12: Control On/Off con ramas de habilitado	40
Ilustración 13: Métodos de conexión de PLC a red corporativa MOWI.....	40
Ilustración 14: T.D.F.Y.C BBAS vacío proyectado	41
Ilustración 15: SATEC PM135EH	42
Ilustración 16: SATEC PM335-PQ	44
Ilustración 17: Diagrama conexión analizadores de red proyectado.....	45
Ilustración 18: Diagrama de conexión de comunicaciones	46
Ilustración 19: Bloque comunicación Cliente MODBUS TCP/IP	47
Ilustración 20: Direcciones de memoria SATEC PM335-PQ	48
Ilustración 21: Direcciones de memoria SATEC PM335-PQ Parte 2	48
Ilustración 22: Direcciones de memoria SATEC PM335-PQ Parte 3	49
Ilustración 23: Cantidad de lectura de registros para analizador.....	49
Ilustración 24: Direccionamiento de lectura a primera dirección MODBUS	50
Ilustración 25: Lectura de voltajes Fase-Neutro.....	50
Ilustración 26: Lectura de voltajes y corrientes.....	51
Ilustración 27: Lecturas de secuencias y desbalances	51
Ilustración 28: Configuración RS485 en PLC FX5U.....	52
Ilustración 29: Direcciones MODBUS SATEC PM135EH	53
Ilustración 30: Conexión RS485 analizador de red N°1	53
Ilustración 31: Escalamiento y almacenamiento de variables en etiquetas globales.....	54

Ilustración 32: Escalamiento y almacenamiento de variables eléctricas en etiquetas globales de analizador de red PM335.....	54
Ilustración 33: Primeras veinte variables globales creadas en PLC.....	55
Ilustración 34: Variables globales desde la veinte hasta la cuarenta	55
Ilustración 35: Variables globales desde la cuarenta hasta la sesenta	55
Ilustración 36: Software de adquisición de datos Mitsubishi Electric	56
Ilustración 37: Configuración de muestreo Data Logging en FX5U	57
Ilustración 38: Valorización económica final.....	62
Ilustración 39: Diagrama unilineal T.D.C Proyectado	67
Ilustración 40: Diagrama de conexión analizadores de red en T.D.C Proyectado	67
Ilustración 41: Diagrama de conexión de comunicaciones en T.D.C Proyectado.....	68
Ilustración 42: Diagrama de conexión PLC FX5U	68
Ilustración 43: T.D.F.Y.C Bombas vacío proyectado	69
Ilustración 44: Diagrama de conexión Partidores suaves en tablero de control existente.....	69
Ilustración 45: Materiales seleccionados para el tablero de control proyectado	70
Ilustración 46: Materiales seleccionados para el tablero de control proyectado parte dos.....	70
Ilustración 47: Certificado calibración analizador de red de calidad de energía SATEC PM335-PQ	71

ABREVIATURA Y SIMBOLOS

V: Tensión eléctrica

A: Corriente eléctrica

Hz: Frecuencia

W: Potencia activa

var: Potencia reactiva

VA: Potencia aparente

kWh: Energía eléctrica

FP: Factor de potencia

THD: Distorsión armónica total

THDv: Distorsión armónica total de tensión

THDi: Distorsión armónica total de corriente

%: Porcentaje

PLC: Programmable Logic Controller

VPN: Virtual Private Network

TCP/IP: Protocolo de comunicación Ethernet

Modbus RTU: Protocolo de comunicación serial

Modbus TCP: Protocolo de comunicación Ethernet

ISO: International Organization for Standardization

IEC: International Electrotechnical Commission

IEEE: Institute of Electrical and Electronics Engineers

ESG: Environmental, Social and Governance

ROI: Return on Investment

INTRODUCCIÓN

Mowi ASA es el mayor productor de salmón atlántico del mundo. En 2023 alcanzaron un volumen de cosecha de 475.000 toneladas, lo que equivale a cerca del 20% del mercado mundial. Su liderazgo no solo se mide en cifras, sino en el compromiso diario por ofrecer alimentos del océano con calidad, sustentabilidad e innovación.

Mowi es líder mundial en la producción de proteína sustentable. Por sexto año consecutivo, Mowi ha sido reconocida como la productora de proteínas más sustentable según el prestigioso Coller FAIRR Protein Producer Index. Este riguroso índice evalúa a los principales productores globales de proteína animal, analizando su desempeño en sostenibilidad ambiental, social y gobernanza (ASG). Desde 2019 hasta 2024, Mowi se ha mantenido firme en el primer lugar, reafirmando su compromiso con un futuro más responsable y sustentable para la alimentación mundial.



Ilustración 1: funcionarios de planta MOWI CHILE

MOWI es el único productor de salmón del mundo con control total sobre toda la cadena que va desde la propia genética y alimentación, hasta la cría, cosecha, procesamiento, logística, ventas y marketing. Este enfoque integral permite cuidar cada detalle y garantizar una calidad excepcional en cada etapa. Su modelo integrado no solo los posiciona como líderes globales en producción de salmón, sino que también da el poder de elevar los estándares de toda la industria. Gracias a ello, se impulsa la innovación, promueve el bienestar animal y protege el medioambiente, llevando a la mesa de sus clientes un alimento saludable, sustentable y de primera calidad.

La planta de MOWI Caicaén tiene la denominación de “Planta de Procesos Primaria”, y su principal función es recibir salmónes provenientes de centros de engorda para posteriormente realizar las etapas de faenado y procesamiento inicial. El proceso productivo en la planta industrial comprende principalmente las siguientes etapas:

- Recepción de salmónes de engorda desde jaulas marinas.
- Desangrado.
- Faenado de los peces.
- Eviscerado.
- Limpieza de cavidades.
- Eliminación de vísceras.
- Clasificación, en la cual el calibrado cumple un rol fundamental, ya que permite dividir los ejemplares según su peso y tamaño, estableciendo las diferentes categorías de calidad del producto.
- Enfriamiento, con el fin de asegurar una correcta conservación del salmón, para luego continuar con el empaque y preparación para el envío al cliente final.

PROCESO DE EVISCERADO

El eviscerado tiene como finalidad extraer las vísceras del salmón principalmente lo que tiene que ver con intestinos, estomago, hígado, vejiga natatoria, etc., todo esto después de que el salmón haya sido faenado y desangrado, garantizando que el pescado quede completamente limpio.

Es importante que todo este proceso ocurra de la manera más limpia posible, debido a que, si se dejan restos en los filetes, exponemos el producto a riesgos de contaminación bacteriana, se prolonga la vida útil del producto y así mismo cumplimos con los muy exigentes estándares de exportación

ETAPAS DEL PROCESO DE EVISCERADO:

Alimentación y orientación,

Los salmones ingresan a la línea de eviscerado por una banda transportadora, un sistema de orientación ya sea manual o automático, posiciona cada pez con el estómago hacia arriba, para de esta forma, facilitar el corte ventral.

Una máquina de eviscerado realiza un corte a lo largo de la pieza, desde la zona anal hasta las branquias, facilitando la extracción de las vísceras sin dañar los filetes

Las maquinas BAADER son equipos especializados de origen alemán, diseñados para el procesamiento automático del salmón, principalmente salmón coho y trucha que es cosechado en esta planta,

La función de las maquinas BAADER es automatizar operaciones repetitivas de corte, eviscerado, fileteado o limpieza, utilizando una combinación de mecánica de precisión, vacío, neumática, hidráulica y control eléctrico.

Los principales componentes de una máquina BAADER son:

- Bastidor principal: Estructura de acero inoxidable con tratamiento sanitario, soporta todos los mecanismos y la corrosión producida por el agua salada.
- Sistema de transporte: Cadena de transporte sincronizada con pinzas o mordazas accionadas por levas o servos, la función es desplazar el pez a velocidad constante.
- Sistema de corte: Conjunto de cuchillas circulares, sierras o cuchillas en V, ajustables por actuadores neumáticos o motores, la función es realizar cortes precisos en zonas específicas
- Sistema de vacío (Eviscerado): Boquillas cónicas de succión conectadas a colector central, utiliza válvulas neumáticas de control y sensores de presión, se extraen las vísceras mediante depresión controladas.
- Sistemas neumáticos: Cilindros neumáticos y electroválvulas, ejecutan movimientos rápidos.

En el mercado, existen distintos tipos de máquinas BAADER, se clasifican principalmente por su función, en donde en el sur del país se pueden encontrar con:

BAADER 142: Máquina evisceradora automática para salmón, transporta el pez, abre el abdomen con cuchilla circular y extrae vísceras mediante vacío, tiene una capacidad aproximada de 25-40 peces por minuto.

BAADER 185: Versión modernizada, con detección automática del tamaño del pez (Longitud y volumen) mediante sensores ópticos, ajusta la posición de las cuchillas y boquilla de vacío en tiempo real, con una capacidad de hasta 50 peces por minuto

BAADER 144: Diseñada para limpieza de cavidad después del eviscerado, integra lavado con chorros de agua a presión y control de presión proporcional

BAADER 581: Fileteadoras automáticas para salmón, algunas integran sistemas de visión artificial para detección de espinas, incorporan servo accionamientos lineales

EXTRACCIÓN DE VISCERAS MEDIANTE VACIO

El sistema de vacío es esencial en la línea de eviscerado, ya que provee la depresión constante necesaria para la extracción de vísceras mediante las boquillas de succión de las maquinas BAADER.

En MOWI Caicaén, el conjunto está diseñado como un sistema de vacío centralizado, compuesto por bombas industriales que succionan a través de una red de tuberías de acero inoxidable o PVC sanitario, con tanques separadores intermedios para la protección de los equipos.

Las bombas de vacío industriales son principalmente de anillo líquido o rotativa de paletas, que son accionadas mediante partidores suaves, en este caso, cuentan con un control sencillo, el cual es accionado de manera manual, mediante un selector de dos posiciones (Encendido y Apagado).

Cuando el operario activa el sistema de vacío, acciona el selector llevándolo a la condición de partir, el partidor suave recibe la señal, alimentando el motor trifásico de la bomba de vacío, con una rampa de aceleración constante, reduciendo picos de corriente elevados como también la carga mecánica del motor al arrancar, extendiendo así la vida útil de la bomba,

Una vez el motor entre en régimen nominal, el partidor suave activa su ByPass, en este momento, la bomba comienza a extraer el aire del colector principal, así se genera una presión negativa entre -0,7 bar y -0,9 bar en toda la línea, este vacío se mantiene de manera continua mientras el selector permanezca en la condición de Partir.

Cada maquina BAADER abre su válvula de vacío cuando el pez está posicionado y de esta forma las vísceras y fluidos son aspirados por la diferencia de presión hacia el colector principal.

El aire arrastra el material hacia el separador ciclónico, en donde las partículas pesadas se depositan por fuerza centrífuga, los líquidos se separan y drenan y el aire residual pasa limpio hacia la bomba, evitando daños a esta misma.

PRESENTACIÓN DEL PROBLEMA

La planta de procesos primarios MOWI Caicaén, ubicada en la comuna de Calbuco, opera en régimen continuo bajo un sistema de tres turnos diarios de ocho horas, con un alto nivel de exigencia en la continuidad y eficiencia de los procesos, en este caso, la planta cuenta con tres bombas de vacío, que están conectadas a 3 motores trifásicos de 5,5kW,

La principal problemática es que los operarios encargados de realizar el control de encendido y apagado muchas veces se les olvida detener el proceso de vacío, y una vez que su turno termina, tampoco le indican a su relevo que lo hagan, por lo que el proceso de vacío tiene un funcionamiento continuo 24/7, cuando no es necesario que funcione de esta forma,

Aunque la planta tenga 3 turnos continuos, no significa que el proceso de eviscerado este activo las 24 horas sin interrupción, las plantas primarias trabajan por lotes o cargas de salmones, que llegan desde los centros de cultivo,

Cada lote tiene una ventana horaria específica de procesamiento, que está muy bien coordinada con logística, transporte y calidad, por lo que, en intervalos entre lotes, cuando hay mantenimiento o limpieza la línea de eviscerado se detiene temporalmente, estas pausas que suelen durar entre 30 minutos y 2 horas ocurren varias veces al día, por lo que las bombas de vacío no deberían seguir funcionando, ya que no hay flujo de vísceras ni salmones en el sistema,

Las bombas de vacío generan succión solo para el momento del eviscerado, es decir, cuando las maquinas BAADER están operando, cuando se está pesando o empacando no se requiere vacío, los motores de vacío encendidos todo el turno, se vuelve algo energéticamente ineficiente, porque el proceso que las necesita (eviscerado) no ocupa las 8 horas del turno.

además, que cuando se hace cambio de turno, se debe realizar limpieza sanitaria, purgado de líneas de vacío y revisión de separadores de vísceras y trampas de líquidos, durante ese tiempo no debe haber vacío activo porque consume energía sin aportar productividad.

JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

JUSTIFICACIÓN TÉCNICA:

El control manual del vacío genera una dependencia del operador y se cometen errores humanos frecuentes, generando muchas situaciones en donde las bombas de vacío funcionan sin demanda y sin productividad, generando una obvia ineficiencia energética en el sistema. Así como también no existe supervisión eléctrica centralizada, ni medición de variables eléctricas críticas como la corriente, factor de potencia y distorsión armónica.

El proyecto de control remoto y supervisión a través de servidor web se justifica por los motivos de:

- Reducir la operación innecesaria de las bombas
- Supervisar el estado eléctrico en tiempo real
- Optimizar la eficiencia energética
- Aumentar la confiabilidad y disponibilidad de un sistema mecánico.

Se utilizará una plataforma tecnológica moderna y adaptable como lo es el PLC FX5U, con posibilidad de escalar este sistema de control, ofreciendo una solución robusta y práctica.

JUSTIFICACIÓN ENERGÉTICA

Tres bombas con una potencia de 5,5kW equivalen a 16,5kW instalados, sumando a esto se tiene una operación innecesaria de varias horas diarias.

También se debe considerar que existe una subestación de 900KVA, que se encuentra a un 70/80% de carga, todo esto generara un consumo energético elevado y completamente evitable, si no se controla este consumo sin producción se producen problemas como:

- Aumento de la demanda máxima registrado por la empresa distribuidora
- Multas o penalizaciones por sobreconsumo
- Se reduce el margen de seguridad eléctrica con respecto a la carga del transformador

JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA

La reducción del tiempo de operación innecesaria de las bombas de vacío en un 20-30% podría representar ahorros mensuales significativos en consumo eléctrico, además disminuir costos de mantención y así mismo prolongar la vida útil de los equipos.

OBJETIVO GENERAL

Diseñar e implementar un sistema de control y supervisión basado en un servidor web embebido en un PLC Mitsubishi Electric FX5U, que permita la operación remota y el monitoreo en tiempo real de las bombas de vacío del proceso de eviscerado en la planta MOWI Caicaén, con el propósito de optimizar el consumo energético y mejorar la gestión operativa del sistema.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Analizar el sistema actual de control de vacío de la planta MOWI Caicaén, identificando los modos de operación, los elementos de potencia, control y comunicación involucrados
- Diseñar la arquitectura de control y supervisión, integrando el PLC Mitsubishi FX5U con las bombas de vacío, los partidores suaves y todo lo necesario para la adquisición de variables eléctricas importantes del proceso
- Implementar el control ON/OFF remoto de las bombas de vacío mediante el servidor web incorporado en el PLC, garantizando la seguridad de acceso y confiabilidad de operación
- Desarrollar la interfaz de supervisión WEB, visualizando variables eléctricas de cada circuito y del tablero general (Corriente, voltaje, potencias activa, reactiva y aparente, factor de potencia y THD)
- Configurar y registrar variables eléctricas de calidad de energía, permitiendo un análisis de consumo y apoyo a la gestión energética
- Elaborar documentación técnica y conclusiones, que respalden el impacto del sistema implementado en la eficiencia de la planta.

METODOLOGIA GENERAL

El presente proyecto se desarrolla bajo un enfoque tecnológico de ingeniería aplicada, centrado en el diseño, desarrollo y simulación de un sistema de control y supervisión industrial para el sistema de bombas de vacío utilizado en el proceso de eviscerado de la planta MOWI Caicaén.

El trabajo se estructura en cinco etapas metodológicas, que permiten un desarrollo ordenado y verificable del sistema propuesto:

La metodología se estructura en seis etapas iniciales, cada una con objetivos técnicos definidos y resultados verificables:

1. Levantamiento y análisis del sistema actual

Se recopilará información técnica del sistema de vacío existente, considerando:

- La configuración eléctrica del tablero de control de bombas.
- Los tipos de partidores suaves instalados y su modo de operación.
- Las características eléctricas de las bombas (potencia, corriente nominal, tensión de alimentación).
- El modo de operación actual (manual mediante selector partir/parar). Además, se analizará el impacto operativo y energético asociado al uso continuo del sistema en los tres turnos de producción.

2. Diseño del sistema de control y supervisión

Se definirá la arquitectura general del sistema, integrando el PLC Mitsubishi Electric FX5U con el tablero de control de bombas y los equipos de medición eléctrica.

Durante esta etapa se elaborarán:

- Diagramas eléctricos y de control.
- Topología de red industrial.
- Estructura lógica de control ON/OFF remoto.
- Diseño funcional del servidor web para la visualización de estados y variables eléctricas.

3. Desarrollo de la programación y simulación

Se implementará la lógica de control en lenguaje Función Block mediante GX Works3, utilizando bloques de función para el control ON/OFF y supervisión de señales. Paralelamente, se desarrollará la interfaz del WebServer embebido en el PLC, configurando la visualización de:

- Estado de cada bomba.
- Variables eléctricas principales (corriente, potencia, energía).
- Indicadores de calidad de energía a nivel de tablero general.

La validación se realizará mediante simulación de señales, verificando la coherencia entre la lógica de control y la supervisión web.

4. Integración del tablero de control

Se diseñará la integración completa entre el sistema de control propuesto y el tablero eléctrico existente, considerando protecciones, alimentación, control de mando y comunicación.

Se incluirán los planos eléctricos actualizados, especificaciones de materiales, y el layout general del tablero con su distribución funcional, esta etapa representa la finalización del alcance del proyecto, entregando la ingeniería lista para su futura implementación.

5. Documentación técnica y conclusiones

Finalmente, se desarrollará la documentación que respalde el diseño del sistema, incluyendo:

- Planos eléctricos.
- Programación PLC y estructura de WebServer.
- Diagramas de red y comunicación.
- Análisis técnico y energético del sistema propuesto.

Con ello se establecerán las conclusiones sobre la viabilidad técnica y los beneficios esperados en términos de eficiencia operativa y gestión energética.

Herramientas y recursos utilizados

- PLC Mitsubishi Electric FX5U-32MR/DSS
- Software GX Works3 (programación PLC).
- WebServer integrado del PLC FX5U para supervisión remota.
- Software AutoCAD Electrical (planos y diagramas eléctricos).
- Catálogos técnicos y fichas eléctricas

ALCANCES Y LIMITACIONES

El presente proyecto contempla el diseño y desarrollo de la ingeniería completa de un sistema de control y supervisión para las bombas de vacío utilizadas en el proceso de eviscerado de la planta MOWI Caicaén, considerando el uso de tecnología Mitsubishi Electric y principios de eficiencia energética.

Dentro del alcance se incluyen las siguientes actividades y entregables:

- Levantamiento técnico del sistema existente, identificando la configuración eléctrica, elementos de control y modos de operación actuales.

- Diseño de la arquitectura de control y supervisión, integrando el PLC Mitsubishi FX5U, partidores suaves y medición eléctrica.
- Desarrollo del programa de control ON/OFF de las bombas mediante lenguaje Bloques de función en GX Works3.
- Configuración y diseño del WebServer embebido, permitiendo la visualización de variables eléctricas y el estado operativo de cada bomba.
- Elaboración de planos eléctricos, diagramas de red y especificaciones técnicas, que representen la integración total del sistema propuesto.
- Validación funcional en entorno de simulación, verificando el comportamiento lógico del sistema y la correspondencia entre señales de mando y supervisión.
- Documentación técnica final, que incluye planos, programas, interfaz web y análisis energético estimado.

Este alcance entrega una ingeniería de detalle lista para su implementación futura en la planta industrial, permitiendo que el sistema sea instalado y puesto en marcha posteriormente sin modificaciones sustanciales.

Limitaciones del Proyecto

El alcance del presente trabajo no considera la implementación física ni las pruebas en terreno, debido a restricciones de tiempo, recursos y políticas internas de la empresa MOWI.

En consecuencia, se establecen las siguientes limitaciones específicas:

- No se realizará la instalación eléctrica ni el cableado físico de los componentes diseñados.
- No se efectuarán pruebas reales de funcionamiento con las bombas de vacío ni con los partidores suaves en el tablero de control.
- El acceso remoto y comunicación externa se validarán en entorno de simulación controlada, no en la red corporativa de MOWI.
- El sistema de WebServer se demostrará a nivel de diseño y simulación funcional, sin despliegue operativo en la red industrial real.

CAPÍTULO 1: MARCO TEORICO

REVISIÓN DE LITERATURA RELEVANTE

La automatización industrial moderna se basa en la integración de sistemas de control programable, redes de comunicación y supervisión remota, con el fin de optimizar la eficiencia operativa y energética de los procesos productivos. En este contexto, la industria salmonera chilena ha incorporado progresivamente tecnologías de monitoreo y control en línea, buscando reducir costos operacionales y mejorar la trazabilidad de sus procesos.

Diversos autores y fabricantes coinciden en que los Controladores Lógicos Programables (PLC) son el núcleo de los sistemas de automatización, al ofrecer flexibilidad, robustez y comunicación con distintos dispositivos de campo (sistemas SCADA, sensores, medidores y variadores, la serie MELSEC iQ-F (FX5U) representa una evolución en los PLC compactos, incorporando funciones avanzadas como servidor web embebido, control Ethernet integrado, medición de energía eléctrica y registro de datos sin necesidad de hardware adicional.

FUNDAMENTOS TECNICOS Y CONCEPTUALES

¿Qué es un control remoto industrial?

El control remoto industrial, es un método de control manual, pero a través de interfaces que interactúen con el usuario, como algún sistema SCADA, un HMI o en este caso un servidor web, se utiliza con la finalidad de seguir manteniendo el control humano, pero de manera cómoda, rápida, fiable y segura, su implementación en entornos industriales va directamente relacionado con PLCs, debido a que, se puedan utilizar como manipuladores de variables, dispositivos maestros o dispositivos esclavos.

La principal diferencia es que un control remoto no se limita a un solo punto de acceso (sala de tableros eléctricos en este caso) sino que, se puede utilizar desde diversos puntos, agregando una facilidad de operación al cliente y comodidad para su trabajo.

Y finalmente la principal diferencia de un control automático, es que no es capaz de tomar decisiones y corregir, no lleva lazos de control ni es realimentado por un sensor

NORMATIVAS APLICABLES

El desarrollo del presente proyecto considera el cumplimiento de normativas nacionales e internacionales que aseguran la correcta integración de tableros eléctricos, la estandarización de la programación de controladores lógicos programables (PLC), la medición confiable de la calidad de energía eléctrica y la gestión eficiente del uso de la energía en instalaciones industriales.

1.1.1. Pliegos Técnicos RIC – Integración de tableros eléctricos

En Chile, la construcción, integración y puesta en servicio de tableros eléctricos se rige por los Pliegos Técnicos RIC (Reglamento de Instalaciones de Consumo), emitidos por la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC).

El reglamento de seguridad de las instalaciones de consumo de energía eléctrica establece los requisitos mínimos de seguridad eléctrica, identificación, protección, accesibilidad y documentación de los tableros de control y fuerza utilizados en instalaciones industriales

En particular, el RIC N°19 – Tableros eléctricos define aspectos relevantes como:

- Clasificación de tableros según su función (fuerza, control, protección y medición).
- Requisitos de canalización, segregación de circuitos de control y potencia.
- Identificación normalizada de conductores, bornes y dispositivos.
- Incorporación de dispositivos de protección contra sobre corriente, cortocircuito y falla a tierra.
- Condiciones de seguridad para operación, mantenimiento y ampliación futura.

El proyecto de integración de tableros considera estos lineamientos, asegurando una correcta disposición de equipos de medición, PLCs y dispositivos de comunicación dentro de un mismo gabinete, manteniendo la trazabilidad eléctrica y funcional del sistema.

1.1.2. Estándares internacionales de programación de PLC

La programación de los controladores lógicos programables utilizados en el sistema se basa en el estándar internacional IEC 61131-3, el cual define los lenguajes de programación aceptados para sistemas de automatización industrial.

Este estándar establece cinco lenguajes principales:

- Ladder Diagram (LD)
- Function Block Diagram (FBD)
- Structured Text (ST)
- Instruction List (IL) (*obsoleto en versiones recientes*)
- Sequential Function Chart (SFC)

La aplicación de la norma IEC 61131-3 permite:

- Uniformidad en la estructura del programa.
- Mayor facilidad de mantenimiento y diagnóstico.
- Portabilidad conceptual entre plataformas de distintos fabricantes.

El cumplimiento de este estándar es especialmente relevante en sistemas industriales críticos, donde la confiabilidad y claridad del software de control son factores determinantes para la operación continua del proceso.

1.1.3. Normativa de calidad de energía eléctrica – IEEE 519

Para la evaluación de la calidad de energía eléctrica del sistema, se considera la norma IEEE 519 – Recommended Practice and Requirements for Harmonic Control in Electric Power Systems.

Esta normativa establece los límites recomendados para:

- Distorsión armónica total de corriente (THDi).
- Distorsión armónica total de tensión (THDv).
- Emisión de armónicos en el punto de acoplamiento común (PCC).

IEEE 519 es ampliamente utilizada en entornos industriales donde existen cargas no lineales, como variadores de frecuencia, partidores suaves y fuentes conmutadas, elementos presentes en el sistema analizado.

El cumplimiento de esta norma permite:

- Reducir el impacto de armónicos sobre la red eléctrica.
- Evitar sobrecalentamiento de transformadores y conductores.
- Proteger equipos sensibles y mejorar la confiabilidad del suministro.

1.1.4. Analizadores de red y medición Clase A

La medición de parámetros eléctricos y de calidad de energía se realiza mediante analizadores de red que cumplen con la clase A, definida por la norma IEC 61000-4-30.

Esta norma especifica los métodos de medición para:

- Tensión, corriente y frecuencia.
- Flicker.
- Desequilibrio de tensión.
- Armónicos e interarmónicos.
- Eventos de calidad de suministro (sags, swells, interrupciones).

Los instrumentos Clase A garantizan:

- Alta precisión y repetibilidad de las mediciones.
- Resultados comparables entre distintos equipos certificados.
- Validez legal y técnica de los registros obtenidos.

La utilización de analizadores Clase A es fundamental cuando los datos obtenidos se emplean para auditorías energéticas, diagnósticos técnicos, cumplimiento normativo y toma de decisiones a nivel de ingeniería.

2.3.5. Sistema de gestión de la energía – ISO 50001

El proyecto se articula con los principios establecidos en la norma ISO 50001:2018, la cual define los requisitos para implementar, mantener y mejorar un Sistema de Gestión de la Energía (SGEn).

Esta normativa promueve:

- El monitoreo continuo del desempeño energético.
- La identificación de usos significativos de la energía.
- La definición de indicadores energéticos (EnPI).
- La toma de decisiones basada en datos medidos y verificables.

La incorporación de sistemas de medición eléctrica, analizadores de red y plataformas de supervisión contribuye directamente al cumplimiento de ISO 50001, facilitando:

- La mejora continua del consumo energético.
- La reducción de costos operacionales.
- El soporte técnico para auditorías internas y externas.
- El cumplimiento de compromisos de sostenibilidad y eficiencia energética.

CAPÍTULO 2: DIAGNOSTICO O ANÁLISIS INICIAL

CONTEXTO DEL PROBLEMA

La planta MOWI Caicaén, para realizar el proceso de eviscerado utiliza un sistema de bombas de vacío, para generar una depresión negativa en las líneas de vacío y así poder extraer exitosamente las vísceras del vientre. El problema radica en que los operarios de planta están en las salas de proceso, y el control (Activar y desactivar las bombas) se encuentra en la sala de tableros, muy alejado del proceso de trabajo, por lo tanto los operarios no desactivan las bombas y estas se encuentran en funcionamiento 24/7, generando un consumo excesivo, dejando el vacío siempre activo cuando no es necesario, debido a que el eviscerado es solo un proceso de los 8 aproximadamente (depende la planta y de la modernidad de esta misma), por lo tanto se podría optimizar el uso de esta misma para que solo funcione cuando sea necesario .

El otro problema es que la planta se encuentra en un proceso de certificación bajo las ISO 50001, con la finalidad de comenzar el desarrollo en materia de eficiencia energética y reducción de huella de carbono, por lo tanto, requieren medir al menos el 80% de la potencia de la planta, para ello se requiere conocer las variables eléctricas, en tiempo real y de manera histórica, por lo que se debe distribuir la medición en los 8 procesos para comenzar con este desarrollo de medición y alcanzar el 80% necesario.



Ilustración 1: Bombas de vacío MOWI Caicaén

SITUACIÓN ACTUAL

Las bombas de vacío son accionadas mediante partidores suaves, actualmente se controlan mediante un selector de dos posiciones, que parten o detienen el proceso.

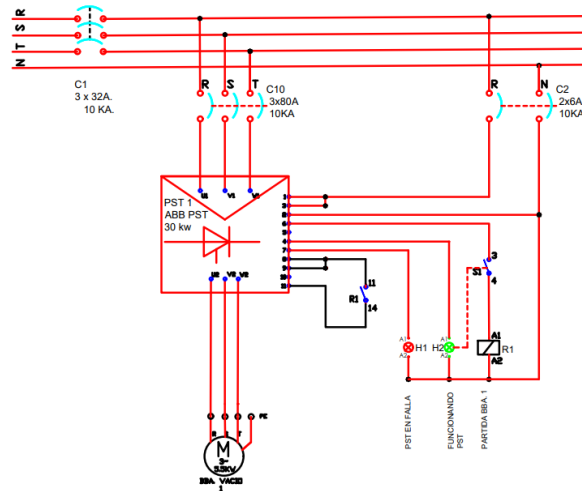


Ilustración 2: Diagrama de conexión P.S ABB

El selector de 2 posiciones activa la bobina de un relé de control de la marca Schneider electric, el cual mediante sus salidas de contacto (2 NC y 2 NO) cierran o abren los puntos 8 y 10 del partidor suave, una vez cerrado, la entrada digital se encuentra programada como partir, por lo que el partidor empieza a realizar su rampa de aceleración para controlar la bomba de vacío



Ilustración 3: Relé de control en tablero existente

IDENTIFICACIÓN DE NECESIDADES

Como bien se analizó, el sistema de bombas de vacío funciona 24/7, funcionando cuando otros procesos están realizando el trabajo, manteniendo esa línea de depresión activa hasta que el eviscerado vuelva a ser el proceso en el cual se está trabajando, por lo tanto, la primera necesidad es:

- Poder activar o desactivar este mismo proceso, sin la necesidad de ir al área de tableros eléctricos, ya que operarios de la planta no lo hacen.
- Conocer las variables eléctricas que se generan en el tablero de control de bombas, con la finalidad de que, en caso de que haya problemas eléctricos que impidan realizar certificación ISO, realizar las acciones correctivas correspondientes. Y también para realizar supervisión de cómo se está comportando el proceso.

CAPITULO 3: DESARROLLO DEL PROYECTO

DISEÑO DE SOLUCIONES

CONTROL REMOTO

Esta solución tiene como finalidad dar comodidad a los operarios de planta, jefe de mantenimiento o jefe de producción, debido a que el eviscerado se debe activar o desactivar en función de la cantidad de producto que se esté pasando por la maquina BAADER, por lo tanto siempre estará a criterio de las jefaturas correspondientes, por lo tanto la implementación de un control remoto es ideal para la comodidad de los colaboradores que participan en el proceso y a la vez se podrá realizar eficiencia energética en el proceso, ya que solo estará activo cuando sea estrictamente necesario.

User Web Page Desing Tool:

En esta aplicación se puede desplegar un HMI bajo HTML5, con la capacidad de generar acciones de lectura o escritura hacia el PLC, debido a que el controlador tiene incorporada de manera nativa, un servidor web para este propósito:

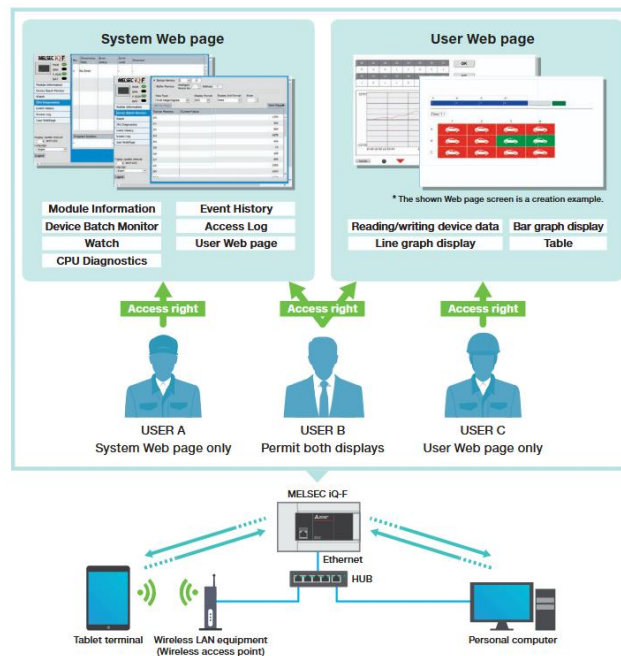


Ilustración 4: Software diseño de páginas WEB

La página será almacenada en una tarjeta SD, que va alojada en el PLC Mitsubishi FX5U, para ello el primer paso es tener una tarjeta SD de hasta 32Gb de memoria, y previamente se debe en su interior crear las siguientes carpetas:

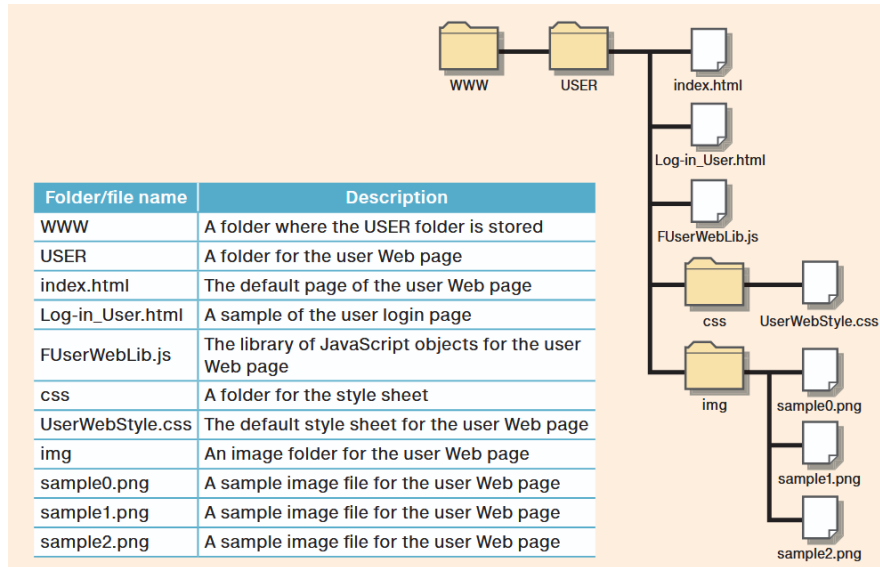


Ilustración 5: Rutas necesarias en tarjeta SD

Una vez todo se encuentre listo se procede en habilitar el servidor web en el software de ingeniería GX Works 3

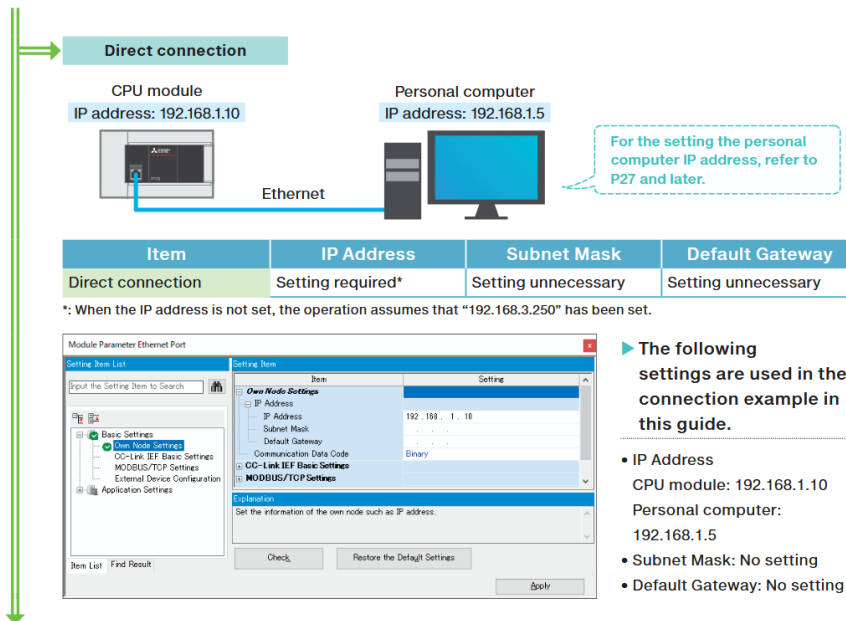


Ilustración 6: Configuración Ethernet GXWORKS3

Se debe establecer una dirección IP al PLC, en este caso se hace en el apartado de *Basic Setting* y luego en *Own node Setting* Se establecerá Dirección IP, Mascará de red y puerta de enlace.

Con la configuración lista, ya se puede pasar a realizar el diseño para cargar a la CPU

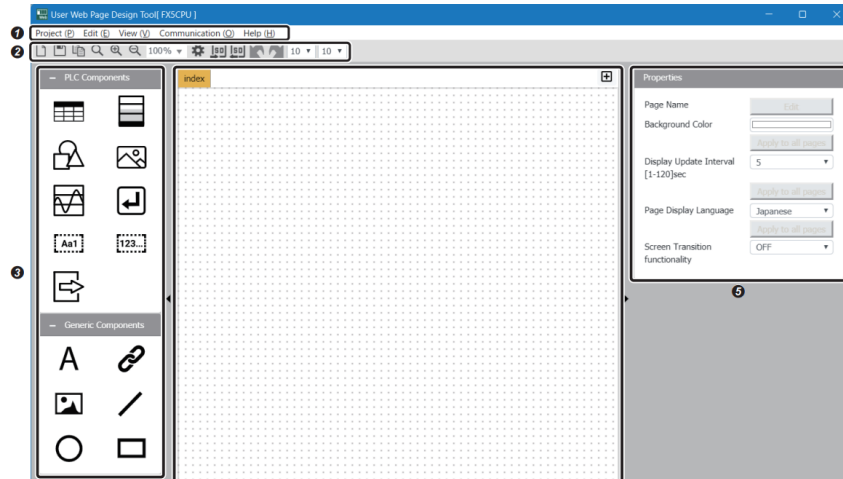


Ilustración 7: Interfaz desarrollo HMI WEB

A el diagrama unilineal del tablero de control de bombas existente, el diseño indica que en planta existen 3 bombas de vacío y una disponible para mantenencias, por lo tanto, se debe implementar un diseño web en donde se pueda activar o desactivar estas bombas de vacío, el diseño propuesto es el siguiente:



Ilustración 8: Control On/Off para bombas de vacío

Se tiene la posibilidad de activar o desactivar las bombas, y tenemos una luz piloto que nos indicará que efectivamente la bomba ha realizado su partida, se realizará una rama de habilitado que considera la activación de la salida a relé del PLC más el cambio de estado del relé de control que da partida en el partidor suave, si estas dos condiciones son verdaderas, la luz piloto pasará de rojo a verde.

Es muy importante que se pueda saber con certeza que la bomba está funcionando y que, a la vez, nuestra luz piloto efectivamente este en ON, para ello se utilizará una rama de habilitado, que utilizando una función lógica AND, activaremos una bobina que corresponde a la luz piloto,

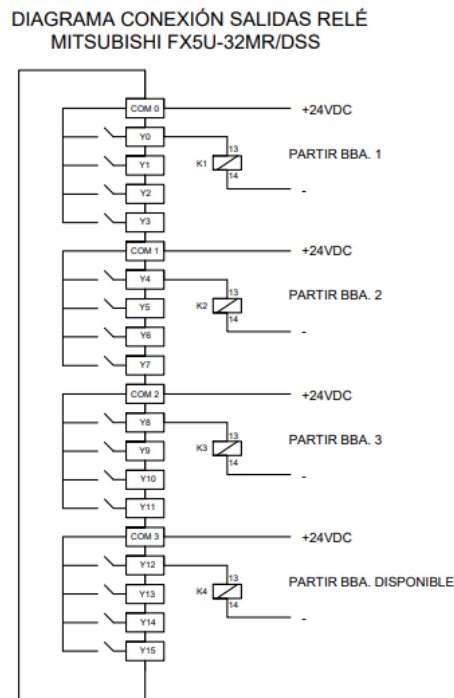


Ilustración 9: Salidas digitales PLC FX5U proyectado

Se utiliza las salidas digitales Y0, Y4, Y8, Y12 como primera condición de seguridad, la segunda condición de seguridad, nos la otorgará una salida de contacto disponible, en el relé de control existente de Schneider Electric, el cual, si su bobina se energiza, el partidor suave recibe la señal de arranque.

Esta señal disponible del relé de control se llevará como entrada digital al PLC, teniendo una señal de confirmación adicional para asegurarnos que la bomba efectivamente realizó la partida.

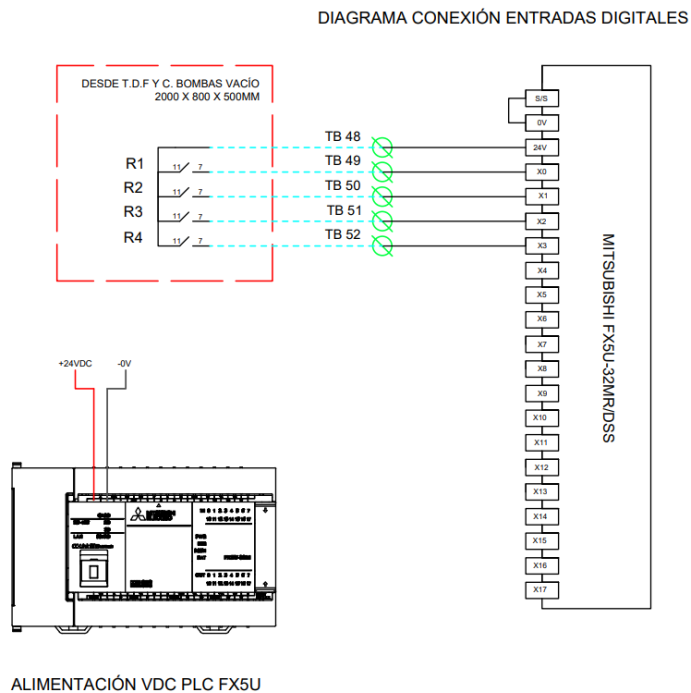


Ilustración 10: Entradas digitales PLC FX5U

Finalmente se debe realizar un programa en el PLC, implementando esta rama de habilitado, esto se realizará en GX WORKS 3:

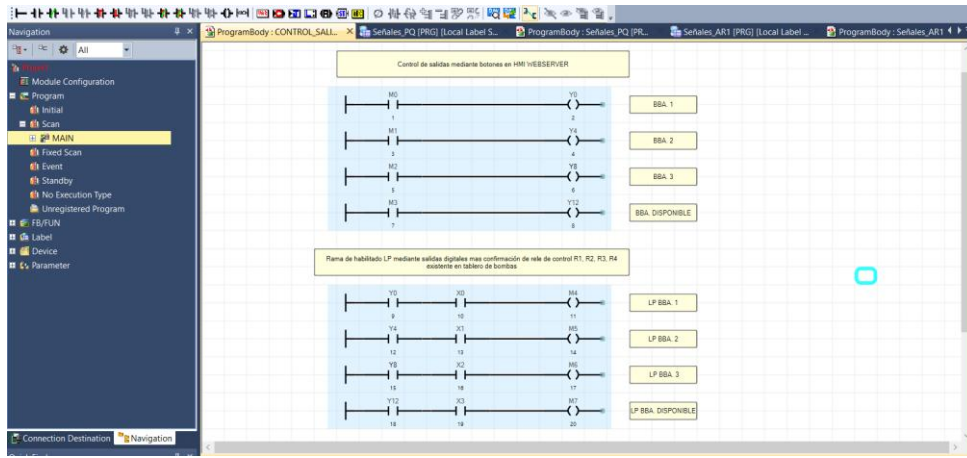


Ilustración 11: Control On/Off con ramas de habilitado

Ahora se logra tener el control remoto de las bombas, la dirección IP del PLC debe ser asignada por el departamento de TI de la planta, con la finalidad de asignar una dirección que pueda estar en las subredes de los departamentos de mantenimiento u operaciones, de esta forma la página web será visible en la red interna corporativa de MOWI,

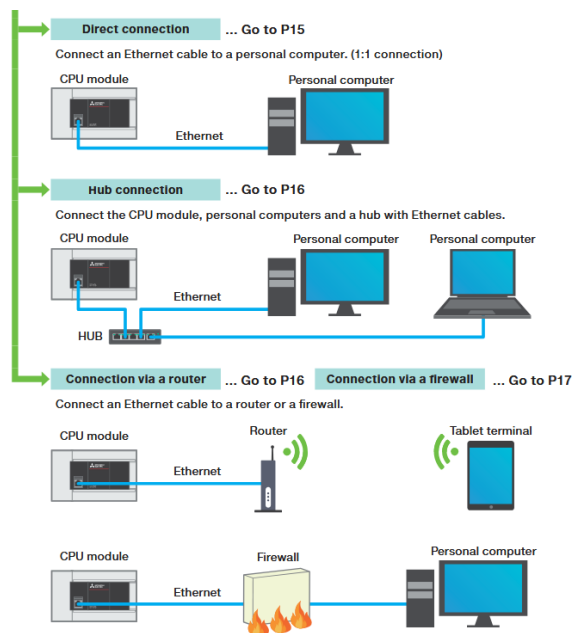


Ilustración 12: Métodos de conexión de PLC a red corporativa MOWI

SUPERVISIÓN DE VARIABLES ELÉCTRICAS

Para analizar los circuitos eléctricos se utilizarán analizadores de red, con la finalidad de supervisar eléctricamente el proceso completo, para ello se decidió en conjunto con cliente, que, por cada circuito de partidor suave, se implementará analizadores de redes, y adicional a esto, en la protección general del tablero de control, se implementará un analizador de red con calidad de energía, clase A, por lo tanto, se debe realizar un diagrama unilineal proyectado, que reemplazará el existente:

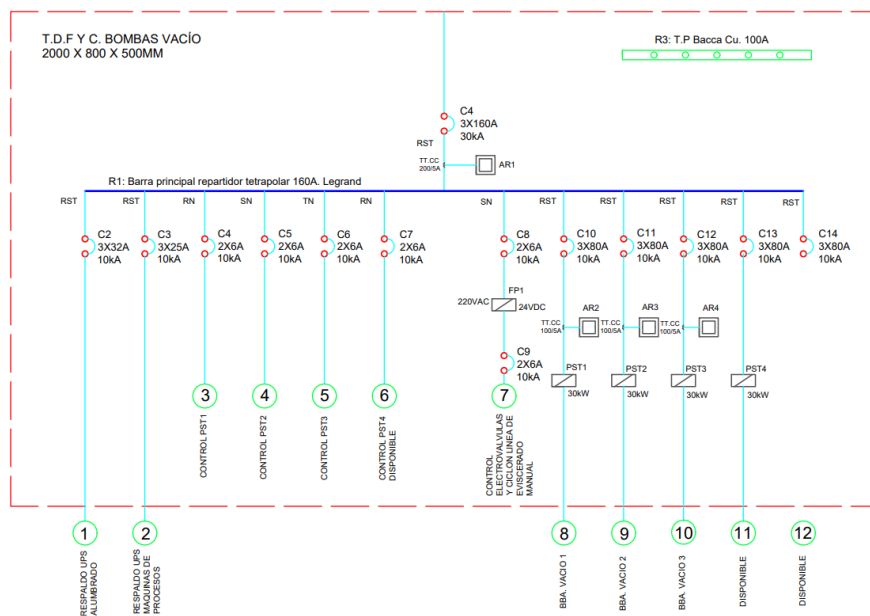


Ilustración 13: T.D.F.Y.C BBAS vacío proyectado

La selección de analizadores de red, en relación precio, calidad y prestaciones, se basó en la marca SATEC, una marca que se especializa en equipos de medición y sub-medición, que tiene la ventaja de disponer de analizadores de redes convencionales hasta analizadores de redes con calidad de energía con precisión y sensibilidad de muy alta calidad con certificaciones de calibración de fábrica.

Para los circuitos de partidores suaves se elige el modelo Satec PM135EH, equipo con prestaciones de alto nivel, medición de variables eléctricas convencionales, energía y análisis armónico que involucra THD, TDD y FACTOR K



Ilustración 14: SATEC PM135EH

Este equipo se caracteriza por:

- Tener comunicación serial RS485 compatible con MODBUS RTU
- 128 muestras por ciclo
- Medición indirecta
- Precio competitivo en el mercado

Para la medición del tablero general, es necesario que el equipo sea como mínimo de clase “A” ya que es un requisito solicitado por el cliente, que tenga esta categoría o denominación es importante, ya que nos indica que el medidor de calidad de energía se rige bajo la normativa IEC 61000-4-30, esta norma define los siguientes puntos:

- Que mide
- Como se mide
- Con que exactitud
- Con que sincronización temporal

La principal diferencia es que un medidor de calidad de energía versus uno convencional tiene la capacidad de capturar y clasificar eventos, los cuales pueden ser:

- Huecos de tensión (Voltage dips)
- Sobretensiones y subtensiones (swells)
- Interrupciones cortas y largas
- Flicker (Pst / Plt) → IEC 61000-4-15
- Desbalance de tensión
- Variaciones rápidas de tensión (RVC)
- Armónicos y Inter armónicos con ventana normativa
- THD con método normalizado
- Forma de onda (registro de oscilografía)

también es importante ya que estos equipos traen certificación de calibración de fábrica, requisito importante para el cliente.

El equipo seleccionado es el modelo SATEC PM335-PQ, que cumple con todos estos requisitos, siendo también de clase A,



Ilustración 15: SATEC PM335-PQ

Debido a que todo se implementará en un único tablero industrial, que sea compatible con la normativa eléctrica chilena, debe ser del tipo auto soportado, donde se realizará la integración y montaje de todos los equipos de control, por lo tanto se debe diseñar como se realizará e implementará la interconexión de las señales eléctricas, por lo tanto el tablero se proyectara con montaje y alambrado del tipo modular, todas las señales de conectarán mediante interconexión a borneras, por lo tanto se presenta el diseño de conexión de analizadores de red, en el tablero de control proyectado:

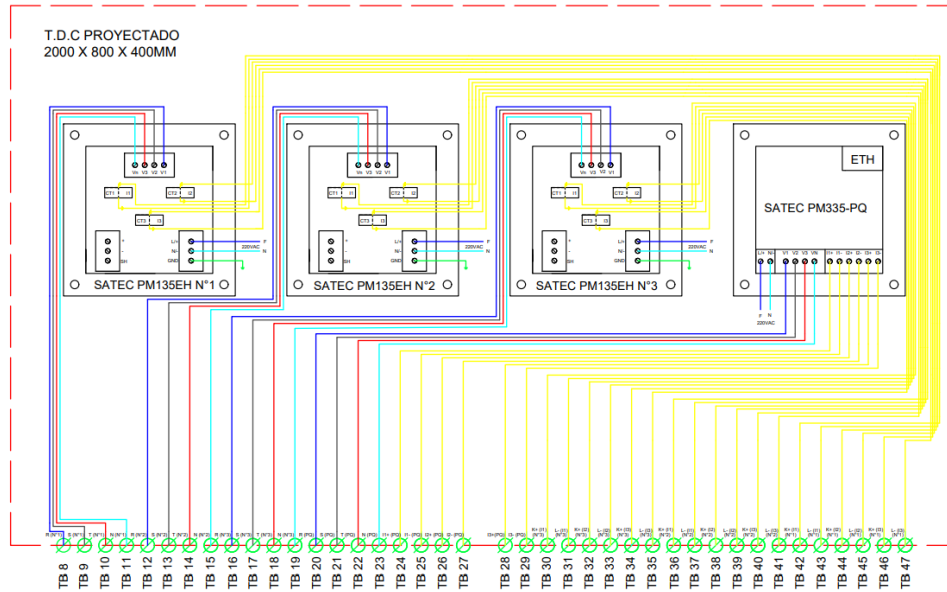


Ilustración 16: Diagrama conexión analizadores de red proyectado

De esta forma, en el cableado del tablero de control existente, hacia el tablero de control proyectado, se realizará mediante una interconexión entre las borneras, a través de conductores de control multipar.

Los equipamientos realizarán medición de las variables eléctricas correspondientes y solicitadas por el cliente, ahora se necesita recolectar esta información generada, y enviarla hacia el controlador, para realizar el manejo de datos, para ello se proyectará una arquitectura de comunicación bajo 2 redes, una será mediante Ethernet y la otra mediante RS485.

Se realiza la conexión Ethernet hacia un Switch industrial, para que todas las conexiones se puedan conectar cómodamente en paralelo, y la conexión serial irá directamente al puerto de comunicación embebido RS485 del PLC FX5U, por lo tanto, se presenta la proyección del diagrama de arquitectura de comunicaciones desde los analizadores de red hacia el PLC:

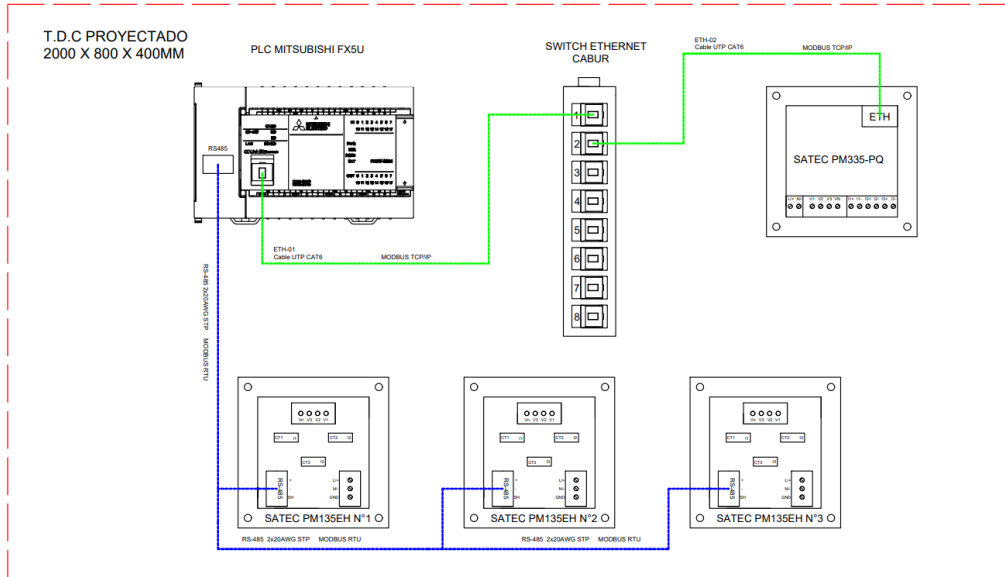


Ilustración 17: Diagrama de conexión de comunicaciones

Teniendo la conexión de las señales eléctricas listas, para que los equipamientos realicen lectura, y las señales de comunicación hacia nuestro PLC, para la recolección de variables eléctricas generadas por el tablero de bombas, se procede a realizar la programación de comunicación en el software de ingeniería GX Works 3.

PROCEDIMIENTOS TÉCNICOS

PARA PM335-PQ:

Mitsubishi FX5U en el puerto de comunicación Ethernet trae de manera nativa, la compatibilidad con este protocolo de comunicación, para ello se ofrecen múltiples caminos, entre ellos pueden ser el uso de un bloque predefinido que entrega el fabricante, en donde solo se debe apuntar las direcciones IP de los analizadores, Puerto de acceso, numero de conexión, estableciendo estos datos se procede a buscar las direcciones Modbus TCP del analizador de red en el cual deben ser apuntadas desde el PLC.

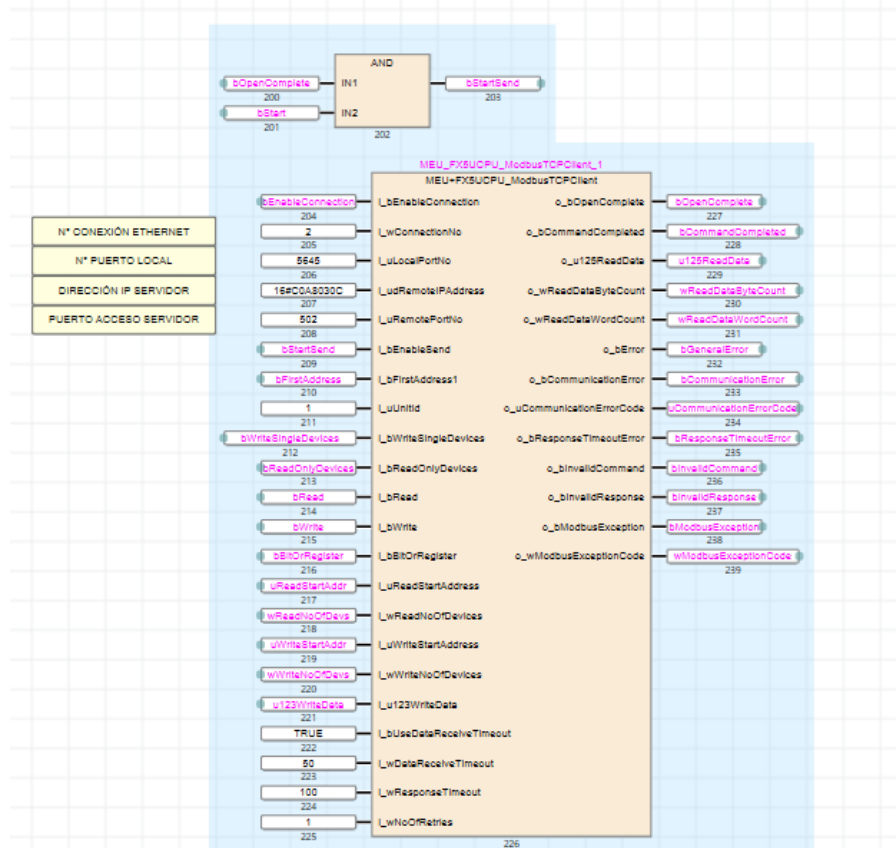


Ilustración 18: Bloque comunicación Cliente MODBUS TCP/IP

Como se utilizarán registros de 16 bits internos en el PLC para almacenar estas variables, llamados como dispositivos “D”, se apuntarán a las direcciones de memoria escalas a 16 bits del analizador de red, para no tener problemas con el escalamiento de los datos:

3.3 16-bit Scaled Analog Values

Address	Point ID	Description	Low and High Scales ¹	Units ²	Type	R/W	Notes
4320-4347		1/2-Cycle Values					
+0	0x0B80	V1 voltage	0-Vmax	U1	UINT16	R	¹ , DC-applicable
+1	0x0B81	V2 voltage	0-Vmax	U1	UINT16	R	¹ , DC-applicable
+2	0x0B82	V3 voltage	0-Vmax	U1	UINT16	R	¹ , DC-applicable
+3	0x0B83	Not used	0	0	UINT16	R	
+4	0x0B84	V12 voltage	0-Vmax	U1	UINT16	R	
+5	0x0B85	V23 voltage	0-Vmax	U1	UINT16	R	
+6	0x0B86	V31 voltage	0-Vmax	U1	UINT16	R	
+7	0x0B87	I1 current	0-Imax	I2	UINT16	R	DC-applicable
+8	0x0B88	I2 current	0-Imax	I2	UINT16	R	DC-applicable
+9	0x0B89	I3 current	0-Imax	I2	UINT16	R	DC-applicable
+10	0x0B8A	I4 current	0-Imax	I2	UINT16	R	DC-applicable
+11	0x0B8B	I4 current	0-Imax	I2	UINT16	R	
+12	0x0B97	Not used	0	0	UINT16	R	
+13	0x0B97	Not used	0	0	UINT16	R	
+14	0x0B97	Not used	0	0	UINT16	R	
+15	0x0B97	Not used	0	0	UINT16	R	
+16	0x0B97	Not used	0	0	UINT16	R	
+17	0x0B91	Zero-sequence voltage	0-Vmax	U1	UINT16	R	
+18	0x0B92	Zero-sequence current	0-Imax	I2	UINT16	R	
+19	0x0B93	Ix Zero-sequence current	0-Imax	I2	UINT16	R	
+20	0x0B94	Voltage unbalance	0-300.0	0.1%	UINT16	R	
+21	0x0B95	Current unbalance	0-300.0	0.1%	UINT16	R	
+22	0x0B96	Ix current unbalance	0-300.0	0.1%	UINT16	R	
+23	0x0B97	Not used	0	0	UINT16	R	
+24	0x0B98	Frequency (1-cycle)	0-100.00	0.01Hz	UINT16	R	
+25	0x0B99	Not used	0	0	UINT16	R	

Ilustración 19: Direcciones de memoria SATEC PM335-PQ

Address	Point ID	Description	Low and High Scales ¹	Units ²	Type	R/W	Notes
+26	0x0B9A	Not used	0	0	UINT16	R	
+27	0x0B9B	I leakage current	0-Imax	I2	UINT16	R	
4352-4387		1-Cycle Phase Values					
+0	0x0C00	V1 voltage	0-Vmax	U1	UINT16	R	¹ , DC-applicable
+1	0x0C01	V2 voltage	0-Vmax	U1	UINT16	R	¹ , DC-applicable
+2	0x0C02	V3 voltage	0-Vmax	U1	UINT16	R	¹ , DC-applicable
+3	0x0C03	I1 current	0-Imax	I2	UINT16	R	DC-applicable
+4	0x0C04	I2 current	0-Imax	I2	UINT16	R	DC-applicable
+5	0x0C05	I3 current	0-Imax	I2	UINT16	R	DC-applicable
+6	0x0C06	kW L1	Pmax-Pmax	I3	INT16	R	DC-applicable
+7	0x0C07	kW L2	Pmax-Pmax	I3	INT16	R	DC-applicable
+8	0x0C08	kW L3	Pmax-Pmax	I3	INT16	R	DC-applicable
+9	0x0C09	kvar L1	Pmax-Pmax	I3	INT16	R	
+10	0x0C0A	kvar L2	Pmax-Pmax	I3	INT16	R	
+11	0x0C0B	kvar L3	Pmax-Pmax	I3	INT16	R	
+12	0x0C0C	kVA L1	0-Pmax	I3	UINT16	R	
+13	0x0C0D	kVA L2	0-Pmax	I3	UINT16	R	
+14	0x0C0E	kVA L3	0-Pmax	I3	UINT16	R	
+15	0x0C0F	Power factor L1	-1.000-1.000	0.001	INT16	R	
+16	0x0C10	Power factor L2	-1.000-1.000	0.001	INT16	R	
+17	0x0C11	Power factor L3	-1.000-1.000	0.001	INT16	R	
+18	0x0C12	V1 voltage THD	0-999.9	0.1%	UINT16	R	^{2,4}
+19	0x0C13	V2 voltage THD	0-999.9	0.1%	UINT16	R	^{2,4}
+20	0x0C14	V3 voltage THD	0-999.9	0.1%	UINT16	R	^{2,4}
+21	0x0C15	I1 current THD	0-999.9	0.1%	UINT16	R	⁴
+22	0x0C16	I2 current THD	0-999.9	0.1%	UINT16	R	⁴
+23	0x0C17	I3 current THD	0-999.9	0.1%	UINT16	R	⁴
+24	0x0C18	I1 K-Factor	1.0-999.9	0.1	UINT16	R	⁴
+25	0x0C19	I2 K-Factor	1.0-999.9	0.1	UINT16	R	⁴

Ilustración 20: Direcciones de memoria SATEC PM335-PQ Parte 2

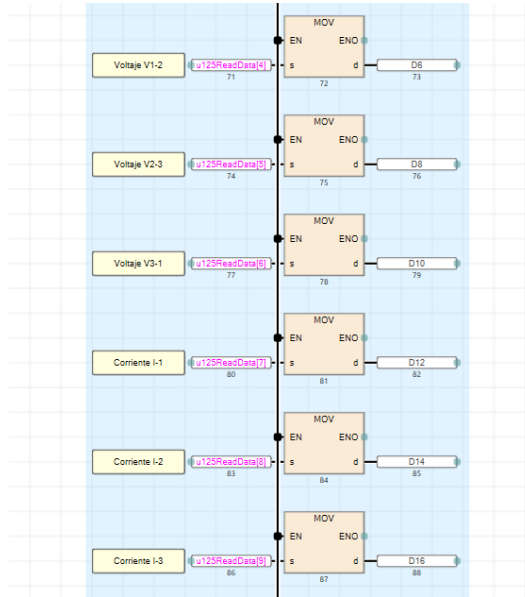


Ilustración 25: Lectura de voltajes y corrientes

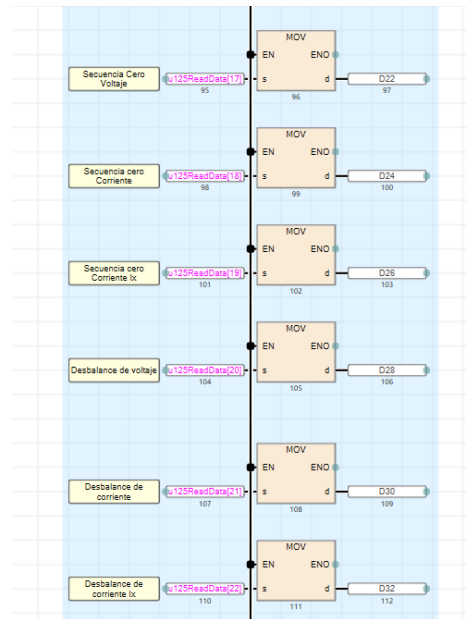


Ilustración 26: Lecturas de secuencias y desbalances

De esta forma, ya se dispone de la información necesaria capturada y almacenada en la memoria interna del PLC, que posteriormente se debe trabajar o escalar si fuese necesario, para una correcta visualización en el servidor web que será desplegado en la red interna de la empresa.

El siguiente paso, será la programación para la captura de señales de los analizadores de red, a través de una red Modbus RUT, bajo el estándar recomendado 485, para ello se utiliza la función ADPRW, la cual tiene la capacidad de permitir que el maestro MODBUS se comunique (leer/escribir datos) con los esclavos. Esta instrucción se puede utilizar en estaciones maestras con hasta cuatro canales. (Esta instrucción no se puede utilizar con ADPRW).

Se configura la comunicación RS485 en el PLC, el primer paso es establecer como se enviarán los datagramas de información, siendo esto previamente configurado en el software, se configura el Baud rate, bit de parada y bit de paridad, siendo esta la misma configuración que se debe aplicar en el analizador de red:

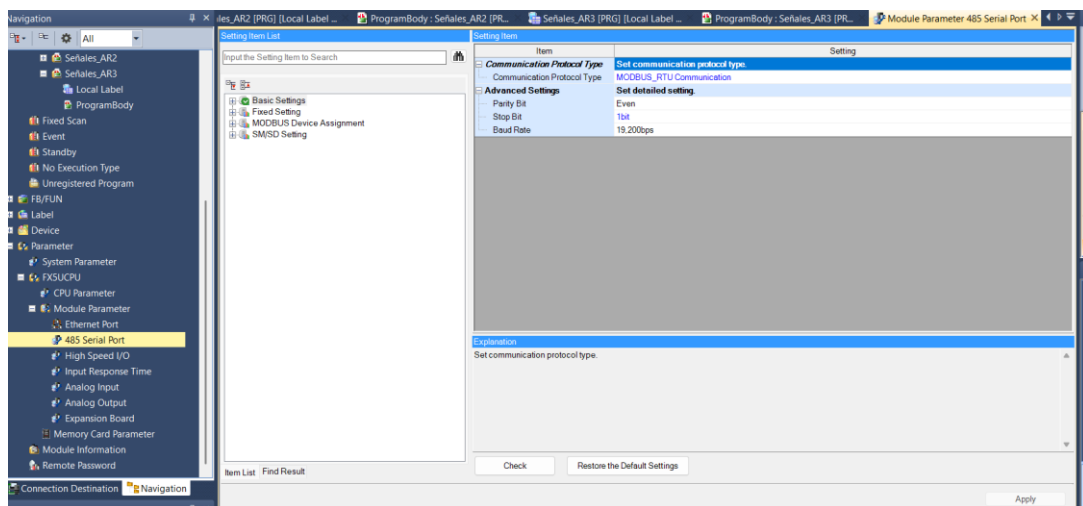


Ilustración 27: Configuración RS485 en PLC FX5U

Se realizará el mismo paso previo que en el caso anterior, se consultará la tabla de fabricante de direcciones MODBUS, en el dispositivo SATEC PM135 EH, se apunta a las direcciones de 16 bits para no tener problemas con escalamiento:

3.2 16-bit Scaled Analog Registers and Energy Counters - Basic Register Set

Address	Point ID	Description	Low and High Scales ²	Units ²	Type	R/W	Notes
256-308							
+0	0x1100	V1/V12 Voltage	0-Vmax	U1	UINT16	R	1
+1	0x1101	V2/V23 Voltage	0-Vmax	U1	UINT16	R	1
+2	0x1102	V3/V31 Voltage	0-Vmax	U1	UINT16	R	1
+3	0x1103	I1 Current	0-Imax	U2	UINT16	R	
+4	0x1104	I2 Current	0-Imax	U2	UINT16	R	
+5	0x1105	I3 Current	0-Imax	U2	UINT16	R	
+6	0x1106	kW L1	-Pmax-Pmax	U3	INT16	R	
+7	0x1107	kW L2	-Pmax-Pmax	U3	INT16	R	
+8	0x1108	kW L3	-Pmax-Pmax	U3	INT16	R	
+9	0x1109	kvar L1	-Pmax-Pmax	U3	INT16	R	
+10	0x110A	kvar L2	-Pmax-Pmax	U3	INT16	R	
+11	0x110B	kvar L3	-Pmax-Pmax	U3	INT16	R	
+12	0x110C	kVA L1	-Pmax-Pmax	U3	UINT16	R	
+13	0x110D	kVA L2	-Pmax-Pmax	U3	UINT16	R	
+14	0x110E	kVA L3	-Pmax-Pmax	U3	UINT16	R	
+15	0x110F	Power factor L1	-1.000-1.000	0.001	INT16	R	
+16	0x1110	Power factor L2	-1.000-1.000	0.001	INT16	R	
+17	0x1111	Power factor L3	-1.000-1.000	0.001	INT16	R	
+18	0x1403	Total PF	-1.000-1.000	0.001	INT16	R	
+19	0x1400	Total kW	-Pmax-Pmax	U3	INT16	R	
+20	0x1401	Total kvar	-Pmax-Pmax	U3	INT16	R	
+21	0x1402	Total kVA	-Pmax-Pmax	U3	UINT16	R	
+22	0x1501	In (neutral) Current	0-Imax	U2	UINT16	R	
+23	0x1502	Frequency	45.00-65.00	0.01Hz	UINT16	R	
+24	0x3709	Maximum kW import sliding window demand	-Pmax-Pmax	U3	UINT16	R	
+25	0x160F	kW import accumulated demand	-Pmax-Pmax	U3	UINT16	R	
+26	0x3708	Maximum kVA sliding window demand	-Pmax-Pmax	U3	UINT16	R	
+27	0x1611	kVA accumulated demand	-Pmax-Pmax	U3	UINT16	R	
+28	0x3703	I1 Maximum ampere demand	0-Imax	U2	UINT16	R	
+29	0x3704	I2 Maximum ampere demand	0-Imax	U2	UINT16	R	
+30	0x3705	I3 Maximum ampere demand	0-Imax	U2	UINT16	R	
+31		kWh import (low)	0-9999	1kWh	UINT16	R	5
+32		kWh import (high)	0-9999	×10MWh	UINT16	R	5
+33		kWh export (low)	0-9999	1kWh	UINT16	R	5
+34		kWh export (high)	0-9999	×10MWh	UINT16	R	5
+35		+kvarh net (low)	0-9999	1kvarh	UINT16	R	3,5
+36		+kvarh net (high)	0-9999	×10Mvarh	UINT16	R	3,5
+37		-kvarh net (low)	0-9999	1kvarh	UINT16	R	4,5
+38		-kvarh net (high)	0-9999	×10Mvarh	UINT16	R	4,5

Ilustración 28: Direcciones MODBUS SATEC PM135EH

Luego se configura la comunicación RS485 en el PLC, asignando como estación 1 al analizador de red 1, la función modbus que se empleará, la primera dirección a la que se apunta, cuantas lecturas de variables se realiza y donde se almacenará esta información, debido a que los 3 analizadores de red se comportan idénticamente simplemente este proceso se realiza 3 veces cambiando la estación y las direcciones donde se almacenaran estas variables rescatadas y almacenadas en PLC

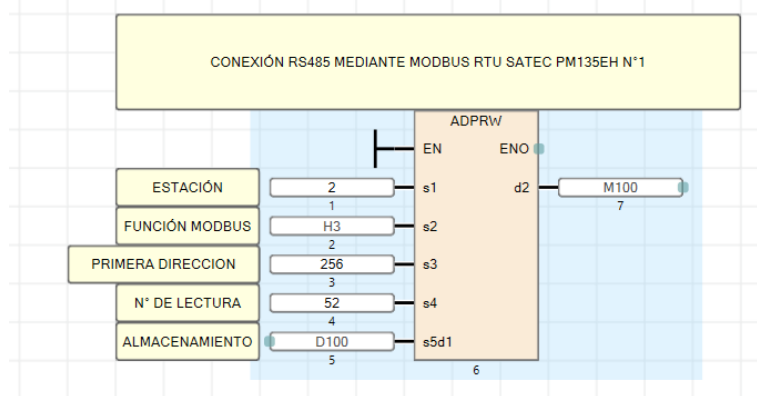


Ilustración 29: Conexión RS485 analizador de red N°1

Para finalizar, se debe tener un correcto orden, manejo de datos y escalamientos de estas variables eléctricas, para ello, las variables eléctricas obtenidas, se agrega nombres y etiquetas, siendo estas del tipo global, para ello se realiza el siguiente programa, con la finalidad de ordenar correctamente, direccionar y escalar sin problemas estas variables eléctricas

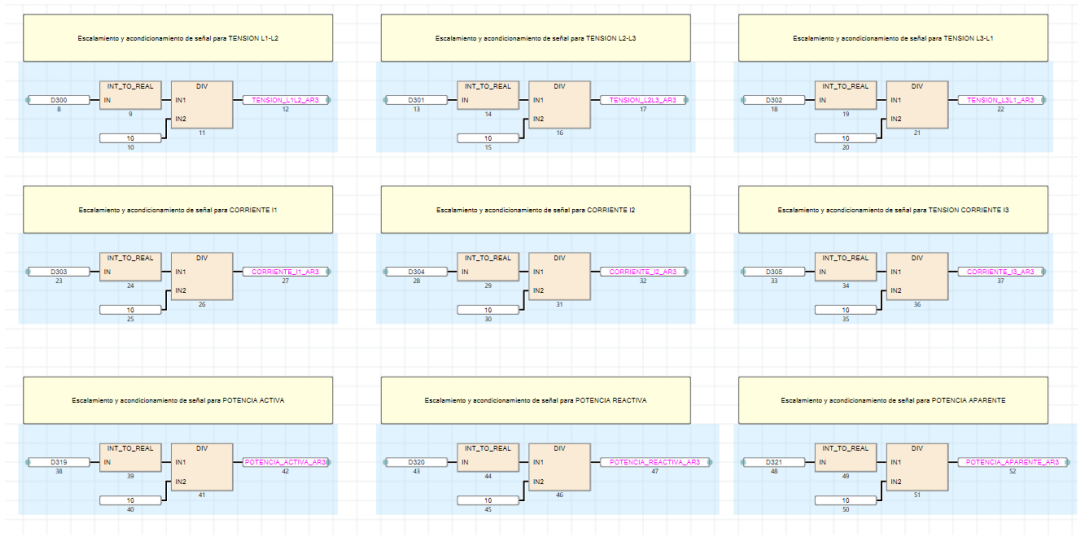


Ilustración 30: Escalamiento y almacenamiento de variables en etiquetas globales

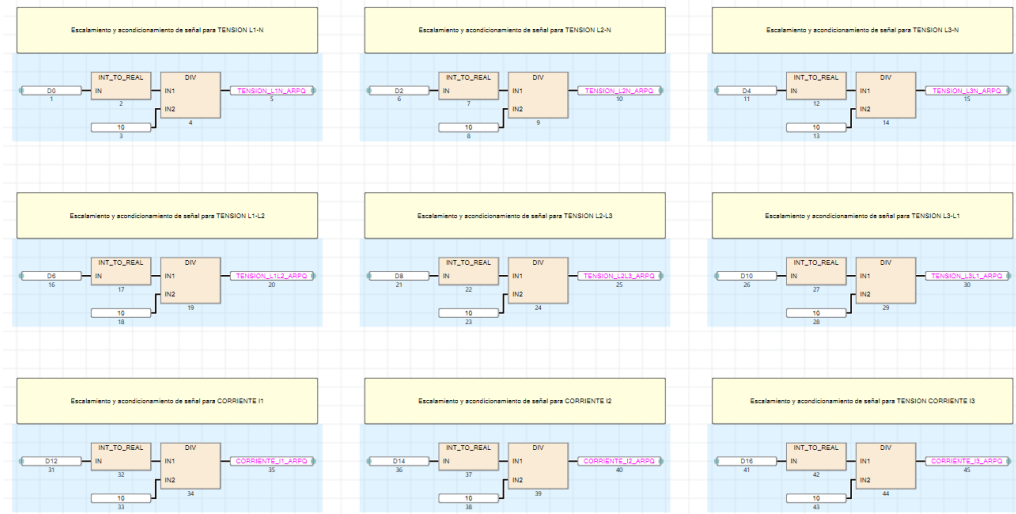


Ilustración 31: Escalamiento y almacenamiento de variables eléctricas en etiquetas globales de analizador de red PM335

Se crean variables Globales con nombres de la variable eléctrica que se está midiendo, asignando un dispositivo del tipo real, para tener mayor exactitud en la medición:

	Label Name	Data Type		Class	Assign(Device/Label)
1	TENSION_L1N_ARPQ	FLOAT [Single Precision]	...	VAR_GLOBAL	▼ R0
2	TENSION_L2N_ARPQ	FLOAT [Single Precision]	...	VAR_GLOBAL	▼ R2
3	TENSION_L3N_ARPQ	FLOAT [Single Precision]	...	VAR_GLOBAL	▼ R4
4	TENSION_L1L2_ARPQ	FLOAT [Single Precision]	...	VAR_GLOBAL	▼ R6
5	TENSION_L2L3_ARPQ	FLOAT [Single Precision]	...	VAR_GLOBAL	▼ R8
6	TENSION_L3L1_ARPQ	FLOAT [Single Precision]	...	VAR_GLOBAL	▼ R10
7	CORRIENTE_I1_ARPQ	FLOAT [Single Precision]	...	VAR_GLOBAL	▼ R12
8	CORRIENTE_I2_ARPQ	FLOAT [Single Precision]	...	VAR_GLOBAL	▼ R14
9	CORRIENTE_I3_ARPQ	FLOAT [Single Precision]	...	VAR_GLOBAL	▼ R16
10	POTENCIA_ACTIVAR_ARPQ	FLOAT [Single Precision]	...	VAR_GLOBAL	▼ R18
11	POTENCIA_REACTIVA_ARPQ	FLOAT [Single Precision]	...	VAR_GLOBAL	▼ R20
12	POTENCIA_APARENTE_ARPQ	FLOAT [Single Precision]	...	VAR_GLOBAL	▼ R22
13	FACTOR_DE_POTENCIA_ARPQ	FLOAT [Single Precision]	...	VAR_GLOBAL	▼ R24
14	THD_I1_ARPQ	FLOAT [Single Precision]	...	VAR_GLOBAL	▼ R26
15	THD_I2_ARPQ	FLOAT [Single Precision]	...	VAR_GLOBAL	▼ R28
16	THD_I3_ARPQ	FLOAT [Single Precision]	...	VAR_GLOBAL	▼ R30
17	DISPONIBLE_1	FLOAT [Single Precision]	...	VAR_GLOBAL	▼ R32
18	DISPONIBLE_2	FLOAT [Single Precision]	...	VAR_GLOBAL	▼ R34
19	DISPONIBLE_3	FLOAT [Single Precision]	...	VAR_GLOBAL	▼ R36
20	DISPONIBLE_4	FLOAT [Single Precision]	...	VAR_GLOBAL	▼ R38

Ilustración 32: Primeras veinte variables globales creadas en PLC

20	DISPONIBLE_4	FLOAT [Single Precision]	...	VAR_GLOBAL	▼ R38
21	DISPONIBLE_5	FLOAT [Single Precision]	...	VAR_GLOBAL	▼ R40
22	DISPONIBLE_6	FLOAT [Single Precision]	...	VAR_GLOBAL	▼ R42
23	TENSION_L1L2_AR1	FLOAT [Single Precision]	...	VAR_GLOBAL	▼ R44
24	TENSION_L2L3_AR1	FLOAT [Single Precision]	...	VAR_GLOBAL	▼ R46
25	TENSION_L3L1_AR1	FLOAT [Single Precision]	...	VAR_GLOBAL	▼ R48
26	CORRIENTE_I1_AR1	FLOAT [Single Precision]	...	VAR_GLOBAL	▼ R50
27	CORRIENTE_I2_AR1	FLOAT [Single Precision]	...	VAR_GLOBAL	▼ R52
28	CORRIENTE_I3_AR1	FLOAT [Single Precision]	...	VAR_GLOBAL	▼ R54
29	POTENCIA_ACTIVAR_AR1	FLOAT [Single Precision]	...	VAR_GLOBAL	▼ R56
30	POTENCIA_REACTIVA_AR1	FLOAT [Single Precision]	...	VAR_GLOBAL	▼ R58
31	POTENCIA_APARENTE_AR1	FLOAT [Single Precision]	...	VAR_GLOBAL	▼ R60
32	FACTOR_DE_POTENCIA_AR1	FLOAT [Single Precision]	...	VAR_GLOBAL	▼ R62
33	THD_I1_AR1	FLOAT [Single Precision]	...	VAR_GLOBAL	▼ R64
34	THD_I2_AR1	FLOAT [Single Precision]	...	VAR_GLOBAL	▼ R66
35	THD_I3_AR1	FLOAT [Single Precision]	...	VAR_GLOBAL	▼ R68
36	DISPONIBLE_7	FLOAT [Single Precision]	...	VAR_GLOBAL	▼ R70
37	DISPONIBLE_8	FLOAT [Single Precision]	...	VAR_GLOBAL	▼ R72
38	DISPONIBLE_9	FLOAT [Single Precision]	...	VAR_GLOBAL	▼ R74
39	TENSION_L1L2_AR2	FLOAT [Single Precision]	...	VAR_GLOBAL	▼ R76
40	TENSION_L2L3_AR2	FLOAT [Single Precision]	...	VAR_GLOBAL	▼ R78

Ilustración 33: Variables globales desde la veinte hasta la cuarenta

40	TENSION_L2L3_AR2	FLOAT [Single Precision]	...	VAR_GLOBAL	▼ R78
41	TENSION_L3L1_AR2	FLOAT [Single Precision]	...	VAR_GLOBAL	▼ R80
42	CORRIENTE_I1_AR2	FLOAT [Single Precision]	...	VAR_GLOBAL	▼ R82
43	CORRIENTE_I2_AR2	FLOAT [Single Precision]	...	VAR_GLOBAL	▼ R84
44	CORRIENTE_I3_AR2	FLOAT [Single Precision]	...	VAR_GLOBAL	▼ R86
45	POTENCIA_ACTIVAR_AR2	FLOAT [Single Precision]	...	VAR_GLOBAL	▼ R88
46	POTENCIA_REACTIVA_AR2	FLOAT [Single Precision]	...	VAR_GLOBAL	▼ R90
47	POTENCIA_APARENTE_AR2	FLOAT [Single Precision]	...	VAR_GLOBAL	▼ R92
48	FACTOR_DE_POTENCIA_AR2	FLOAT [Single Precision]	...	VAR_GLOBAL	▼ R94
49	THD_I1_AR2	FLOAT [Single Precision]	...	VAR_GLOBAL	▼ R96
50	THD_I2_AR2	FLOAT [Single Precision]	...	VAR_GLOBAL	▼ R98
51	THD_I3_AR2	FLOAT [Single Precision]	...	VAR_GLOBAL	▼ R100
52	DISPONIBLE_10	FLOAT [Single Precision]	...	VAR_GLOBAL	▼ R102
53	DISPONIBLE_11	FLOAT [Single Precision]	...	VAR_GLOBAL	▼ R104
54	DISPONIBLE_12	FLOAT [Single Precision]	...	VAR_GLOBAL	▼ R106
55	TENSION_L1L2_AR3	FLOAT [Single Precision]	...	VAR_GLOBAL	▼ R108
56	TENSION_L2L3_AR3	FLOAT [Single Precision]	...	VAR_GLOBAL	▼ R110
57	TENSION_L3L1_AR3	FLOAT [Single Precision]	...	VAR_GLOBAL	▼ R112
58	CORRIENTE_I1_AR3	FLOAT [Single Precision]	...	VAR_GLOBAL	▼ R114
59	CORRIENTE_I2_AR3	FLOAT [Single Precision]	...	VAR_GLOBAL	▼ R116
60	CORRIENTE_I3_AR3	FLOAT [Single Precision]	...	VAR_GLOBAL	▼ R118

Ilustración 34: Variables globales desde la cuarenta hasta la sesenta

Debido a que el analizador de redes tiene la posibilidad de enviar esta información y muchas otras más, se dejan espacios disponibles para en un futuro se puedan agregar otro tipo de variables si así se desea.

De esta forma se finaliza la propuesta de medición de variables eléctricas, ahora se procede a realizar la configuración de la adquisición de datos, para ser almacenado en una tarjeta SD, siendo almacenada la información de potencia y factor de potencia, para ello se emplea el software CPU Module Logging Configuration,

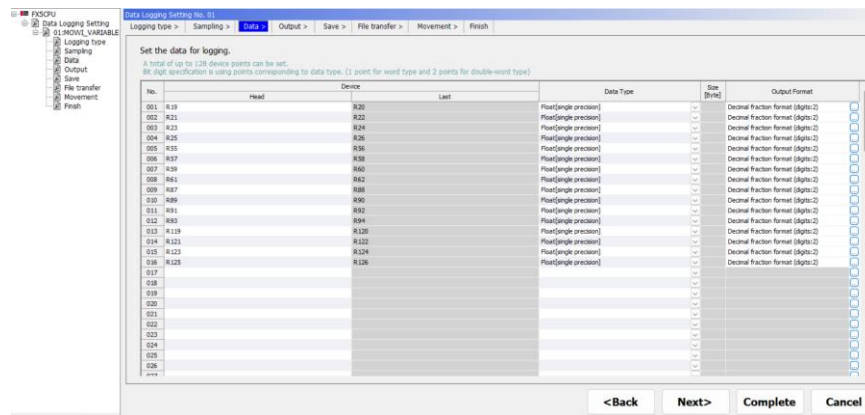


Ilustración 35: Software de adquisición de datos Mitsubishi Electric

Ahora se realiza la configuración para agregar una estampa de tiempo a mi información y además se define que en caso de que se complete la memoria de la tarjeta SD, se borre el último dato y se reescriba uno nuevo.

Specify the save destination and switching timing of data logging files.

Logging file save setting

File save destination
Specify the logging file save directory (folder name). Data will be stored in the following folder:
/LOGGING/ LOG01

Folder to store file to be saved
Select the additional information to the folder name stored the file to be saved.
 Date(J) Time(K) Example 20251219_202924_00000001

File name

Simple setting(A) Simply set additional information...
The information which is added from folder name, date, time to file name can be set.

Optional setting Optionally set additional information...
The additional information to the file name can be set freely.
Example 20251219_202924_00000001.CSV

File switching setting

Number of files to be saved
Specify the maximum number of files to be saved.
Number of files to be saved 10 (1-65535)

Operation when exceeds the number of files:

Overwrite
Files with lower numbers are deleted and logging continues.

Stop
Logging stops.

File switching timing
Specify the file switching timing.

Number of records 1000 [Record] (1-65500)
A logging file is switched to the new one when the number of records exceeds the specified value.

File size [KB] (10-16384)
A logging file is switched to the new one when the file size exceeds the specified value.

Condition specification Condition setting...
A logging file is switched to the new one when the device value satisfies the condition.

Ilustración 36: Configuración de muestreo Data Logging en FX5U

Las variables eléctricas generadas por el sistema deben tener una calidad y precisión de muy alto nivel, para ello del analizador de calidad de energía se debe certificar en algún laboratorio nacional, con la finalidad de acreditar que las variables eléctricas no tienen error en la medición, y que el equipamiento mide con la exactitud deseada.

- Objetivo: medir corrientes en baja tensión y tableros de distribución
- Calibración en laboratorio acreditado (UNDEFIRE): asegura trazabilidad metrológica
- Ventaja: datos confiables para reportes ISO 50001 y decisiones de inversión

Este proceso se realizará en el laboratorio Underfire, perteneciente al grupo COMULSA, el cual cuenta con la característica de ser un Laboratorio chileno acreditado por el Instituto Nacional de Normalización (INN) bajo la norma ISO/IEC 17025, especializado en calibración de instrumentos de magnitudes eléctricas.



Resultados verificados y confiables.



Cumplimiento con los más altos estándares internacionales.



Reducción de tiempos de respuesta y optimización de costos.



Profesionales calificados y procesos auditados constantemente.

En el siguiente capítulo, se presenta el certificado de calibración del analizador de red de clase A Satec PM135-PQ que tiene la finalidad de medir la calidad eléctrica completa del proceso de eviscerado, de esta forma acreditamos que las variables son confiables en su medición.

CAPÍTULO 4: RESULTADOS Y EVALUACIÓN

RESULTADOS OBTENIDOS

A partir de la necesidad de poder mejorar u optimizar el sistema de encendido y apagado de las bombas de vacío se implementó un control remoto a través de un servidor web embebido en un PLC, la cual estará alojada en la red corporativa de la empresa, y según la necesidad de poder medir y conocer el comportamiento eléctrico del proceso de eviscerado, se implementa un SGE(Sistema de gestión de energía) certificado y acreditado bajo el INN(Instituto Nacional de Normalización) por lo tanto se da solución a las necesidades identificadas al principio de esta memoria de título,

Todo esto se realizó de manera Homologada y estandarizada, bajo los criterios de la normativa eléctrica chilena, principalmente bajo el pliego técnico RICN°2 el cual se obtienen las directrices de cómo se debe integrar en el tablero de control, Para ello se realizó el dibujo de los diagramas de unilineales, de control, de conexión y de comunicación respectivos, con equipamiento certificado bajo la SEC.

COMPARACIÓN CON OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Se diseño el sistema de control y supervisión, permitiendo la operación remota en la red corporativa en la red interna de la empresa MOWI.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Se repaso el proceso completo de eviscerado, identificando donde implementar el control para el funcionamiento local y remoto sin problemas
- Se realizó una arquitectura de control bajo la plataforma FX5U, implementando control eléctrico, programado a través del lenguaje Ladder, y adquisición de variables eléctricas a través de dos redes de comunicación fiables y estandarizadas
- Se diseño el servidor web con la finalidad de ser utilizado por un operario, jefatura o gerencia, pudiendo tener la posibilidad de configurar usuarios y niveles de acceso
- Se configuro una adquisición de datos como potencias y factor de potencia, las cuales tendrán almacenamiento en una tarjeta SD

Se puede concluir que los objetivos fueron cumplidos con bastante éxito, ya que se dio solución al problema del cliente de manera, robusta, homologada, certificada y escalable.

EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA

La valorización del proyecto se divide en 3 etapas, siendo esta el coste de los materiales, de la mano de obra que se calcula según el coste de la hora hombre, el número de personas que realizará el trabajo y cuantos días tomara ejecutarlo, y como última etapa son los fungibles, asociados a terminales, amarras plásticas y en general todo lo consumible que pueda utilizar para la confección del tablero, se adjunta las cotizaciones con la valorización ítem por ítem del tablero de control proyectado:

Finalmente se llega al monto final de venta, según las consideraciones anteriores, se concluye que se obtiene un beneficio de margen de ganancia mayor a un 50%, siendo esto un proyecto altamente rentable, debido a la rápida ejecución que involucra

VALORIZACIÓN	
ITEM	VALOR
MATERIALES	\$ 6.088.633
H.H	\$ 7.500.000
FUNGIBLES	\$ 1.217.727
	\$14.806.360

Ilustración 37: Valorización económica final

CONCLUSIONES

REFLEXIÓN DEL PROCESO

La certificación ISO 50001 otorga a las empresas un alto prestigio, esto debido a los beneficios que esta misma les puede otorgar, para este caso se puede identificar los resultados directos de implementar un sistema de monitoreo energético:

- Reducción del consumo energético (referencia: 5–20 % el primer año)
- Disminución del uso de diésel en centros de mar
- Menor gasto en estudios externos (la planta genera sus propios datos certificados)
- Mejora de indicadores ESG y acceso a mercados más exigentes
- ROI típico: 1–3 años, según escala y medidas adoptadas

En el ámbito salmonero, esta implementación de control, supervisión y adquisición de datos debido a que se puede respaldar con datos objetivos y empíricos que el proceso de eviscerado se encuentra funcionando de manera óptima, y en caso de haber problemas detectados, como por ejemplo mal factor de potencia, o contaminación armónica demasiado alta, se puede rápidamente implementar las acciones correctivas para estar dentro de las normas correspondientes.

El cliente del exportador salmonero cada vez se hace exigente en el producto que decide comprar, ya se observan casos en donde Rusia principalmente cada vez más, beta a los productores salmoneros por sus incumplimientos en sus procesos productivos, por lo tanto con esta herramienta se puede certificar y asegurar que al menos eléctricamente, el proceso está bajo los estándares nacionales, y por qué no, internacionales, y así poder ofrecer una trazabilidad energética de cómo se cultivó, faeno, y empaqueto el producto final.

RECOMENDACIONES FUTURAS

El sistema de control está diseñado para tener una escalabilidad, y así no quedar como una tecnología remota con el pasar de los años, se consideró disponibilidad física y eléctrica, para no tener problemas en otras implementaciones,

A nivel de controlador, de manera nativa, puede soportar hasta 32 conexiones TCP/IP y puede soportar 16 conexiones de esclavos seriales, por lo tanto, se tienen conexiones suficientes para agregar más analizadores de redes y así poder conseguir la medición del ochenta por ciento de la potencia total de la planta,

Se sugiere el uso de routers industriales con tecnología VPN, con la finalidad de poder implementar un control remoto, para que, desde cualquier parte del mundo, con las credenciales correctas, poder conectarse a este sistema de control, o como también para controlar múltiples plantas de MOWI, bajo la misma interfaz web

A nivel eléctrico el PLC cuenta con suficiente espacio de entradas y salidas físicas para la conexión de sensores y actuadores que se puedan llegar a requerir.

ANEXOS

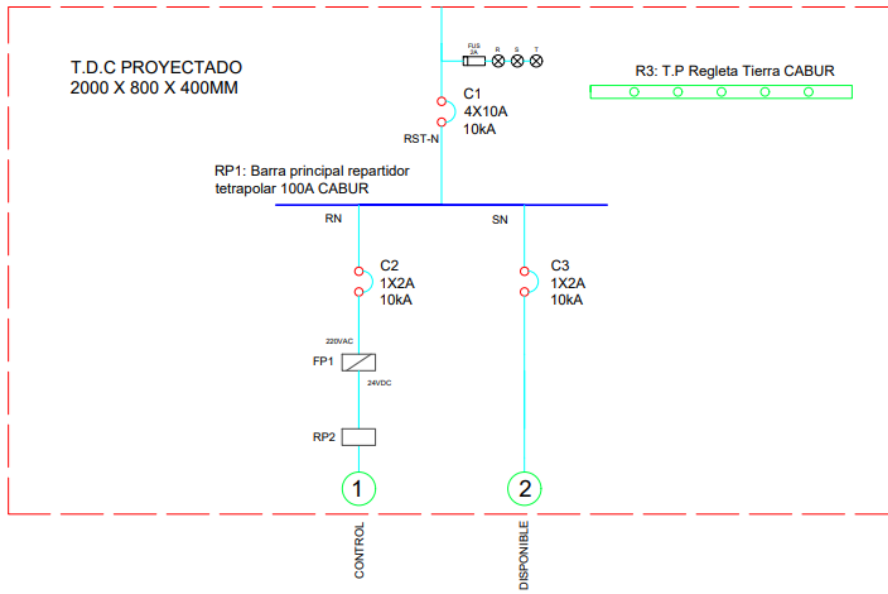


Ilustración 38: Diagrama unilineal T.D.C Projectado

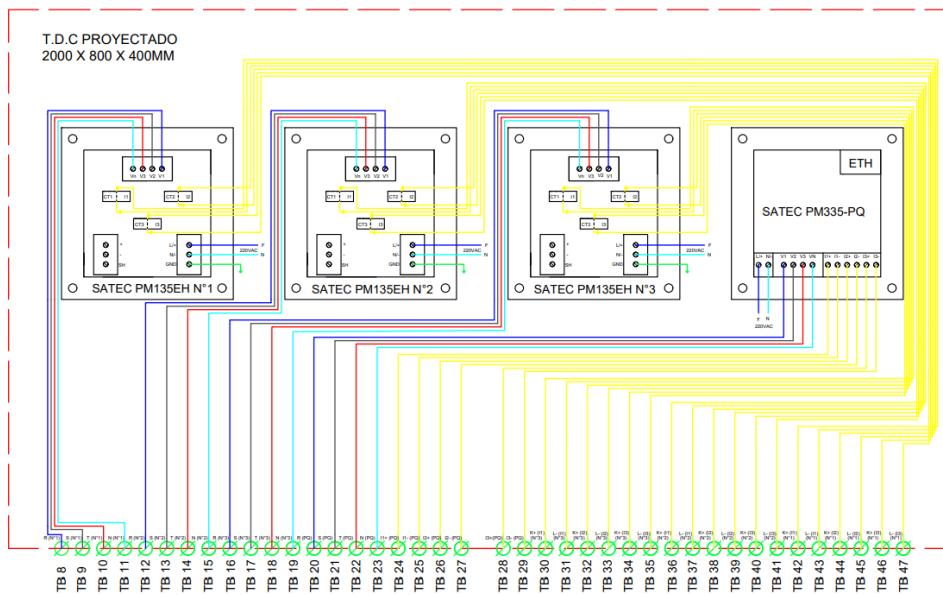


Ilustración 39: Diagrama de conexión analizadores de red en T.D.C Projectado

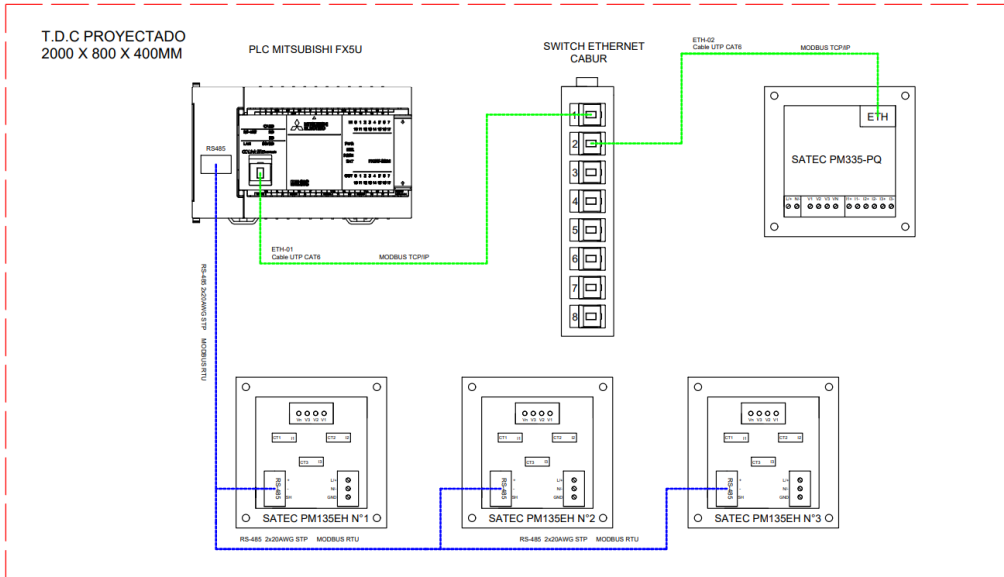


Ilustración 40: Diagrama de conexión de comunicaciones en T.D.C. Projectado

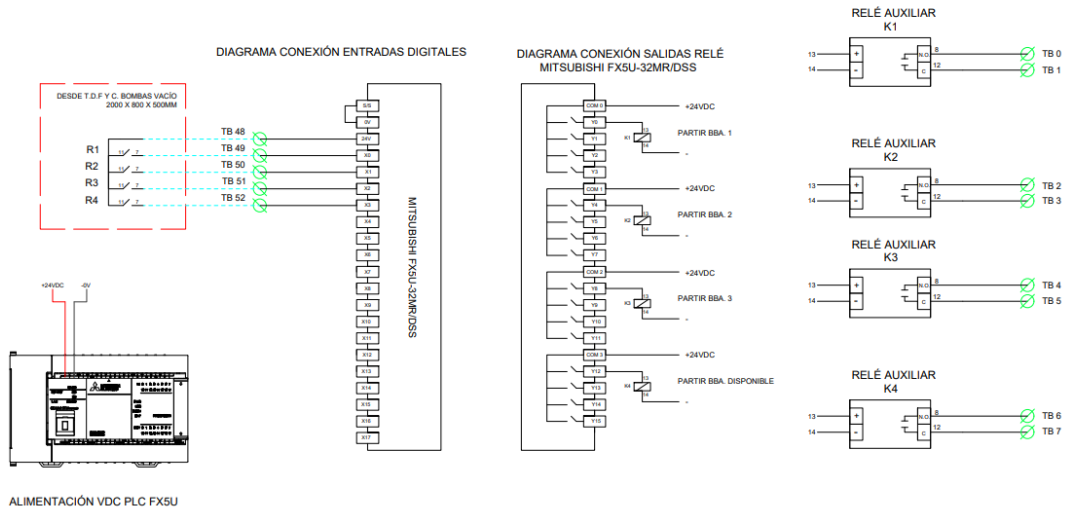


Ilustración 41: Diagrama de conexión PLC FX5U

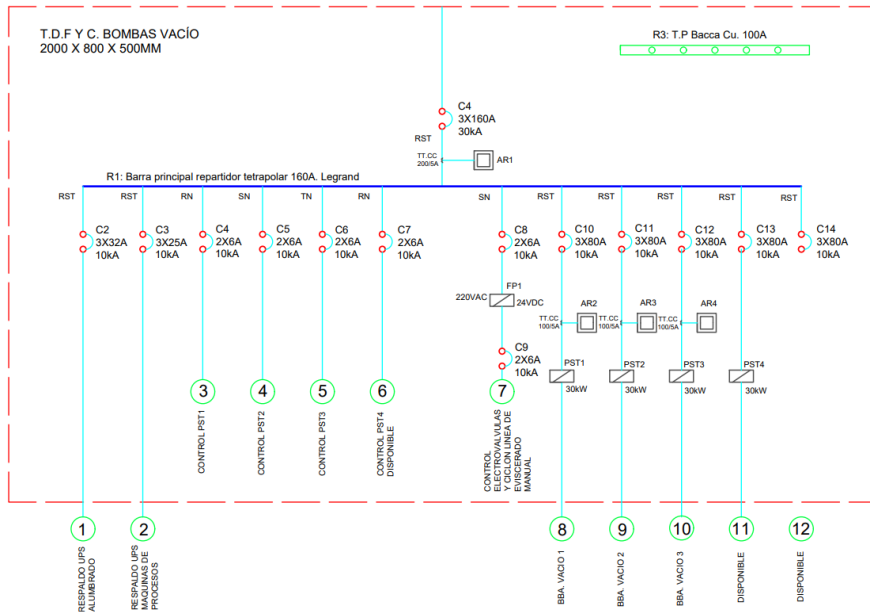


Ilustración 42: T.D.F.Y.C Bombas vacío proyectado

T.D.F.Y.C. BOMBAS VACÍO
2000 X 800 X 500MM

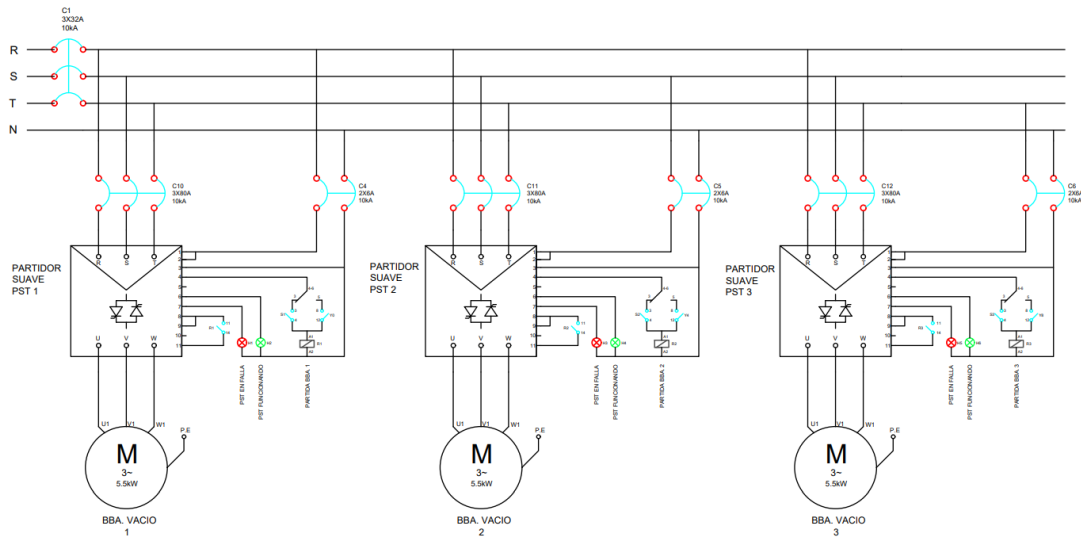


Ilustración 43: Diagrama de conexión Partidores suaves en tablero de control existente

RHONA S.A.
Un Mundo en Equipamiento Eléctrico

CASA MATRIZ:
Aguas Santa 4211
Teléfono: (55) 2320600
Viña del Mar - Chile
info@rhona.cl

Santiago:
Ejército Libertador 120
Teléfono: (2) 5608700
santiago@rhona.cl

Antofagasta:
Nicolás Trirado 198
Teléfono: (55) 2985200
antofagasta@rhona.cl

Viña del Mar:
Variante Agua Santa 4101
Teléfono: (55) 2320600
Viña del Mar - Chile
vina@rhona.cl

Independencia:
Av. Pdtte. Edo. Frei Montalva 2193
Teléfono: (2) 22377100
Independencia
panamericana@rhona.cl

Concepción:
Camilo Henríquez 2330
Teléfono: (41) 2446100
concepcion@rhona.cl

Temuco:
Avda. Rudecindo Ortega 04989
Teléfono: (2) 22377350
temuco@rhona.cl

Puerto Montt:
Av. Parque Industrial N°1451
Teléfono: (65) 2323500
puertomont@rhona.cl

R.U.T.-92.307.000-1
COTIZACIÓN
N° 1841953



SEÑOR(ES) : MOWI CHILE S.A.		FECHA EMISIÓN : 19/11/2025					
DIRECCIÓN : CAMINO A CHINQUIHUE SIN		RUT : 96633780-K					
CIUDAD : PUERTO MONTT		COMUNA : PUERTO MONTT					
CODIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNID.	PRECIO UNIT.	VALOR		
010863	PLC 16 ENT 716 SAL	FX5U-32MRDS	24VCC	1	CUJ	757.953	757.953
218503	INT.AUT.1 POLO	BHW-110 1P2A C	2A 10KA C	1	CUJ	5.246	5.246
218558	INT.AUT.4 POLOS	BHW-110 4P10A C	10A 10KA C	1	CUJ	20.982	20.982
250002	CANAleta R ANURADA	30.30.77	33 X 30 X 2MT	4	TIR	9.697	38.788
250009	CANAleta R ANURADA	60.40.77	60 X 43 X 2MT	5	TIR	17.458	87.290
263620	IDENTIFICA DOR 0	038220	COND.1,5.-2,5MM	10	CUJ	107	1.070
263621	IDENTIFICA DOR 1	038221	COND.1,5.-2,5MM	20	CUJ	107	2.140
263622	IDENTIFICA DOR 2	038222	COND.1,5.-2,5MM	20	CUJ	107	2.140
263623	IDENTIFICA DOR 3	038223	COND.1,5.-2,5MM	10	CUJ	107	1.070
263624	IDENTIFICA DOR 4	038224	COND.1,5.-2,5MM	10	CUJ	107	1.070
263625	IDENTIFICA DOR 5	038225	COND.1,5.-2,5MM	10	CUJ	107	1.070
263626	IDENTIFICA DOR 6	038226	COND.1,5.-2,5MM	10	CUJ	107	1.070
263627	IDENTIFICA DOR 7	038227	COND.1,5.-2,5MM	10	CUJ	107	1.070
263628	IDENTIFICA DOR 8	038228	COND.1,5.-2,5MM	10	CUJ	107	1.070
263629	IDENTIFICA DOR 9	038229	COND.1,5.-2,5MM	10	CUJ	107	1.070
270401	TERM.DE CO.NEX.	CSO 4	4 MM2	76	CUJ	1.043	79.286
270508	TAPA TERMINAL	CB4/6/PT	P/TERM.CBD.4/6	7	CUJ	761	5.327
270562	ETIQUETA-P LACA	CNU8/51-EX8/030	SIN MARCAR	2	PLC	7.670	15.340
270563	ETIQUETA-P LACA	CNU8/51/510	1 AL 10 2 CUJ	1	PLC	9.729	9.729
270564	ETIQUETA-P LACA	CNU8/51/520	11 AL 20 2 CUJ	1	PLC	9.670	9.670
270565	ETIQUETA-P LACA	CNU8/51/530	21 AL 30 2 CUJ	1	PLC	9.151	9.151
270566	ETIQUETA-P LACA	CNU8/51/540	31 AL 40 2 CUJ	1	PLC	9.670	9.670
270615	REPARTIDOR C/PANTAL.	QBLOKCP100A7	2P/LOS 100A 1KV	1	CUJ	14.579	14.579
270622	REPARTIDOR 100A	BLOK4P100A7	C/PANTALLA	1	CUJ	22.814	22.814
270671	FUENTE DE PODER	XCSW121C	220VAC/24VDC 5A	1	CUJ	244.774	244.774
270875	SWITCH ETH ERNET	XSWET8PU 24VDC	8 PUERTOS R445	1	CUJ	211.975	211.975
290729	CABLE HOTZ 1-K 1,5M2	HOTZ1-K 1,5 ROJ	ROJO 100MT	100	MTS	264	26.400
290731	CABLE HOTZ 1-K 1,5M2	HOTZ1-K 1,5 NEG	NEGRO 100MT	100	MTS	264	26.400
291748	CABLE CONT ROL C/PANT	VOC4V-K/YSCLVJZ	3G1MM2 300V	15	MTS	2.793	41.895

Observaciones :

PLAZO ENTREGA : INMEDIATA, SALVO VENTA PREVIA	SUBTOTAL : 1.650.491
VALIDEZ COTIZACIÓN : 7 DIAS	DSCTO 0.00% : 0
LUGAR DE ENTREGA : BODEGA RHONA	NETO : 1.650.491
FORMA DE PAGO : GARANTIZADO 30 DIAS FECHA DE FACTURA	I.V.A : 313.933
VARIOS :	TOTAL : 1.964.984

Ilustración 44: Materiales seleccionados para el tablero de control proyectado

RHONA S.A.
Un Mundo en Equipamiento Eléctrico

CASA MATRIZ:
Aguas Santa 4211
Teléfono: (55) 2320600
Viña del Mar - Chile
info@rhona.cl

Santiago:
Ejército Libertador 120
Teléfono: (2) 5608700
santiago@rhona.cl

Antofagasta:
Nicolás Trirado 198
Teléfono: (55) 2985200
antofagasta@rhona.cl

Viña del Mar:
Variante Agua Santa 4101
Teléfono: (55) 2320600
Viña del Mar - Chile
vina@rhona.cl

Independencia:
Av. Pdtte. Edo. Frei Montalva 2193
Teléfono: (2) 22377100
Independencia
panamericana@rhona.cl

Concepción:
Camilo Henríquez 2330
Teléfono: (41) 2446100
concepcion@rhona.cl

Temuco:
Avda. Rudecindo Ortega 04989
Teléfono: (2) 22377350
temuco@rhona.cl

Puerto Montt:
Av. Parque Industrial N°1451
Teléfono: (65) 2323500
puertomont@rhona.cl

R.U.T.-92.307.000-1
COTIZACIÓN
N° 1841954



SEÑOR(ES) : MOWI CHILE S.A.		FECHA EMISIÓN : 19/11/2025					
DIRECCIÓN : CAMINO A CHINQUIHUE SIN		RUT : 96633780-K					
CIUDAD : PUERTO MONTT		COMUNA : PUERTO MONTT					
CODIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNID.	PRECIO UNIT.	VALOR		
356752	TRAFU NUCL EO ABIERTOTA125P	1500/5A		3	CUJ	127.906	383.718
361510	EQ MULTIME DIA	PRO-PM335-PQ-5-	50HZ-ACDC	1	CUJ	913.868	913.868
361604	EQ. MULTIME EDIDA	PM115EH	LCD SA 265V/ACDC	3	CUJ	511.009	1.533.027
403010	BASE PARA RELE	KHRS-14	14 CONT. DIN	8	CUJ	4.579	36.632
403700	PILOTO ROJO O ALUM.	MRP-RA6R 22MM	100.240VCA LED	3	CUJ	6.759	20.277
403802	SELECTOR 3 POS ALUM.	MRS-R3A2 22MM	2NA-2NC	4	CUJ	10.567	42.348
440040	PORTA FUSIBLE BCH10	2301038	0,5-32A 10X38MM	3	CUJ	2.603	7.809
440043	FUSIBLE CI LINDR.	1421002	2A 10,3X38MM	3	CUJ	556	1.668
525514	RELE MINA LURA TELE	RM52L-N	4P BOB. 24VCA	8	CUJ	11.139	89.112
593012	BASE-TECHO	701840	TEOS 800X400MM IP65	1	CUJ	335.796	335.796
593040	PERFL VERT EXTERIOR	702200	TEOS 2000MMPCSP65	1	CUJ	134.851	134.851
593052	TAPA TRASE RA	703620	TEOS ANCHOS80MM IP65	1	CUJ	108.990	108.990
593062	PUERTA EXT OPACA	724704820TEOS	ANCHOS80MM IP65	1	CUJ	226.008	226.008
593080	TAPA LATER AL 2 CUJ	706204	TEOS FONDO400MM IP65	1	CUJ	115.843	115.843
593504	PLACA MONT AJE GALV	707620	TEOSNEO 2000X80MM	1	CUJ	150.703	150.703
593531	PTA.INT.RE FORZADA	INCL.MARCO	2000X80MM	1	CUJ	206.452	206.452
593534	ESQUINA ZO CALO	708100	TEOSNEO 100MM ALT. 4PCS	1	CUJ	39.016	39.016
593538	TAPA FRONT AL ZOCALO	709100	TEOSNEO ANCHOS80MM 3PCS	1	CUJ	18.596	18.596
593540	TAPA LATER AL ZOCALO	710140	TEOSNEO FONDO400MM 2PCS	1	CUJ	10.006	10.006
593550	RIEL MONTAJE INTER.	944422	2PCS P400MM	1	CUJ	10.189	10.189
593558	RIEL MONTAJE INTER.	944425	2PCS P800MM	1	CUJ	21.595	21.595
593568	ESCUADRA LA AJUSTABLE	944434	4PCS PRIEL MONTAJE	1	CUJ	10.774	10.774
593570	ESCUADRA T AJUSTABLE	944433	4PCS PRIEL MONTAJE	1	CUJ	13.821	13.821
595160	CORD CATE LTP	KD-PAU78200		1	CUJ	1.442	1.442
711803	ESPIRAL PL ASTICO	HB-103 ANCHO9MM	ROLLO DE 4,2MTS	3	RL	1.887	5.661

Observaciones :

PLAZO ENTREGA : INMEDIATA, SALVO VENTA PREVIA	SUBTOTAL : 4.438.142
VALIDEZ COTIZACIÓN : 7 DIAS	DSCTO 0.00% : 0
LUGAR DE ENTREGA : BODEGA RHONA	NETO : 4.438.142
FORMA DE PAGO : GARANTIZADO 30 DIAS FECHA DE FACTURA	I.V.A : 843.247
VARIOS :	TOTAL : 5.281.389

Ilustración 45: Materiales seleccionados para el tablero de control proyectado parte dos

INFORME DE ENSAYO

CVM - 41-25- 259

- 17 - 00

UNDERFIRE S.A. Autorizado por la Superintendencia de Electricidad y Combustibles como OLCA, según Resolución Exenta N° 2418 de fecha 03 de Enero de 2014

ANTECEDENTES DEL MEDIDOR DE ENERGÍA ELECTRICA

 Estado : NUEVO
 Marca : SATEC
 Tipo : PM335
 Procedencia : China
 N° de serie : 662630
 Año fabricación : 2021
 Tensión : 3x57.7/100-400/690V
 Corriente : 0.01-5(10)
 Frecuencia : 50/60
 Constante : 5000 imp/ Kwh - Kvarh
 Clase Exact.(Act/React) (%) : 0.2
 Constante de Lectura : x1
 Dígitos (Ent:Decl.) : Programable
 Lectura dejada (KWh) : 0

ANTECEDENTES DEL CLIENTE

 Cliente : MOWI CHILE S.A
 Dirección del Cliente : Camino a Chiquihue s/n Pto Montt
 Validez del Informe : 2 años

FECHA Y LUGAR DEL ENSAYO

 Fecha : 23/10/2025
 Lugar del ensayo : Laboratorio Underfire S.A

EQUIPO DE ENSAYO

 Marca / Modelo : Applied.P PTE2300A (PME-041)
 Clase Exact. (%) : 0.05
 Trazabilidad : LC-ME

METODO Y CONDICIÓN DE ENSAYO

 Método de Ensayo : PROTOCOLO CEN
 Norma utilizada E.Activa : IEC62053-22
 Norma utilizada E.React. : IEC62053-23
 Laboratorista : JRB
 Temperatura y humedad : 23° ±2°C 30-70% HR

RESULTADO DE LOS ENSAYOS

ENERGÍA ACTIVA DIRECTA/REVERSA

Nº	Fases	Cte. % lb	FP	Error % E. Directa	Error % E. Reversa	U%	Limite Norma %
1	1-2-3	100	1.0	-0.11	0.02	+0.1	+/- 0.2
2	1-2-3	10	1.0	-0.11	-0.10	+0.1	+/- 0.3
3	1-2-3	100	0.5	-0.15	-0.04	+0.1	+/- 0.2
4	1-2-3	10	0.5	0.16	-0.03	+0.1	+/- 0.3
5	1	100	1.0	-0.11	-0.11	+0.1	+/- 0.3
6	1	10	1.0	-0.02	-0.12	+0.1	+/- 0.3
7	1	100	0.5	-0.12	-0.03	+0.1	+/- 0.4
8	1	10	0.5	0.08	-0.14	+0.1	+/- 0.4
9	2	100	1.0	0.02	-0.11	+0.1	+/- 0.3
10	2	10	1.0	-0.05	-0.11	+0.1	+/- 0.3
11	2	100	0.5	0.08	-0.13	+0.1	+/- 0.4
12	2	10	0.5	0.01	-0.09	+0.1	+/- 0.4
13	3	100	1.0	0.02	-0.11	+0.1	+/- 0.3
14	3	10	1.0	-0.05	-0.11	+0.1	+/- 0.3
15	3	100	0.5	0.13	-0.03	+0.1	+/- 0.4
16	3	10	0.5	-0.10	-0.08	+0.1	+/- 0.4

ENERGÍA REACTIVA DIRECTA/REVERSA

Nº	Fases	Cte. % lb	FP	Error % E. Directa	Error % E. Reversa	U%	Limite Norma %
1	1-2-3	100	1.0	0.01	-0.04	+0.1	+/- 2.0
2	1-2-3	10	1.0	-0.08	-0.08	+0.1	+/- 2.0
3	1-2-3	100	0.5	-0.09	-0.05	+0.1	+/- 2.0
4	1-2-3	10	0.5			+0.1	+/- 2.0
5	1	100	1.0			+0.1	+/- 3.0
6	1	10	1.0			+0.1	+/- 3.0
7	1	100	0.5			+0.1	+/- 3.0
8	1	10	0.5			+0.1	+/- 3.0
9	2	100	1.0			+0.1	+/- 3.0
10	2	10	1.0			+0.1	+/- 3.0
11	2	100	0.5			+0.1	+/- 3.0
12	2	10	0.5			+0.1	+/- 3.0
13	3	100	1.0			+0.1	+/- 3.0
14	3	10	1.0			+0.1	+/- 3.0
15	3	100	0.5			+0.1	+/- 3.0
16	3	10	0.5			+0.1	+/- 3.0

OBSERVACIONES

Este informe de ensayo fue realizado con unidades de medida de acuerdo al sistema internacional de unidades (SI) y solo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. El Informe de ensayo sin firma y timbre carece de validez.
 El medidor se devuelve con sello y etiqueta UNDERFIRE. Tolerancia máxima permitida = Error+Incertidumbre < Limite Norma
 El medidor CUMPLE el protocolo de Verificación Primaria



Timbre Laboratorio


 Responsable Técnico
 José Rocuant

Código	F-EIE-18	Versión	1.1	Fecha del formato	25-03-2019
--------	----------	---------	-----	-------------------	------------

 Parque de Negocios Enea - Río Refugio N° 9638 - Pudahuel - Santiago - Teléfono: (56-2) 2 2495 4000
 www.underfire.com - Mail: laboratorio@underfire.cl

Ilustración 46: Certificado calibración analizador de red de calidad de energía SATEC PM335-PQ

BIBLIOGRAFÍA

Mitsubishi Electric. (s. f.). *FX5U-32MR/ES — Controladores programables MELSEC*.
<https://es.mitsubishielectric.com/fa/products/cnt/plc/plcf/cpu-module/fx5u-32mr-es.html>

Mitsubishi Electric Automation, Inc. (s. f.). *Factory automation solutions*.
<https://us.mitsubishielectric.com/fa/en/>

Mitsubishi Electric Corporation. (s. f.). *MELSEC iQ-F FX5 programming manual* (Manual No. JY997D55801Z) [PDF]. Mitsubishi Electric.
<https://www.mitsubishielectric.com/dl/fa/document/manual/plcf/jy997d55801/jy997d55801z.pdf>

Mitsubishi Electric Corporation. (s. f.). *MELSEC iQ-F FX5 programming manual (Program Design)* (Manual No. JY997D55701M) [PDF]. Mitsubishi Electric.
<https://www.mitsubishielectric.com/dl/fa/document/manual/plcf/jy997d55701/jy997d55701m.pdf>

Mitsubishi Electric Corporation. (s. f.). *MELSEC iQ-F FX5 user's manual (Ethernet communication)* (Manual No. JY997D56201U) [PDF]. Mitsubishi Electric.
<https://www.mitsubishielectric.com/dl/fa/document/manual/plcf/jy997d56201/jy997d56201u.pdf>

Mitsubishi Electric Corporation. (s. f.). *MELSEC iQ-F FX5 user's manual (Serial communication)* (Manual No. JY997D55901L) [PDF]. Mitsubishi Electric.
<https://dl.mitsubishielectric.com/dl/fa/document/manual/plcf/jy997d55901/jy997d55901l.pdf>

Mowi ASA. (s. f.). *Mowi Chile — Producción de salmón y soluciones acuícolas sustentables*. <https://mowi.com/cl/>

SATEC Ltd. (2022). *EM235/PM335 PRO datasheet* [PDF]. SATEC Global. <https://www.satec-global.com/wp-content/uploads/2022/11/EM235-PM335-PRO-DATASHEET.pdf>

SATEC Ltd. (2022). *EM235/PM335 PRO Modbus communications protocol reference guide* (BG0613 Rev. A6) [PDF]. SATEC Global. <https://www.satec-global.com/wp-content/uploads/2022/11/EM235-PM335-PRO-Modbus-Guide.pdf>

SATEC Ltd. (2023). *PM135 Modbus communications protocol reference guide* (BG0515 Rev. A2) [PDF]. SATEC Global. <https://www.satec-global.com/wp-content/uploads/2023/03/PM135-Modbus.pdf>

SATEC Ltd. (2025). *PM135 datasheet* [PDF]. SATEC Global. <https://www.satec-global.com/wp-content/uploads/2023/03/PM135-Datasheet.pdf>

SATEC Ltd. (s. f.). *PM135: Multi-function power meter with LCD display*. <https://www.satec-global.com/products/pm135/>

SATEC Ltd. (s. f.). *PRO series power meter & power quality analyzer*. <https://www.satec-global.com/products/pro-series-power-meter/>