



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA
DE SANTA ELENA
FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES
INSTITUTO DE POSTGRADO**

TÍTULO

**IMPLEMENTACIÓN DE UN TABLERO GATEWAY COMO
PLATAFORMA CENTRALIZADA DE MONITOREO DEL BL43 PEC**

AUTOR

Paguay Melena, Marco Marcelo

TRABAJO DE TITULACIÓN

**Previo a la obtención del grado académico en
MAGÍSTER EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN**

TUTOR

Pozo Palma, Paúl Marcelo

Santa Elena, Ecuador

Año 2025



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA
DE SANTA ELENA
FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES
INSTITUTO DE POSTGRADO**

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Ing. Alicia Andrade Vera, Mgtr.

**COORDINADORA DEL
PROGRAMA**

Ing. Paúl Pozo Palma, Ph.D.

TUTOR

Ing. Fernando Chamba Macas, Mgtr.

**DOCENTE
ESPECIALISTA**

Ing. Sendey Vera González, Mgtr.

**DOCENTE
ESPECIALISTA**

Abg. María Rivera González, MSc

SECRETARIA GENERAL

UPSE



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA
DE SANTA ELENA
FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES
INSTITUTO DE POSTGRADO**

CERTIFICACIÓN

Certifico que luego de haber dirigido científica y técnicamente el desarrollo y estructura final del trabajo, este cumple y se ajusta a los estándares académicos, razón por el cual apruebo en todas sus partes el presente trabajo de titulación que fue realizado en su totalidad por MARCO MARCELO PAGUAY MELENA, como requerimiento para la obtención del título de Magíster en Electrónica y Automatización

TUTOR

Ing. Paúl Marcelo Pozo Palma, Ph.D.

Santa Elena, 10 de abril de 2025



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA
DE SANTA ELENA
FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES
INSTITUTO DE POSTGRADO**

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, MARCO MARCELO PAGUAY MELENA

DECLARO QUE:

El trabajo de Titulación, Implementación de un tablero Gateway como Plataforma centralizada de Monitoreo del BL43 PEC, previo a la obtención del título en Magíster en Electrónica y Automatización, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Santa Elena, 10 abril de 2025

EL AUTOR

Marco Marcelo Paguay Melena



UPSE

**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA
DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
INSTITUTO DE POSTGRADO**

CERTIFICACIÓN DE ANTIPLAGIO

Certifico que después de revisar el documento final del trabajo de titulación denominado Implementación de un Tablero Gateway como Plataforma Centralizada de Monitoreo del BL43 PEC, presentado por el estudiante, Marco Marcelo Paguay Melena fue enviado al Sistema Antiplagio COMPILATIO, presentando un porcentaje de similitud correspondiente al 7%, por lo que se aprueba el trabajo para que continúe con el proceso de titulación.



TUTOR

Ing. Paúl Marcelo Pozo Palma, Ph.D.



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA
DE SANTA ELENA
FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES
INSTITUTO DE POSTGRADO**

AUTORIZACIÓN

Yo, Marco Marcelo Paguay Melena

Autorizo a la Universidad Estatal Península de Santa Elena, para que haga de este trabajo de titulación o parte de él, un documento disponible para su lectura consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los derechos en línea patrimoniales del proyecto de titulación con componentes de investigación aplicada y/o desarrollo, además apruebo la reproducción de este proyecto de titulación con componentes de investigación aplicada y/o de desarrollo dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Santa Elena, 10 abril de 2025

EL AUTOR

Marco Marcelo Paguay Melena

AGRADECIMIENTO

Deseo expresar mi más sincero agradecimiento a Dios, a mis padres, a mi esposa y a mis hijas por su amor incondicional, que ha sido la fuerza que me ha impulsado a alcanzar mis metas. A mis hermanos y sobrinos, les agradezco de corazón por su apoyo constante. Su aliento y motivación me han dado la energía para superar cada desafío y seguir adelante. La presencia de todos ustedes en mi vida ha sido una fuente continua de inspiración y fortaleza. Mi agradecimiento también a mi tutor, por su paciencia, dedicación y sabiduría, que han sido esenciales para el desarrollo y éxito de este proyecto. Gracias a todos por creer en mí y acompañarme en este camino. Este logro es tan suyo como mío

Paguay Melena, Marco Marcelo

DEDICATORIA

A mi esposa, mis hijas y toda mi familia, les dedico este trabajo con todo mi cariño. Ustedes son mi mayor fuente de motivación, mi apoyo constante y el motor que me impulsa a seguir adelante. Cada paso que he dado ha sido posible gracias al amor y respaldo incondicional que siempre me brindan. Este logro es tan de ustedes como mío, porque sin su paciencia, comprensión y amor, no habría podido alcanzarlo. Les agradezco de corazón por estar siempre a mi lado y les dedico este éxito con todo mi ser

Paguay Melena, Marco Marcelo

ÍNDICE GENERAL

TÍTULO	I
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN.....	II
CERTIFICACIÓN	III
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD	IV
CERTIFICACIÓN DE ANTIPLAGIO.....	V
AUTORIZACIÓN.....	VI
AGRADECIMIENTO	VII
DEDICATORIA	VIII
ÍNDICE GENERAL.....	IX
ÍNDICE DE FIGURAS	XII
ÍNDICE DE TABLAS.....	XIV
RESUMEN	XV
ABSTRACT	XVI
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	6
1.1. Revisión de la literatura.....	6
1.2. Desarrollo teórico y conceptual	8
1.2.1. Integración de Datos	8
1.2.2. Las reglas de firewall.....	8
1.2.3. Tipos de Integración	10
1.2.4. Tarjetas de comunicación Rockwell	11

1.2.5. Comunicación entre el 1756-EN2TR y el 1756-L72.....	16
1.2.6. Tablero de control.....	17
1.2.7. Definición de Gateway.....	17
1.2.8. Implementación de Gateway en la Integración de Datos.....	22
1.2.9. Rockwell Studio 5000.....	22
1.2.10. Desafíos y Consideraciones.....	24
CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA.....	28
2.1. Contexto de la investigación.....	28
2.2. Diseño y alcance de la investigación.....	29
2.3. Tipo y métodos de investigación.....	29
2.4. Población y muestra.....	30
2.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	30
2.6. Materiales utilizados para la implementación.....	32
2.7. Diseño de conexión y arquitectura del sistema.....	36
2.7.1. Diseño de planos tablero de control.....	36
2.7.2. Arquitectura del sistema.....	39
2.7.3. Conexiones físicas.....	42
2.8. Implementación y configuración.....	44
2.8.1. Desarrollo de la aplicación PLC.....	44
2.8.2. Respaldo de la aplicación en el servidor FT Asset Centre.....	48

CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	49
CONCLUSIONES	59
RECOMENDACIONES.....	60
REFERENCIAS.....	61
ANEXOS.....	64

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1. Arquitectura simplificada de un sistema industrial.	7
Fig. 2. Protección de redes industriales: Firewall como barrera entre redes internas (privadas) y externas (públicas).....	10
Fig. 3. Tablero de control. [19]	17
Fig. 4. Software para Gateway. [20]	18
Fig. 5. Firewall de aplicaciones web. [22]	19
Fig. 6. Gateway de almacenamiento en la nube. [14]	20
Fig. 7. Gateway API. [21].....	20
Fig. 8. Gateway IoT. [23]	20
Fig. 9. Gateway VoIP. [24].....	21
Fig. 10. Gateway de seguridad de email. [25]	21
Fig. 11. CPT Bloque 43 ITT en Orellana.	28
Fig. 12. Montaje y conexión del PLC-GW-40000.....	32
Fig. 13. Pruebas de señales eléctricas	38
Fig. 14. Tablero de control PLC-W-40000	39
Fig. 15. Diagrama de bloques de la conexión del tablero.....	41
Fig. 16. Diagrama de conexiones AC/DC.....	42
Fig. 17. Canaletas y riel din para colocar los componentes.	43
Fig. 18. Ubicación de componentes eléctricos.	43
Fig. 19. Cableado de los componentes.....	44
Fig. 20. Organizador de tareas y programas.....	45
Fig. 21. Estructura de programación de mensajes.....	46
Fig. 22. Estructura de programación de mensajes.....	47
Fig. 23. Programación de rutina Read Data.....	47
Fig. 24. Carga de aplicación a servidor FT Asset Centre.	48
Fig. 25. Prueba de comunicación.....	49
Fig. 26. CPT Central de procesos Oil System.	50
Fig. 27. CPT Sistema de Reinyección de agua RYA	51
Fig. 28. CPT HMI de procesos inyección de agua.....	51
Fig. 29. Inyección de agua pumps WIP 1.5.....	52
Fig. 30. Resumen de Bombas y pozos del BL43.	53

Fig. 31. Resumen de Bombas y pozos del BL43.	53
Fig. 32. Mapeo de comunicaciones por mensaje.	54
Fig. 33. Monitoreo del sistema de reinyección de agua WIP.....	55
Fig. 34. Procesos CPT BL43.....	56
Fig. 35. Diagnostico general de la tarjeta de comunicación 1756-EN2TR.....	56
Fig. 36. PLC Gateway como puente (bridget conexión)	57
Fig. 37. Paquetes de datos obtenidos de la tarjeta de comunicación 1756-EN2TR.....	58

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA I MATERIALES UTILIZADOS PARA EL TABLERO	33
---	----

RESUMEN

El presente trabajo detalla el diseño, desarrollo, programación, implementación e integración del tablero de comunicaciones “PLC-GW-40000” en la Central de Procesos Tiputini (CPT), ubicada en el Bloque 43 de EP Petroecuador. El objetivo principal de este proyecto es optimizar la comunicación y la integración de datos entre las redes virtuales (VLAN) y las redes físicas del sistema de control distribuido (DCS), mejorando la interoperabilidad entre los sistemas de la CPT, las estaciones de producción y las plantas de generación eléctrica.

El dispositivo fue configurado como un punto único de enlace entre las redes SCADA y las redes de negocios, permitiendo una comunicación fluida, eficiente y segura entre diversas plataformas y sistemas, lo que justifica su denominación como “Tablero Gateway”.

El proceso incluye la programación de tres rutinas fundamentales: mensajería, lectura de datos y escritura de datos, que son esenciales para gestionar de manera eficaz la transferencia de información entre los dispositivos interconectados.

Como resultado, se logra una integración exitosa que proporciona un único punto de acceso a aplicaciones externas al DCS, facilitando la conexión con sistemas de gestión empresarial y otras aplicaciones. Esta solución no solo mejora la eficiencia operativa y la flexibilidad del sistema, sino que también optimiza la seguridad, al ofrecer una capa adicional de protección frente a posibles ciberataques.

Este proyecto representa un avance significativo en la mejora de la infraestructura tecnológica de la CPT, permitiendo una mayor agilidad en las operaciones y una comunicación más confiable y robusta entre los diferentes componentes del sistema.

Palabras claves: Integración de datos, PLC Gateway, Comunicación, Scada

ABSTRACT

This work details the design, development, programming, implementation, and integration of the communication panel “PLC-GW-40000” at the Tiputini Process Control Center (CPT), located in Block 43 of EP Petroecuador. The main objective of this project is to optimize communication and data integration between virtual (VLAN) and physical networks within the Distributed Control System (DCS), improving interoperability between the CPT systems, production stations, and power generation plants.

The device was configured as a single point of link between SCADA networks and business networks, allowing smooth, efficient, and secure communication between various platforms and systems, justifying its designation as a “gateway panel.”

The process included programming three essential routines: messaging, data reading, and data writing, which are crucial for effectively managing the transfer of information between interconnected devices.

As a result, successful integration was achieved, providing a single access point to external DCS applications, facilitating connections with enterprise management systems and other key applications. This solution not only improved operational efficiency and system flexibility but also enhanced security by offering an additional layer of protection against potential cyberattacks.

This project represents a significant advancement in improving the technological infrastructure of the CPT, enabling greater agility in operations and more reliable and robust communication between the different components of the system.

Keywords: Data integration, PLC Gateway, Communication, SCADA

INTRODUCCIÓN

La evolución de los sistemas de automatización industrial ha permitido el desarrollo de plataformas de monitoreo centralizadas que optimizan la eficiencia operativa y mejoran la toma de decisiones en entornos complejos. En este contexto, la implementación de un tablero Gateway como plataforma centralizada de monitoreo en el Bloque 43 – ITT (BL43 Petroecuador) representa una solución tecnológica avanzada para la recopilación y gestión de datos en tiempo real.

Según Pérez [1], los sistemas de monitoreo en tiempo real permiten mejorar la eficiencia operativa y reducir tiempos de inactividad mediante la integración de datos de procesos y eléctricos en una interfaz única y accesible. La presente investigación busca implementar el PLC Gateway “PLC-GW-40000” para publicar información del proceso y del sistema eléctrico del BL43 PEC (Petroecuador) en el sistema PI Vision Aveva, asegurando mayor precisión, seguridad y eficiencia operativa.

La centralización de datos mediante plataformas de monitoreo industrial es fundamental para mejorar la precisión en el control de procesos. De acuerdo con Zambrano [2], los sistemas de supervisión centralizada optimizan la toma de decisiones al proporcionar información confiable en tiempo real, lo que permite detectar anomalías y mejorar la respuesta ante incidencias. En este sentido, la implementación del PLC Gateway busca integrar la información del Bloque 43 en el sistema PI, garantizando una conexión estable y segura para la visualización y análisis de datos operacionales. Con una interfaz gráfica intuitiva, este tablero facilitará la supervisión de parámetros críticos, reduciendo la incertidumbre en la gestión de procesos industriales.

El avance de la digitalización y la automatización en la industria ha planteado desafíos técnicos y operativos en la implementación de sistemas de monitoreo avanzados. Según

Sotomayor et. al., [3], la integración de nuevas tecnologías en infraestructuras industriales existentes requiere una planificación cuidadosa para evitar incompatibilidades y garantizar una transmisión de datos eficiente. En este contexto, la presente investigación analiza cómo la implementación de un tablero Gateway influye en la eficiencia operativa del BL43 PEC(Petroecuador), en la precisión del control de procesos y en la capacidad de respuesta ante incidencias. Además, se identifican los principales retos técnicos asociados con la integración de esta tecnología, tales como la compatibilidad de protocolos de comunicación, la seguridad de los datos y la confiabilidad del sistema.

En términos de impacto operativo, la hipótesis central de este estudio plantea que la implementación del tablero Gateway mejorará significativamente el modo operativo del BL43 PEC(Petroecuador), incrementará la precisión en la supervisión de procesos y optimizará la capacidad de respuesta ante eventos críticos. La integración de este sistema no solo facilitará la supervisión y análisis de datos, sino que también fortalecerá la seguridad de las operaciones al minimizar riesgos asociados con fallos en el monitoreo. Como lo mencionan CCOO [4] la digitalización en los procesos industriales permite reducir errores humanos y mejorar la trazabilidad de la información, garantizando un mayor control sobre la producción y distribución de recursos.

Por lo tanto, esta investigación contribuirá al desarrollo de soluciones innovadoras para la gestión de información en entornos industriales complejos. Mediante la configuración e implementación del PLC Gateway “PLC-GW-40000” y el desarrollo de una interfaz gráfica para visualizar los datos del Bloque 43 en el sistema PI, se espera mejorar la eficiencia operativa, la toma de decisiones y la seguridad del sistema. De esta manera, la centralización del monitoreo no solo representará un avance tecnológico, sino también una mejora significativa en la gestión de recursos y procesos industriales dentro del BL43 Petroecuador.

Planteamiento de la investigación

El Bloque 43 ITT, en Tiputini, provincia de Orellana, cuenta con la Central de Procesos Tiputini (CPT), una instalación avanzada para la perforación, extracción y procesamiento de petróleo. En esta planta se utiliza un sistema de control distribuido basado en la Integrated Architecture, que permite un flujo de información continuo y facilita la optimización y conexión de toda la operación.

Debido a los avances tecnológicos, se requieren sistemas de monitoreo más centralizados y sofisticados. En el contexto del BL43 Petroecuador, la implementación de un tablero Gateway resulta clave para asegurar un control y monitoreo eficiente y seguro. Este anteproyecto evalúa la viabilidad de integrar dicho tablero para mejorar la supervisión en tiempo real, considerando aspectos técnicos, metodológicos y de seguridad

Formulación del problema de investigación

A pesar de los avances en tecnología de monitoreo y control, muchos sistemas industriales aún enfrentan desafíos en términos de integración y eficiencia operativa. La falta de una plataforma centralizada puede llevar a problemas como la dispersión de datos, dificultad en el acceso a información crítica en tiempo real, y una respuesta lenta a incidencias. El problema central es cómo implementar efectivamente un tablero Gateway para mejorar la supervisión y el control del BL43 Petroecuador, optimizando así su rendimiento y eficiencia

Objetivo general

- Implementar un tablero Gateway como Plataforma centralizada de Monitoreo del BL43 PEC

Objetivos específicos

- Realizar una búsqueda bibliográfica y literatura relacionada con plataformas centralizadas de monitoreo en base un Gateway, caso de estudio, el BL43 PEC.
- Configurar e implementar el PLC Gateway “PLC-GW-40000” para integrar la información de proceso y eléctrica del Bloque 43 – ITT en el sistema PI Vision Aveva, asegurando una conexión fiable y segura.
- Desarrollar una interfaz gráfica que permita visualizar en tiempo real los datos de operación y el estado eléctrico del Bloque 43, mejorando así la toma de decisiones operativas.
- Verificar el flujo de datos entre el PLC Gateway y el sistema PI, garantizando la precisión, consistencia y seguridad de la información proporcionada para el monitoreo eficiente del proceso.

Planteamiento hipotético

Hipótesis:

- La implementación de un tablero Gateway como plataforma centralizada de monitoreo en el BL43 PEC(Petroecuador) mejorará significativamente la eficiencia, precisión y seguridad operativa en el control de procesos y en la capacidad de respuesta ante incidencias.

Científicas:

- ¿Cómo afecta la centralización del monitoreo mediante un tablero Gateway en la eficiencia operativa del BL43 PEC(Petroecuador)?
- ¿Qué mejoras en la precisión del control de procesos y tiempos de respuesta pueden observarse con la implementación de esta tecnología?

- ¿Cuáles son los desafíos técnicos y operativos asociados con la integración de un tablero Gateway en un sistema industrial existente?

CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. Revisión de la literatura

La digitalización de los sistemas industriales ha evolucionado significativamente en las últimas décadas, impulsando la necesidad de plataformas centralizadas de monitoreo que permitan la recopilación y análisis de datos en tiempo real. La implementación de tableros Gateway en entornos industriales ha demostrado ser una estrategia eficaz para optimizar la gestión de procesos y mejorar la eficiencia operativa, permitiendo la integración de diversas fuentes de datos en un solo sistema, lo que facilita el control y supervisión de parámetros críticos en la industria [5].

La automatización en la industria moderna se basa en la comunicación entre diferentes dispositivos y sensores para garantizar un monitoreo eficiente de los procesos. De acuerdo con Viteri [6], la adopción de sistemas de control basados en PLCs Gateway ha permitido reducir tiempos de respuesta y minimizar errores en la supervisión de procesos industriales. La implementación de estos sistemas proporciona una mayor precisión en la toma de decisiones y permite la identificación de patrones de comportamiento en los datos recolectados.

El uso de plataformas como el sistema PI Vision Aveva ha sido clave para la gestión eficiente de la información en la industria. Según Rojas et al., [7], el sistema PI facilita la recopilación, almacenamiento y análisis de datos provenientes de diversas fuentes, lo que permite una supervisión centralizada y en tiempo real. Además, su integración con tableros Gateway optimiza la capacidad de respuesta ante eventos inesperados y mejora la eficiencia en la operación de plantas industriales.

Uno de los principales retos en la implementación de tableros Gateway es la interoperabilidad con infraestructuras industriales existentes. Según Sydle [8], los sistemas

industriales tradicionales pueden presentar dificultades en la integración con nuevas tecnologías debido a diferencias en los protocolos de comunicación y formatos de datos. La adopción de estándares abiertos y la compatibilidad con múltiples protocolos son factores clave para garantizar una transición efectiva hacia un sistema de monitoreo centralizado.

Además de los desafíos técnicos, la seguridad en la transmisión de datos es un aspecto crítico en la implementación de tableros Gateway. Según LKS [9], la ciberseguridad en entornos industriales es un factor determinante en la adopción de nuevas tecnologías. La integración de mecanismos de cifrado y autenticación robusta en los tableros Gateway permite proteger la integridad de la información y minimizar los riesgos asociados con accesos no autorizados.

La implementación de tableros Gateway resulta una solución eficiente para mejorar la supervisión y control de procesos industriales. La integración con sistemas como PI Vision Aveva facilita el acceso a datos en tiempo real y optimiza la toma de decisiones, sin embargo, la interoperabilidad y la seguridad siguen siendo desafíos importantes que deben abordarse para garantizar el éxito de estos sistemas en entornos industriales complejos [10].



Fig. 1. Arquitectura simplificada de un sistema industrial.

Arquitectura simplificada de un sistema industrial, en donde se observa que los servidores centralizan datos desde los PLCs Gateway (vía Red de Control) y podrían extenderse para integrar PI Vision y MES

1.2. Desarrollo teórico y conceptual

1.2.1. Integración de Datos

Proceso de combinar datos de diferentes fuentes para proporcionar una vista unificada. Su objetivo principal es mejorar la accesibilidad y la coherencia de la información [11].

1.2.2. Las reglas de firewall

Son directrices que determinan qué tráfico de red puede entrar o salir de una red o sistema, y cómo debe ser manejado. Estas reglas son cruciales para proteger la infraestructura de TI de accesos no autorizados y ataques cibernéticos [12].

Las reglas de firewall se definen en función de la dirección en la que viaja el tráfico. Los dos tipos incluyen:

Reglas de entrada: Se aplican al tráfico entrante que intenta ingresar a la red protegida. Normalmente las organizaciones deniegan el tráfico entrante de forma predeterminada y a continuación definen excepciones para los tipos de tráfico permitidos. Muchas organizaciones permiten que el tráfico HTTPS y DNS ingrese a su red para respaldar la navegación sitio web de los empleados [13].

Reglas de salida: Especifican los tipos de tráfico que pueden salir de la red y a menudo permiten el tráfico de salida de forma predeterminada. Las organizaciones especifican los tipos de tráfico que no se debe permitir que salgan. Una de las opciones es bloquear el tráfico ICMP en el perímetro de la red privada puede ayudar a proteger contra el escaneo de la red y las fugas de información debido a mensajes de error [13].

1.2.2.1. Componentes de las reglas de firewall

Las reglas de firewall pueden identificar el tráfico permitido o denegado en función de algunas características diferentes, entre las que se incluyen:

Dirección IP de origen: La dirección IP de origen identifica el origen del tráfico. Una organización puede bloquear el tráfico de ciertas direcciones IP o rangos de IP incorrectos conocidos. Alternativamente, es posible que solo se pueda acceder a computadoras o servicios particulares desde direcciones IP incluidas en la lista de permitidos [13].

Dirección IP de destino: La dirección IP de destino especifica hacia dónde se dirige el tráfico. En una compañía puede especificar que los usuarios no puedan navegar a determinados dominios que se sabe que son maliciosos o que infringen las políticas corporativas [13].

Tipo de protocolo: Las reglas de firewall también pueden especificar si el tráfico emplea el Protocolo de control de transmisión (TCP), el Protocolo de datagramas de usuario (UDP) o el Protocolo de mensajes de control de Internet (ICMP). Aquí las organizaciones suelen bloquear el tráfico ICMP en el perímetro de la red [13].

Rango de puertos: Los puertos TCP/UDP se emplean para especificar qué aplicación está escuchando el tráfico rojo y, firewall reglas, emplean estos puertos para especificar los tipos de tráfico de la aplicación que pueden entrar o salir del rojo. Una regla de firewall que permita el tráfico HTTPS entrante especificaría que se debe permitir que el tráfico TCP al puerto 443 ingrese a la red [13].

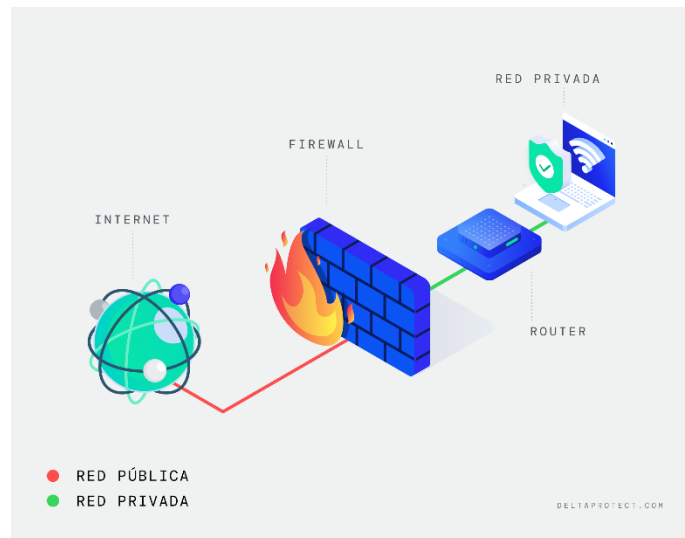


Fig. 2. Protección de redes industriales: Firewall como barrera entre redes internas (privadas) y externas (públicas)

1.2.3. Tipos de Integración

- **Integración en Línea:** La integración en línea es fundamental en entornos industriales donde la sincronización y la disponibilidad inmediata de datos son críticas. Este enfoque permite que la información generada por sensores, PLCs (como el ControlLogix 1756-L72) y otros dispositivos de campo se transmita y procese instantáneamente, facilitando la toma de decisiones operativas en línea con los requerimientos del proceso.

En aplicaciones como el control de máquinas en líneas de producción, la supervisión de procesos en plantas químicas o la gestión de energía en tiempo real, esta integración asegura que los operadores y sistemas de control tengan acceso a datos actualizados para ajustar parámetros, detectar anomalías o activar alarmas sin demoras. Además, en sistemas SCADA y MES (Manufacturing Execution Systems), la integración en tiempo real es clave para mantener una trazabilidad precisa y optimizar la eficiencia operacional [14].

- **Integración por Lotes (Batch):** La integración por lotes es común en procesos industriales donde no se requiere un procesamiento inmediato, sino la consolidación periódica de datos para análisis, reportes o actualizaciones de sistemas [15]. Este método es eficiente en escenarios como:
 - **Registro de datos históricos en plantas de manufactura:** Los sistemas HMI/SCADA pueden recolectar datos de producción (ej.: velocidad de línea, temperaturas, fallos) y almacenarlos en bases de datos para generar informes diarios o semanales.
 - **Mantenimiento predictivo:** Los datos de vibración, temperatura o rendimiento de equipos (motores, bombas) se agrupan y analizan en intervalos programados para identificar tendencias y programar mantenimientos.
 - **Gestión de inventarios:** En almacenes automatizados, los movimientos de materiales se registran en lotes para actualizar sistemas ERP (ej.: SAP, Oracle) al finalizar turnos o jornadas.
 - **Procesos batch en industrias farmacéuticas o alimentarias:** Donde las recetas y parámetros de producción se cargan y validan en ciclos predefinidos.

1.2.4. Tarjetas de comunicación Rockwell

Rockwell Automation es la marca seleccionada debido a su reconocida fiabilidad, robustez y compatibilidad con entornos industriales exigentes. Petroecuador busca estandarizar sus sistemas de automatización con una marca líder en el mercado, garantizando interoperabilidad, soporte técnico especializado y disponibilidad de repuestos. Las tarjetas de comunicación de Allen-Bradley, en particular, facilitan la integración segura y eficiente con redes industriales y dispositivos de campo, optimizando la operación y mantenimiento de los PLCs en las instalaciones de la empresa.

Rockwell Automation ofrece una variedad de tarjetas de comunicación para sus sistemas de control, especialmente para sus PLCs (Controladores Lógicos Programables) de las series Allen-Bradley. Estas tarjetas permiten la conexión con redes industriales, dispositivos de campo y otros sistemas de automatización [16].

A continuación, te proporciono información sobre algunos tipos comunes:

Tarjetas de Comunicación para Controladores (PLC)

- **1756-ENBT / 1756-EN2T / 1756-EN3TR**
 - Módulos de comunicación Ethernet/IP para chasis ControlLogix.
 - Permiten la conexión a redes industriales para comunicación con HMI, SCADA y otros dispositivos.
 - La serie **EN3TR** incluye características mejoradas de seguridad y redundancia [16].
- **1756-CNB / 1756-CNBR**
 - Tarjetas de comunicación ControlNet para integración en redes de alta velocidad.
- **1756-DNB:**
 - Módulo de comunicación DeviceNet, permite conectar sensores y actuadores mediante esta red [16].
- **1756-PA75 / 1756-PB75**
 - Fuentes de alimentación con comunicación integrada para sistemas ControlLogix.

Tarjetas para CompactLogix

- **1768-ENBT:**
 - Módulo Ethernet/IP para la serie CompactLogix 1768.
- **1769-SDN:**
 - Módulo Scanner para DeviceNet en CompactLogix.

Tarjetas de Red Industrial

- **1783-ETAP:**
 - Tarjeta de comunicación Ethernet/IP para aplicaciones de alta disponibilidad.
- **1788-EN2PAR:**
 - Adaptador para conectar dispositivos Profinet a redes EtherNet/IP [16].

Tarjetas para Comunicación Serial

- **1756-SERIAL / 1761-NET-ENI:**
 - Permiten comunicación RS-232/RS-485 y conversión a Ethernet.

Tarjetas de Seguridad y Redundancia

- **1756-EWEB:**
 - Módulo de seguridad para comunicaciones Ethernet con firewall integrado.
- **1756-RM2:**
 - Módulo de redundancia para ControlLogix.

1.2.4.1.Módulo de Comunicación 1756-EN2TR

El 1756-EN2TR es un módulo de comunicación EtherNet/IP de Allen-Bradley (Rockwell Automation) diseñado para sistemas ControlLogix. Este módulo actúa como un puente entre el controlador y una red industrial Ethernet, permitiendo la transferencia de datos en tiempo real con dispositivos como HMIs, SCADAs, variadores de frecuencia y otros PLCs [17].

Características y Funcionamiento

- **Protocolo:** Utiliza EtherNet/IP (Industrial Protocol), basado en estándares Ethernet estándar pero optimizado para entornos industriales.
- **Velocidad:** Soporta 10/100/1000 Mbps (Gigabit Ethernet) para alta velocidad en transferencia de datos.
- **Conexiones:** Cuenta con dos puertos RJ45 (dúplex completo) que permiten conexiones en cadena (daisy-chaining) para simplificar el cableado.
- **Seguridad:** Incluye funciones de seguridad mejorada, como filtrado de direcciones MAC y soporte para VLANs.
- **Redundancia:** No tiene redundancia integrada, pero puede trabajar con módulos adicionales (como el 1756-EN2T) en configuraciones redundantes.
- **Alimentación:** Se conecta al chasis ControlLogix y obtiene energía a través del backplane.

Configuración

- Se programa mediante Studio 5000 (Logix Designer), donde se define su dirección IP, nombres de dispositivo y parámetros de red.
- Se integra con RSLinx Classic para la comunicación con otros dispositivos Rockwell.

- Permite la conexión con servidores OPC y sistemas SCADA mediante tags Ethernet/IP.

1.2.4.2. Controlador 1756-L72 (ControlLogix 5572)

El 1756-L72 es un controlador de la serie ControlLogix 5570 de Allen-Bradley, diseñado para aplicaciones de automatización industrial avanzada.

Características y Funcionamiento

- **Procesador:** Basado en un CPU de alto rendimiento, adecuado para aplicaciones complejas y de alta velocidad.
- **Memoria:** Tiene 8 MB de memoria de usuario para programas lógicos, etiquetas y datos.
- **Scan Time:** Capaz de ejecutar lógica en milisegundos, dependiendo de la complejidad del programa.

Comunicaciones

- **Backplane ControlLogix:** Se comunica con otros módulos en el mismo chasis (E/S, comunicación, seguridad).
- **EtherNet/IP:** Usa el módulo 1756-EN2TR para conectarse a redes industriales.
- **Otros protocolos:** Puede integrarse con ControlNet, DeviceNet y serial RS-232 mediante módulos adicionales.

Programación

- Se programa con Studio 5000 Logix Designer.
- Soporta lenguajes IEC 61131-3 (Ladder, Function Block, Structured Text).
- Permite programación en tiempo real y actualizaciones en caliente (online edits).

1.2.5. Comunicación entre el 1756-EN2TR y el 1756-L72

El módulo 1756-EN2TR se instala físicamente en un slot disponible del chasis ControlLogix, donde se conecta directamente al backplane para comunicarse con los demás módulos, incluyendo el controlador 1756-L72. Una vez instalado y energizado el sistema, el controlador reconoce automáticamente el módulo mediante el protocolo de autoconfiguración del backplane, asignándole un slot number que se utiliza para su direccionamiento lógico en el proyecto de Studio 5000 [17].

Para establecer la comunicación, es necesario configurar el módulo 1756-EN2TR dentro del proyecto del controlador en Studio 5000 Logix Designer. Primero, se asigna una dirección IP estática o se habilita DHCP según los requerimientos de la red industrial. Luego, se definen los tags de comunicación (etiquetas) que permitirán el intercambio de datos con otros dispositivos, como HMIs (PanelView), variadores de frecuencia (PowerFlex) o incluso otros PLCs en la red EtherNet/IP. Esta configuración asegura que el controlador pueda enviar y recibir información de manera eficiente.

Una vez configurado, el controlador 1756-L72 utiliza el módulo 1756-EN2TR como puente de comunicación para enviar y recibir datos a través del protocolo EtherNet/IP. Los tags definidos en el programa del PLC quedan disponibles para ser leídos o escritos por otros equipos en la red, como un HMI PanelView que muestre datos en tiempo real o un sistema SCADA que registre históricos [17].

El estado del módulo 1756-EN2TR puede ser monitoreado mediante el software RSLinx Classic, que muestra el estado de los dispositivos en la red, o a través de los LEDs indicadores en el hardware del módulo, que proporcionan información visual sobre la conexión de red, actividad y posibles fallos. Además, cualquier error de comunicación es registrado en el controlador 1756-L72, lo que permite un diagnóstico rápido mediante las herramientas de

troubleshooting integradas en Studio 5000. Esto facilita la identificación y corrección de problemas, minimizando tiempos de inactividad en procesos industriales [17].

1.2.6. Tablero de control

Un tablero de control está diseñado para albergar, proteger y organizar componentes eléctricos y de automatización en entornos industriales. Cumple funciones críticas en la operación y seguridad de maquinaria, procesos automatizados y sistemas de potencia [18].

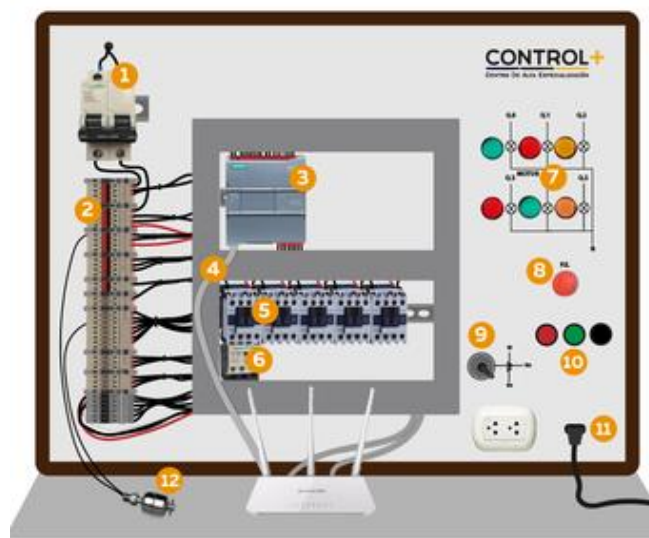


Fig. 3. Tablero de control. [19]

1.2.7. Definición de Gateway

Gateway Plataforma de software que actúa como un punto central de integración y gestión de datos. Permite conectar diversas fuentes de datos y centralizar su procesamiento [15].

Gateway es un término inglés que significa puerta o portal. Es un tipo de enrutador que funciona como un punto de parada para los datos en su camino hacia otras redes. Gracias a los Gateway es posible la comunicación y envío de datos de un lado a otro.

Internet no tendría la funcionalidad que tiene hoy en día sin las puertas de enlaces (así como un montón de otros dispositivos y programas).

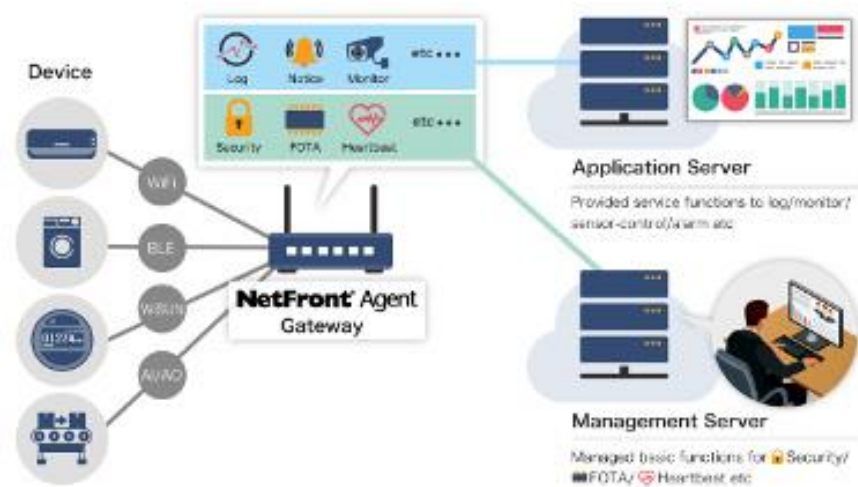


Fig. 4. Software para Gateway. [20]

De igual forma, un Gateway es normalmente un equipo informático configurado para traducir los datos de un protocolo empleado en una red al protocolo utilizado en la red de destino. Esto podría ser un servidor, firewall (cortafuegos) u otro dispositivo que permita que el tráfico fluya hacia cualquier otra red [21].

Una de las principales ventajas de usar Gateway en escenarios empresariales es la simplificación de la conectividad a Internet en un solo dispositivo.

1.2.7.1. Funcionalidades Clave del Gateway

Todas las redes tienen un protocolo que limita la comunicación a los dispositivos. Debido a esto, si un dispositivo dentro de una red desea comunicarse con otro fuera de ella, requiere la funcionalidad de un Gateway.

Los Gateway pueden adoptar varias formas con el propósito de cumplir ciertas tareas, algunas de ellas pueden ser:

- **Gateway de red:** proporcionan una interfaz entre dos redes distintas que funcionan con varios protocolos.
- **Firewall de aplicaciones web:** filtran el tráfico hacia y desde un servidor web, analizando los datos de la capa de aplicación.

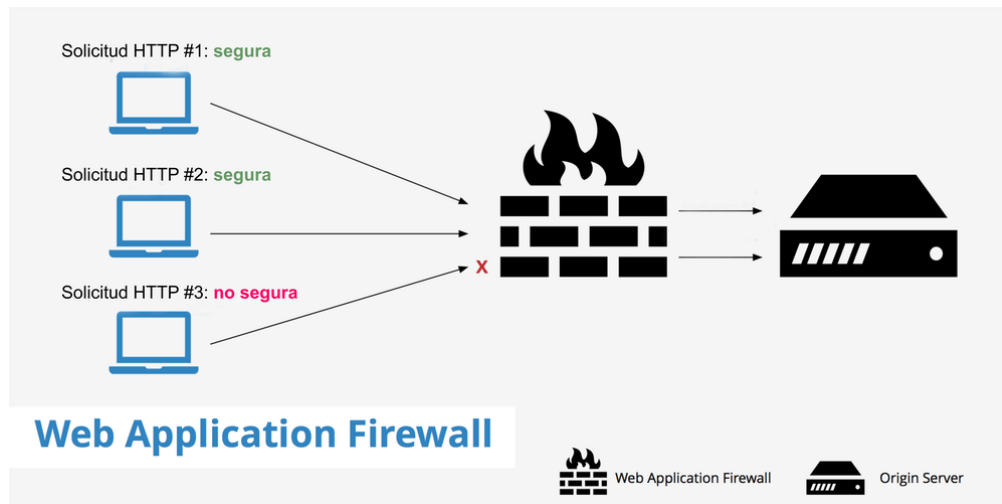


Fig. 5. Firewall de aplicaciones web. [22]

Nota. En la imagen se tiene un firewall de aplicación (WAF) es un dispositivo de seguridad que se interpone entre tu aplicación web e Internet. Tomado de: [22]

- **Gateway de almacenamiento en la nube:** es un servidor de red que descifra las solicitudes de almacenamiento en la nube. Además, permite almacenar la información en una sola red privada.

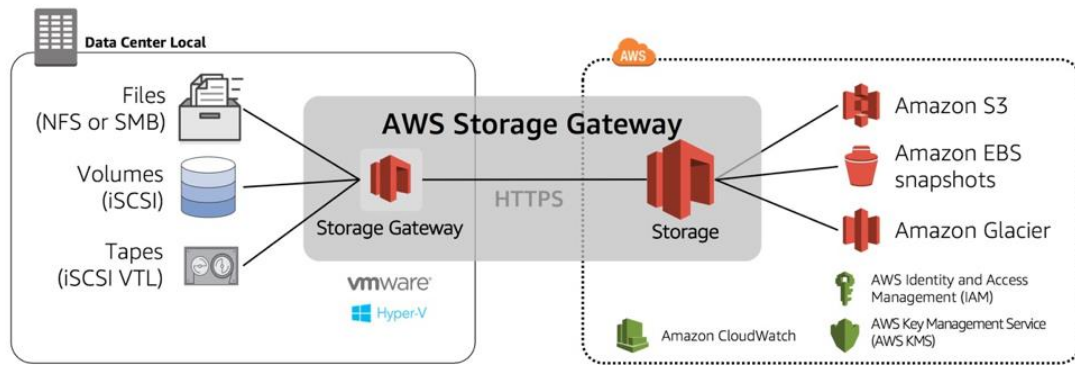


Fig. 6. Gateway de almacenamiento en la nube. [14]

- **Gateway API:** supervisan el flujo de tráfico dentro y fuera de un servicio.

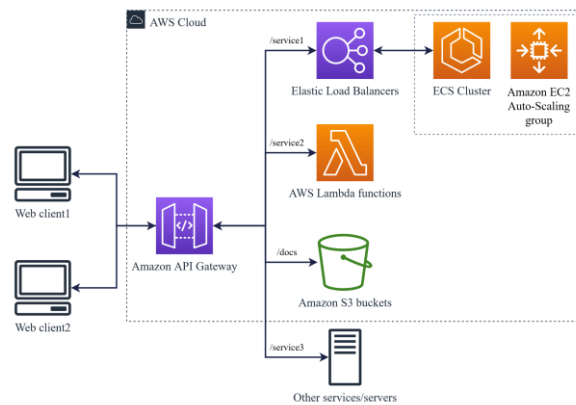


Fig. 7. Gateway API. [21]

- **Gateway Lot:** permiten agregar y transmitir datos a los sensores en un entorno IoT (Internet de las cosas).



Fig. 8. Gateway IoT. [23]

- **Gateway VoIP:** facilitan el uso de datos con los servicios de telefonía antiguo.

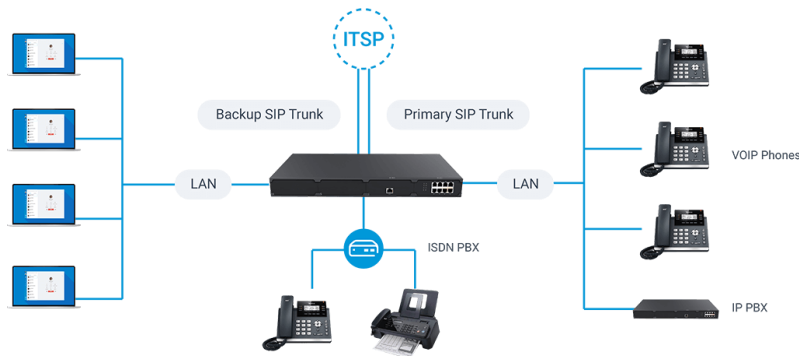


Fig. 9. Gateway VoIP. [24]

- **Gateway de seguridad de email:** evitan la entrada de correos electrónicos que no cumplan con la política de la empresa [21].

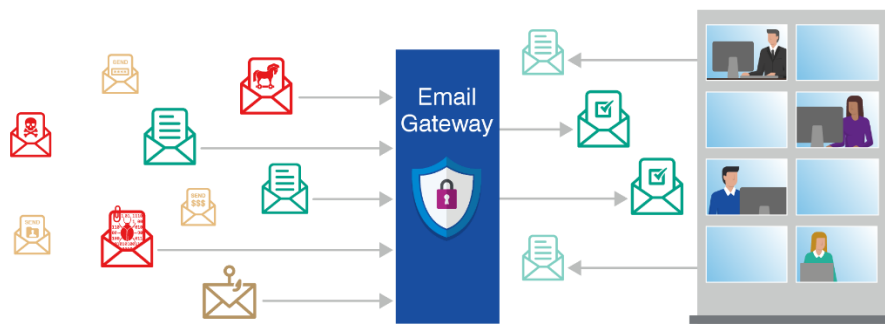


Fig. 10. Gateway de seguridad de email. [25]

1.2.7.2. Ventajas de Usar un Gateway

- Puedes elegir los dispositivos específicos que cubren tus necesidades de velocidad, alcance y funciones. Esto ofrece una solución más a la medida.
- Si necesitas actualizar uno (se puede hacer a través de la mejora de la cobertura de wifi con un nuevo enrutador), puedes hacerlo sin reemplazar el módem.
- Si bien probablemente no sea un problema para el usuario promedio, esta configuración también te ofrece un mayor control granular de las configuraciones de la red, como redes para invitados y determinados protocolos de seguridad [26].

1.2.7.3. Desventajas de Usar un Gateway

- En general, los módems y enrutadores por separado implican muchos cables y no demasiadas opciones cuando se trata de ubicarlos, y esto no es lo ideal.
- Es un poco más complicado solucionar problemas y configurarlos, ya que tienes que manejar dos dispositivos en lugar de uno.
- A diferencia de los gateways, que generalmente son suministrados por tu proveedor de servicios de Internet (ISP), tendrás que manejarte por tu cuenta si necesitas una actualización o asistencia [26].

1.2.8. Implementación de Gateway en la Integración de Datos

Pasos en la Implementación

- Evaluación de Requisitos: Determinar las necesidades específicas de integración y las fuentes de datos.
- Configuración de Conectores: Establecer conexiones entre el Gateway y las diferentes fuentes de datos.
- Desarrollo de Dashboards: Crear paneles de control personalizados para visualizar los datos integrados [27].

1.2.9. Rockwell Studio 5000

Studio 5000 es el entorno de desarrollo unificado de Rockwell Automation para la programación, configuración y mantenimiento de sistemas de control industrial, especialmente diseñado para las familias ControlLogix, CompactLogix y GuardLogix. Combina herramientas de ingeniería en una sola suite, optimizando el diseño, puesta en marcha y operación de aplicaciones de automatización [17].

Principales Características

Arquitectura Integrada

- **Logix Designer:** Herramienta central para programar controladores Logix (L7x, L8x, CompactLogix).
- **Aplicaciones Adicionales:** Incluye módulos para motion control (Kinetix), seguridad funcional (Safety) y visualización (View Designer para PanelView 5000).

Lenguajes de Programación (IEC 61131-3)

- **Ladder Logic (LD):** Ideal para lógica secuencial y reemplazo de relés.
- **Function Block Diagram (FBD):** Para procesos complejos (ej.: PID, control de motores).
- **Structured Text (ST):** Usado en algoritmos matemáticos y operaciones avanzadas.
- **Sequential Function Chart (SFC):** Perfecto para máquinas de estados y procesos batch.

Comunicaciones y Redes Industriales

- Soporte nativo para EtherNet/IP, ControlNet, DeviceNet y CIP Safety.
- Configuración simplificada de dispositivos de red (drives PowerFlex, servomotores Kinetix).

1.2.10. Desafíos y Consideraciones

Si bien una puerta de enlace de IoT puede aportar beneficios a su organización, su implementación también puede presentar varios desafíos, que involucran consideraciones tanto técnicas como de seguridad [20].

Integración y complejidad

Uno de los desafíos es la complejidad de integrar múltiples dispositivos y sensores de IoT de distintos proveedores. Esto puede generar problemas de comunicación y de compatibilidad. Las puertas de enlace de IoT deben poder traducir entre distintos protocolos y formatos de datos para garantizar una comunicación fluida entre dispositivos [21].

- **Consideraciones:**
 - **Compatibilidad:** Los dispositivos IoT pueden utilizar protocolos como MQTT, CoAP, HTTP, Zigbee, Z-Wave, entre otros. La puerta de enlace debe ser capaz de traducir entre estos protocolos para permitir la comunicación entre dispositivos heterogéneos [28].
 - **Interoperabilidad:** Es crucial que la puerta de enlace soporte estándares abiertos para evitar problemas de interoperabilidad [28].
 - **Configuración:** La configuración inicial puede ser complicada, especialmente si los dispositivos tienen requisitos específicos de red o seguridad [28].

Gestión y mantenimiento

Con numerosos dispositivos IoT conectados a la puerta de enlace, puede resultar difícil realizar un seguimiento de todos los dispositivos y garantizar su correcto funcionamiento. Esto también puede generar problemas con las actualizaciones de firmware y los parches de seguridad, por lo que es fundamental contar con un sistema de gestión integral [29].

- **Consideraciones:**

- **Monitoreo:** Es necesario contar con herramientas de monitoreo en tiempo real para detectar fallos o comportamientos anómalos en los dispositivos [29].
- **Actualizaciones:** Mantener el firmware y los parches de seguridad actualizados en todos los dispositivos puede ser un desafío logístico [29].
- **Escalabilidad:** A medida que crece el número de dispositivos, la gestión debe escalar sin comprometer la eficiencia [29].

Seguridad

Sus dispositivos IoT suelen estar conectados a Internet y pueden ser vulnerables a ataques cibernéticos. Es importante contar con medidas de seguridad sólidas para proteger su puerta de enlace contra amenazas potenciales y actualizar y monitorear estos sistemas con regularidad [30].

- **Consideraciones:**

- **Autenticación y Autorización:** Asegurar que solo los dispositivos y usuarios autorizados puedan acceder a la red [30].
- **Cifrado de Datos:** Proteger los datos transmitidos entre los dispositivos y la puerta de enlace mediante cifrado [30].
- **Protección contra Amenazas:** Implementar firewalls, sistemas de detección de intrusiones y actualizaciones regulares de seguridad [30].
- **Monitoreo Continuo:** Establecer un sistema de monitoreo para detectar y responder a posibles amenazas en tiempo real [30].

Escalabilidad y flexibilidad

A medida que aumenta la cantidad de dispositivos conectados y la cantidad de datos que generan, es importante que su puerta de enlace pueda manejar este crecimiento sin afectar el rendimiento. Además, a medida que se agregan nuevos dispositivos IoT a la red, la puerta de enlace debe ser lo suficientemente flexible para adaptarse a ellos [31].

- **Consideraciones:**

- **Capacidad de Procesamiento:** La puerta de enlace debe tener suficiente capacidad de procesamiento para manejar grandes volúmenes de datos [31].
- **Flexibilidad:** Debe ser capaz de integrar nuevos dispositivos y tecnologías sin requerir cambios significativos en la infraestructura existente [31].
- **Balance de Carga:** Distribuir eficientemente el tráfico de datos para evitar cuellos de botella [31].

Capacidades de computación en el borde

A medida que los dispositivos IoT generan más datos, puede resultar difícil procesarlos y transmitirlos todos a la nube. Su puerta de enlace IoT debe tener la capacidad de realizar un preprocesamiento y filtrado de datos en el borde para reducir la cantidad de datos que se transmiten y mejorar la eficiencia general [32]

- **Consideraciones:**

- **Preprocesamiento:** Realizar un filtrado y procesamiento inicial de los datos en el borde (en la puerta de enlace) para reducir la cantidad de datos que se envían a la nube [32].

- **Latencia:** Reducir la latencia en aplicaciones críticas, como en entornos industriales o de salud, donde el tiempo de respuesta es crucial [32].
- **Almacenamiento Temporal:** Almacenar datos localmente en caso de interrupciones en la conectividad con la nube [32].

Costo y retorno de la inversión

Las puertas de enlace de IoT y sus dispositivos pueden ser costosos, por lo que su organización debe considerar cuidadosamente los posibles beneficios y retornos antes de invertir en ellos. Además, también deben tenerse en cuenta los costos de mantenimiento y administración continuos [27].

- Consideraciones:
 - Costos Iniciales: Incluyen la compra de hardware, software y la configuración inicial.
 - Costos Operativos: Mantenimiento, actualizaciones, consumo energético y personal técnico.
 - Beneficios: Mejoras en la eficiencia operativa, reducción de costos a largo plazo, y nuevas oportunidades de negocio.
 - ROI: Calcular el retorno de la inversión considerando tanto los costos como los beneficios esperados [27].

CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA

2.1. Contexto de la investigación

El Bloque 43 ITT, ubicado en Tiputini, provincia de Orellana, es una de las áreas más importantes para la extracción de petróleo en Ecuador. La Central de Procesos Tiputini (CPT) es una instalación clave dentro de este bloque, donde se realizan actividades de perforación, extracción y procesamiento de petróleo. La CPT utiliza un sistema de control distribuido basado en la arquitectura Integrated Architecture, que permite la integración y optimización de los procesos. Sin embargo, a pesar de los avances tecnológicos, la falta de una plataforma centralizada de monitoreo ha generado desafíos en la eficiencia operativa, la gestión de datos y la respuesta rápida a incidencias.



Fig. 11. CPT Bloque 43 ITT en Orellana.

La implementación de un tablero Gateway como plataforma centralizada de monitoreo en el BL43 PEC (Petroecuador) surge como una solución para mejorar la supervisión en tiempo real, optimizar el flujo de información y garantizar la seguridad operativa. Este proyecto se enfoca en evaluar la viabilidad técnica y operativa de esta implementación,

considerando los aspectos metodológicos, tecnológicos y de seguridad necesarios para su éxito.

2.2.Diseño y alcance de la investigación

El diseño de la investigación es de tipo aplicativo-experimental, ya que busca implementar y evaluar la efectividad de un tablero Gateway en un entorno industrial real. El alcance de la investigación abarca:

Alcance técnico: Configuración e integración del PLC Gateway “PLC-GW-40000” con el sistema PI Vision Aveva para centralizar el monitoreo de datos de proceso y eléctricos.

Alcance operativo: Desarrollo de una interfaz gráfica para visualización en tiempo real y mejora de la toma de decisiones.

Alcance metodológico: Evaluación de la viabilidad, eficiencia y seguridad de la implementación.

El estudio se limita al Bloque 43 ITT, específicamente a la CPT, y no incluye otros bloques o instalaciones de Petroecuador.

2.3.Tipo y métodos de investigación

La investigación es de tipo mixta, ya que combina enfoques cualitativos y cuantitativos:

- **Enfoque cualitativo:** Se utiliza para analizar los desafíos técnicos y operativos asociados con la integración del tablero Gateway, así como para evaluar la percepción de los operadores y técnicos respecto a la nueva plataforma.
- **Enfoque cuantitativo:** Se emplea para medir la eficiencia operativa, la precisión del control de procesos y los tiempos de respuesta antes y después de la implementación.

Los métodos utilizados incluyen:

- **Revisión documental:** Análisis de manuales técnicos, especificaciones del sistema y protocolos de seguridad.
- **Experimentación:** Pruebas de configuración e integración del PLC Gateway y el sistema PI.
- **Simulación:** Uso de software especializado para modelar el flujo de datos y la interfaz gráfica.

2.4. Población y muestra

La población de estudio está conformada por:

- **Personal técnico y operativo:** Ingenieros, técnicos y operadores de la CPT involucrados en el monitoreo y control de procesos.
- **Sistemas y equipos:** PLCs, sistemas de control distribuido DCS, y el sistema PI Vision Aveva.

La muestra se selecciona de manera intencional, enfocándose en:

- **Personal clave:** 10 ingenieros y 15 técnicos con experiencia en el manejo de sistemas de control y monitoreo.
- **Equipos críticos:** PLC Gateway “PLC-GW-40000” y los sistemas asociados al monitoreo de procesos y variables eléctricas.

2.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las técnicas e instrumentos utilizados para la recolección de datos incluyen:

- **Encuestas:** herramienta fundamental para recopilar información sobre la percepción del personal técnico y operativo respecto a la implementación del tablero Gateway.

Este instrumento permite obtener datos cuantificables y comparables, lo que facilita el análisis estadístico. El cuestionario diseñado para este fin incluye preguntas cerradas y escalas Likert, que miden el grado de acuerdo o desacuerdo con afirmaciones relacionadas con la eficiencia operativa, la facilidad de uso de la nueva plataforma, y la mejora en la toma de decisiones. Las encuestas se distribuyen entre ingenieros, técnicos y operadores de la Central de Procesos Tiputini (CPT), asegurando una muestra representativa del personal involucrado en el monitoreo y control de procesos. **(Ver Anexo 7-8)**

- **Entrevistas:** son empleadas para profundizar en aspectos cualitativos que no pueden ser capturados completamente a través de las encuestas. Esta técnica permite obtener información detallada sobre los desafíos técnicos y operativos asociados con la integración del tablero Gateway, así como las expectativas y preocupaciones del personal. Se utiliza una guía de entrevista que incluye preguntas abiertas, lo que permite a los participantes expresar sus opiniones de manera libre y detallada. Las respuestas son grabadas (con previa autorización) y transcritas para su posterior análisis, utilizando técnicas de codificación y categorización para identificar patrones y temas recurrentes. **(Ver anexo 8)**
- **Pruebas técnicas:** esenciales para evaluar el rendimiento del PLC Gateway “PLC-GW-40000” y su integración con el sistema PI Vision Aveva. Estas pruebas incluyen la medición de parámetros como la precisión del flujo de datos, la latencia en la transmisión de información, y la estabilidad del sistema bajo diferentes condiciones operativas. Para ello, se utiliza software especializado de monitoreo y análisis de datos, como el PI Vision de Aveva, que permite capturar y visualizar los datos en tiempo real.

- **Observación directa:** es una técnica complementaria que permite registrar el comportamiento del sistema y del personal antes y después de la implementación del tablero Gateway. Esta técnica se enfoca en aspectos como la interacción de los operadores con la nueva interfaz gráfica, la eficiencia en la identificación y respuesta a incidencias, y el impacto general en la operación diaria. Para sistematizar la observación, se utiliza una lista de verificación que incluye parámetros específicos, como el tiempo de respuesta ante alarmas, la frecuencia de errores en la interpretación de datos, y la satisfacción del personal con la nueva plataforma. La observación se realiza en diferentes turnos y condiciones operativas, asegurando que los datos recopilados sean representativos de la realidad del BL43 PEC.

2.6. Materiales utilizados para la implementación

Implementación del Tablero de Comunicaciones SCADA Gateway PLC-GW-40000 en el Cuarto de Control CCB-40000 (CPT). Montaje y conexión del PLC-GW-40000 en el Cuarto de Control CCB-40000.



Fig. 12. Montaje y conexión del PLC-GW-40000

Se detallan los materiales, equipos, software y herramientas utilizados para la implementación del tablero Gateway en el BL43 PEC. Se incluyen los dispositivos físicos, como el PLC Gateway “PLC-GW-40000”, así como las herramientas de software y plataformas de visualización.

Los Software utilizados para la implementación del tablero de control que se detalla a continuación.

- RSlinx Classic
- Studio 5000
- Factory talk View Studio
- FactoryTalk AssetCentre
- PI Vision Aveva (Osisoft)

Los materiales físicos utilizados para la implementación del tablero de control que se detalla a continuación.

TABLA I
MATERIALES UTILIZADOS PARA EL TABLERO

ÍTEM	MARCA	CANT.	NÚMERO DE PARTE	DESCRIPCIÓN
1	ALLEN BRADLEY	1	1756-A7-B	CHASIS DE E/S DE 7 RANURAS
2	ALLEN BRADLEY	2	1756-EN2TR	MÓDULO DE COMUNICACIONES ETHERNET
3	ALLEN BRADLEY	4	1756-N2	RELLENO DE RANURA VACÍA
4	ALLEN BRADLEY	1	1756-L72	CONTROLADOR CONTROLLOGIX 4MB, 0.98MB DE MEMORIA DE E/S
5	ALLEN BRADLEY	1	1783-US8T	SWITCH DE 8 PUERTOS STRATIX 2000
6	SOLA	2	SDN 10-24-100C	FUENTE DE ALIMENTACIÓN SOLA 24VDC, 12A, CL1 DIV2

ÍTEM	MARCA	CANT.	NÚMERO DE PARTE	DESCRIPCIÓN
7	SOLA	1	SDN 2.5-20-RED	MÓDULO DE REDUNDANCIA EXTERNA PARA FUENTE DE ALIMENTACIÓN
8	SOLA	1	STV 25K-105	SUPERVISOR DE SOBRETENSIONES, VOLTAJE DE ENTRADA 120V MONOFÁSICO (L-N)
9	ALLEN BRADLEY	1	1756-PA75 B	FUENTE DE ALIMENTACIÓN 86-256 VAC SV @ 13A, MONTAJE EN RACK
10	ALLEN BRADLEY	1	1492-SP2C200	INTERRUPTOR DE CIRCUITO BIPOLAR (20A)
11	ALLEN BRADLEY	5	1492-GM35	PORTADOR DE MARCADORES DE GRUPO
12	ALLEN BRADLEY	6	1492-JDG3FB	TERMINALES, FUSIBLES, DE PASO Y TIERRA
13	ALLEN BRADLEY	1	1492-EBJD3FB	PLACA FINAL PARA TERMINALES DE E/S 1492-JDG3FB
14	ALLEN BRADLEY	5	1492-H5	TERMINAL DE FUSIBLE DC CON LED
15	ALLEN BRADLEY	5	1492-J3	TERMINALES DE PASO AC/DC
16	ALLEN BRADLEY	4	1492-EBJ3	PLACA FINAL PARA J3
17	ALLEN BRADLEY	16	1492-EAJ35	SOPORTE FINAL EA35
18	WEIDMULLER	2	0293900000	FUSIBLE 10 A, TAMAÑO 1 1/4" X 1/4"
19	WEIDMULLER	2	0294600000	FUSIBLE 5 A, TAMAÑO 5X20mm
20	WEIDMULLER	1	294500000	FUSIBLE 2 A, TAMAÑO 1 1/4" X 1/4"
21	WEIDMULLER	6	4306000000	FUSIBLE 0,5 A, TAMAÑO 5X20mm
22	ALLEN BRADLEY	1	1492-SJ5B-24	CONEXIÓN CRUZADA DE 24 POLOS PARA 1492-J3
23	ALLEN BRADLEY	3	1492-N49	CONEXIÓN CRUZADA DE 10 POLOS PARA 1492-H5
24	PANDUIT	2	-	CANAleta DE CABLEADO PVC 60x100x2000 mm CON CUBIERTA O SIMILAR

ÍTEM	MARCA	CANT.	NÚMERO DE PARTE	DESCRIPCIÓN
25	ALLEN BRADLEY	2	199-DR1	RIEL DIN TS35x7.5 RANURADO, 1M
26	HOFFMAN	2	P-GS2K	SISTEMA DE BARRA DE PUESTA A TIERRA (200mm)
27	-	1	-	LÁMPARA LED INTERNA
28	SCHNEIDER	1	NSYDCM20	MICRO INTERRUPTOR
29	WEIDMULLER	1	6720005430	TOMA DE CORRIENTE ELÉCTRICA DÚPLEX CON LED
30	ALLEN BRADLEY	5	1492-H4	TERMINAL DE FUSIBLE AC CON LUZ NEÓN
31	ALLEN BRADLEY	2	1492-N37	PLACA FINAL PARA TERMINALES AC/DC
32	ALLEN BRADLEY	2	1492-SJS	PERFIL DE AISLAMIENTO PARA CONEXIÓN CRUZADA 1492-N49
33	WEIDMULLER	1	0546000000	PERFIL DE AISLAMIENTO PARA CONEXIÓN CRUZADA 0545400000
34	ALLEN BRADLEY	1	1492-M6X5-H1- 100	SISTEMA DE MARCADORES PARA BLOQUES DE TERMINALES 1492-JDG3FB (1-100)
35	ALLEN BRADLEY	2	1492-MSX12-H1- 20	SISTEMA DE MARCADORES PARA BLOQUES DE TERMINALES 1492-J3 (1-20)
36	CORNING	1	SPH-O1P	CAJA DE PANEL ÚNICO
37	CORNING	1	CCH-CP12-E7	PANEL DE CONECTOR DÚPLEX SC 50um MULTIMODO 12F
38	CORNING	12	003901T4180001M	FO SC 50um OM3 MM, PIGTAIL CON BUFFER 900um, LONGITUD 1m
39	CORNING	1	055702T5120001M	CABLE DÚPLEX SC-LC 50um OM3 MULTIMODO, LONGITUD 1m
40	CORNING	1	HSP-455100-1	FUNDA PROTECTORA TERMORRETRÁCTIL DE 45mm, PAQUETE DE 100
41	SIEMON	2	MC6-8-T-05-05	JUEGO DE CABLE DE PARCHE UTP CAT 6, LONGITUD, COLOR AMARILLO

ÍTEM	MARCA	CANT.	NÚMERO DE PARTE	DESCRIPCIÓN
42	TABLERO DE CONTROL	1	NEMA 4X	ABRAZADERAS ATORNILLADAS DE ACERO INOXIDABLE PARA UN SELLO CONFIABLE QUE PROTEGE LOS COMPONENTES DE LOS AMBIENTES CORROSIVOS.

2.7.Diseño de conexión y arquitectura del sistema

Se describe la arquitectura del sistema y las conexiones físicas y lógicas que permiten la integración del tablero Gateway. Se presenta un diagrama de bloques que ilustra la interacción entre los componentes principales, como el PLC Gateway, redes de comunicaciones involucradas (redes Scada y de negocios), el sistema PI Vision y las interfaces de visualización HMI. Además, se detalla la configuración de los protocolos de comunicación, el flujo de datos y el diseño de la interfaz gráfica, que son elementos clave para garantizar el funcionamiento eficiente del sistema.

2.7.1. Diseño de planos tablero de control

Diseño del Layout Interno para la ubicación de componentes, así como también el conexionado AC/DC Panel PLC-GW-40000. Se desarrolló los diagramas de conexionado eléctrico para garantizar una correcto conexionado del tablero de control.

Layout Interno del Panel PLC-GW-40000. (Anexo 1)

- Se desarrolló el diagrama de la distribución de los componentes internos del tablero, optimizando el espacio y facilitando las conexiones.

La ubicación de los elementos en el Doble Fondo del Tablero de Control fue ubicada, considerando las necesidades de ventilación y acceso para futuras implementaciones.

Conexión AC/DC Panel PLC-GW-40000 (Anexo 2)

Una vez ubicado los elementos se realizó el conexionado eléctrico conforme al plano, asegurando el correcto conexionado de los elementos ubicados en el tablero de control.

Pruebas de Lazo del Tablero en Laboratorio

Se realizaron pruebas de lazo en laboratorio para verificar la conexión y el funcionamiento del sistema antes de la instalación final.

Instalación de Alimentación de 120 VAC (Voltaje UPS)

En sitio en el cuaneto de control CCB 40000 se instaló y conectó la alimentación de 120 VAC proveniente del sistema UPS panel de distribución (DP-UPS-40003), garantizando energía de respaldo ante cortes o fluctuaciones.

Instalación del Sistema de Tierra

Se instaló el sistema de puesta a tierra de acuerdo con las normativas de seguridad vigentes para evitar riesgos eléctricos.

Pruebas de Señales Eléctricas AC y DC

Se efectuaron pruebas eléctricas para verificar las señales AC y DC, asegurando que el sistema estuviera correctamente alimentado y operando.



Fig. 13. Pruebas de señales eléctricas

Instalación de Cableado de Comunicación

Se conecta el cable de comunicación (patch cord) entre el PLC-GW40000 y el sistema SCADA a través de la tarjeta de comunicación Ethernet/IP 1756-EN2TR, garantizando una transmisión de datos eficiente. Esta conexión permite la interacción de la comunicación mediante redes virtuales VLAN con las redes existentes en el Bloque 43 ITT.



Fig. 14. Tablero de control PLC-W-40000

2.7.2. Arquitectura del sistema

2.7.2.1. Diagrama de bloques

En el siguiente diagrama (Figura 13) se presenta un resumen de la topología de las redes SCADA existentes en el bloque 43 de la EP Petroecuador. Estas redes incluyen la red Ethernet SCADA de Procesos y la red Ethernet SCADA Eléctrica.

La red Ethernet SCADA de Procesos (10.43.6.x) el sistema de Control de la CPT incluye tres sistemas principales Sistema de Control de Procesos (BPCS), Sistema de Control de Seguridad (SIS) y Sistema de Fuego y Gas (FGS). Para cada uno de estos sistemas se incluye una red independiente DLR en la que se integra el panel principal con los paneles RIO distribuidos en la CPT. La estructura de esta red sigue un diseño DLR (Device-Level Ring), que asegura redundancia y alta disponibilidad en la comunicación entre los equipos.

En el sistema de control de la CPT se incluye el controlador de las facilidades tempranas de la misma manera se incluyen varios controladores en una red independiente DLR el cual se integran a la red SCADA de procesos.

De la misma manera se incluye a la red SCADA de procesos, los sistemas principales Sistema de Control de Procesos (BPCS) y Sistema de Control de Seguridad (SIS), estos sistemas se encuentran replicados en las locaciones de Ishpingo, Tiputini y Tambococha. De la misma manera cada uno de estos sistemas se incluye una red independiente DLR en la que se integra el panel principal con los paneles RIO distribuidos en las locaciones.

También cada sistema en la planta de procesos CPT y las locaciones antes mencionadas tiene módulos de comunicación EtherNet/IP que permiten la integración a la red SCADA.

Para comunicación con terceros cada sistema incluye tarjetas de comunicación Modbus RTU. tales como el sistema de control básico de procesos (BPCS).

Por otro lado, la red Ethernet SCADA Eléctrica (10.43.22.xx) abarca el control y monitoreo de todo el sistema eléctrico de la planta CPT. Dentro de esta red se encuentra integrado el PLC-40300, procesador de la marca Rockwell. Además, se han integrado las RTUs de la marca Schneider en la planta CPT y en las locaciones existentes en el bloque 43, como Ishpingo, Tiputini y Tambococha.

Una vez descritas estas dos redes, se observa la inclusión a la red de procesos el PLC-GW40000, cuyo propósito principal es servir como el acceso único para la integración de datos provenientes de las redes mencionadas anteriormente.

El objetivo principal es llevar toda la información provenientes de los sistemas antes mencionados a la aplicación PI Vision Aveva, todos los datos serán mostradas en la esta plataforma de visualización para dicho fin se utiliza la red empresarial (red de negocios), PI Vision aveva a ser una herramienta basada en la web permite la visualización de la información desde cualquier punto de la red de negocios de EP Petroecuador.

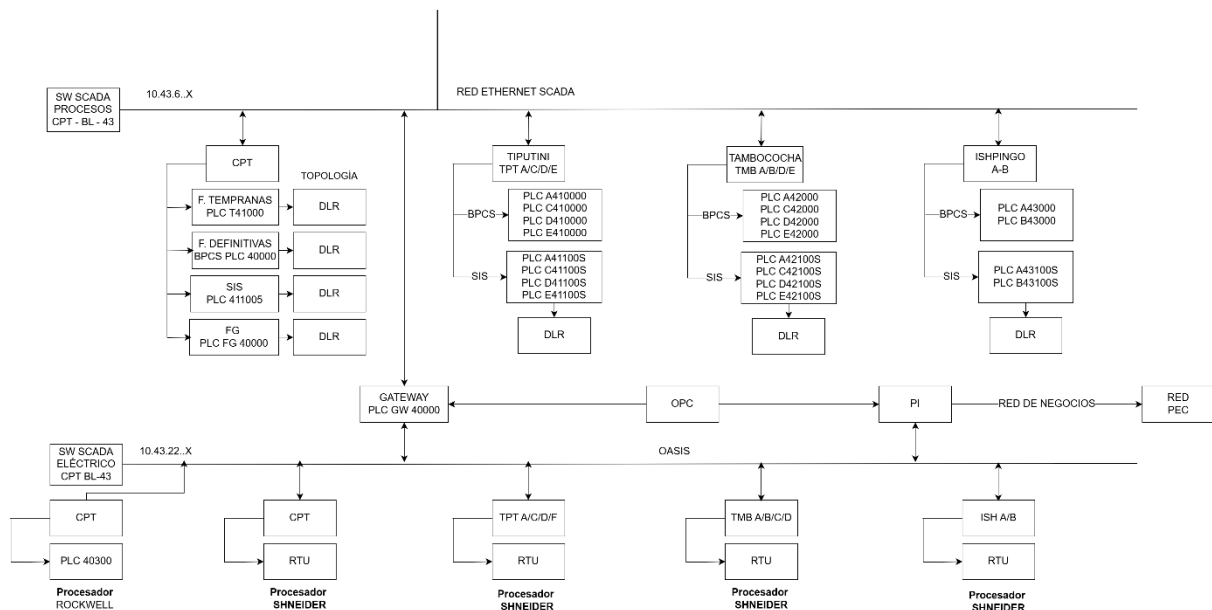


Fig. 15. Diagrama de bloques de la conexión del tablero.

Esta arquitectura muestra lo importante que es la implementación del PLC-GW40000 para la operación del BL-43, evidenciando la interconexión de diferentes redes y subredes, ya sean físicas o virtuales, cuyo fin es intercambiar datos entre los diferentes controladores para presentar información visual en varias plataformas HMI de un mismo equipo. Esto permite optimizar la operación y facilitar la toma de decisiones del personal de operaciones.

2.7.2.2. Diagrama de conexión

En la Figura 14 se detalla el esquema de conexonado AC/DC del panel PLC-GW-40000, en donde se identifica las conexiones eléctricas implementadas, cada una con sus respectivas características técnicas, garantizando la correcta alimentación y comunicación entre los componentes del sistema. El diseño cumple con los estándares de seguridad y eficiencia energética, facilitando el mantenimiento y la trazabilidad de cada circuito. Adicionalmente, se incluyen referencias cruzadas para la identificación de bornes y cables, asegurando una integración sin errores con los demás módulos de la instalación industrial.

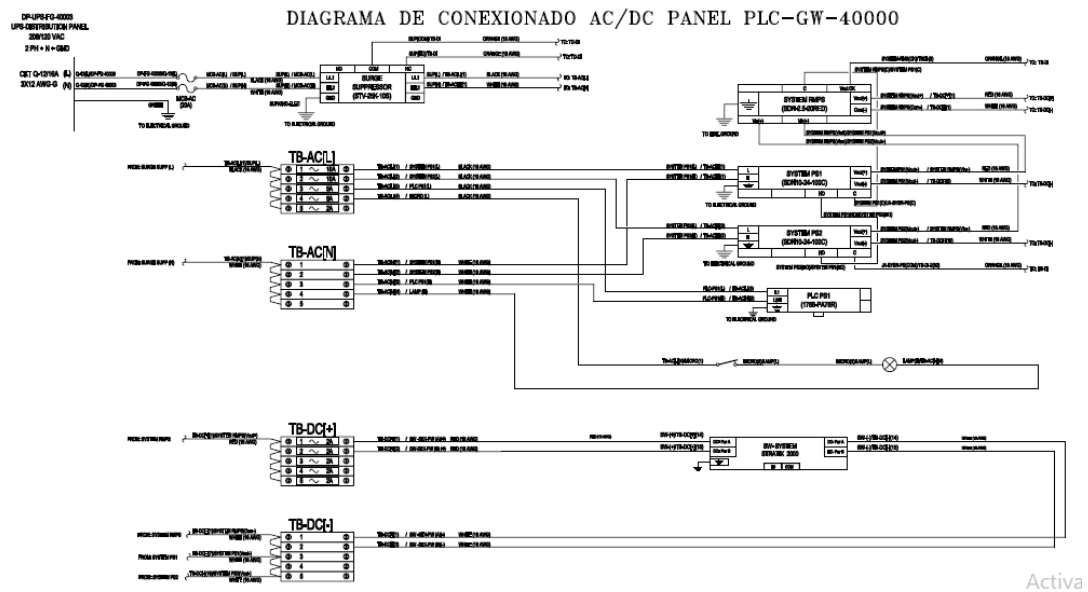


Fig. 16. Diagrama de conexiones AC/DC.

2.7.3. Conexiones físicas

Para las conexiones físicas, se han instalado canaletas y riel din en un doble fondo blanco, para la distribución de los componentes eléctricos y el alojamiento ordenado del cableado.

Como componente principal del tablero físico, en la parte superior se coloca un chasis de 7 slots Allen-Bradley, en el que se alojarán el PLC 1756-L72 y la tarjeta de comunicación 1756-EN2TR. Además, en el tablero se incluye el Switch de comunicación Stratix 2000, a la izquierda se ubica un supresor de picos, dos fuentes de alimentación AC/DC con el propósito de la alimentación sea redundante, mientras que en la parte derecha se instala borneras para llevar las señales de Status de los equipos instalados, esto permitirá una conexión ordenada de los cables. Todo esto se puede observar en las figuras 15 y 16.



Fig. 17. Canaletas y riel din para colocar los componentes.



Fig. 18. Ubicación de componentes eléctricos.

En la figura 17 se muestra la conexión eléctrica entre las diferentes fuentes de alimentación, las borneras de distribución y el módulo del PLC (Controlador Lógico

Programable), siguiendo meticulosamente los esquemas y planos técnicos previamente diseñados. Además, cada uno de los componentes ha sido interconectado conforme a las especificaciones del fabricante y los estándares de seguridad aplicables, garantizando así un funcionamiento óptimo del sistema de control. Las conexiones se han verificado mediante pruebas de continuidad y polaridad para asegurar que no existan errores en el cableado.



Fig. 19. Cableado de los componentes.

2.8. Implementación y configuración

2.8.1. Desarrollo de la aplicación PLC

En esta subsección se describe la funcionalidad del PLC Gateway “PLC-GW-40000” como puerta de enlace entre las redes virtuales y físicas de la infraestructura del Bloque 43 ITT. Se detalla la configuración y parametrización de los objetos tipo mensajes, que se

exportan a otras redes mediante la instrucción Messaging. Este programa contiene tres rutinas principales:

La funcionalidad de este controlador es servir de puerta enlace de comunicaciones entre las redes virtuales y las redes físicas de la infraestructura que se dispone en este bloque BL43. Para cumplir con esto, se debe configurar y parametrizar los objetos tipo mensajes que se exportará hacia otras redes, esto se ubicará en el programa Messaging, el mismo que contiene tres rutinas (Figura 18):

- Messages
- ReadData
- WriteData

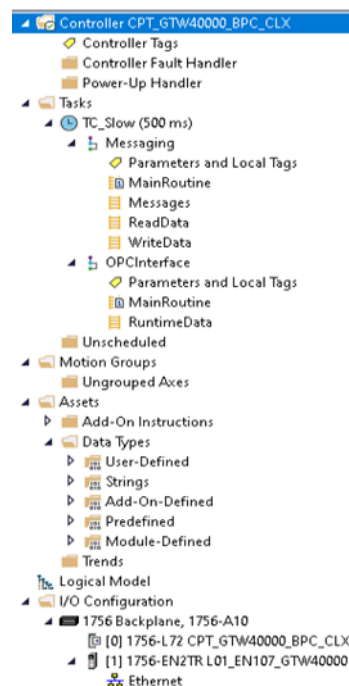


Fig. 20. Organizador de tareas y programas.

Las funciones de las tres rutinas creadas se definen a continuación:

Messages: En esta rutina se programa y configura una instrucción de tipo Mensaje la cual se encarga de entablar un canal de comunicación entre el PLC-GW-40000 con los diferentes PLC del sistema de control de donde se desea obtener la información

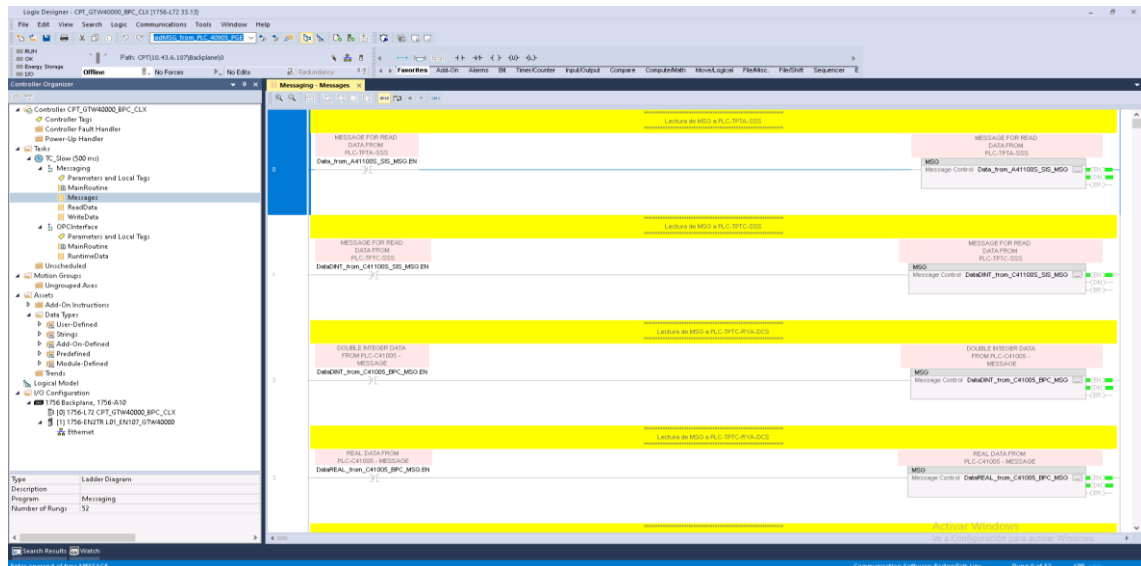


Fig. 21. Estructura de programación de mensajes.

Para la programación de esta instrucción se utiliza lenguaje tipo escalera o Ladder donde cada una de las líneas mostradas es una instrucción y como se mencionó antes estas se encargarán de entablar la comunicación con los demás dispositivos por tal razón es necesaria una instrucción por dispositivo con el que se desea comunicar u obtener su información.

Para su configuración se aprovecha una de las bondades del sistema DCS que es el uso del estándar de comunicación EtherNet/IP, donde varios dispositivos se pueden conectar mediante el uso de la dirección IP asignada, como se observa en la figura 20.

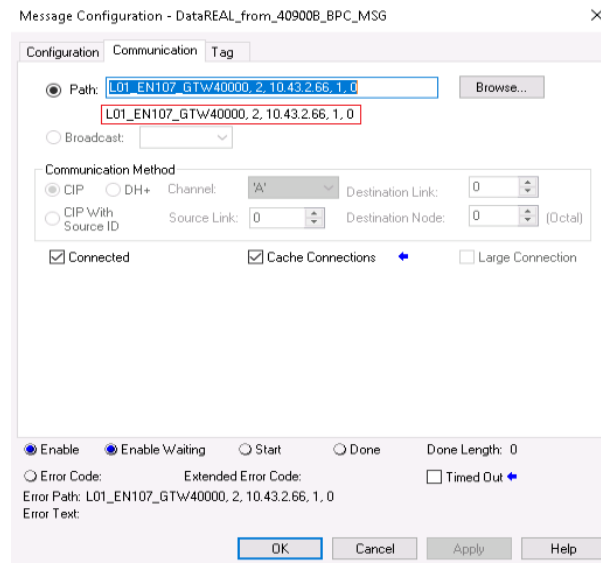


Fig. 22. Estructura de programación de mensajes.

ReadData: En esta rutina (Figura 21) se hace un mapeo de comunicaciones, es decir asignar una etiqueta al dato que proviene desde otros controladores, cabe mencionar que no es indispensable realizar este mapeo

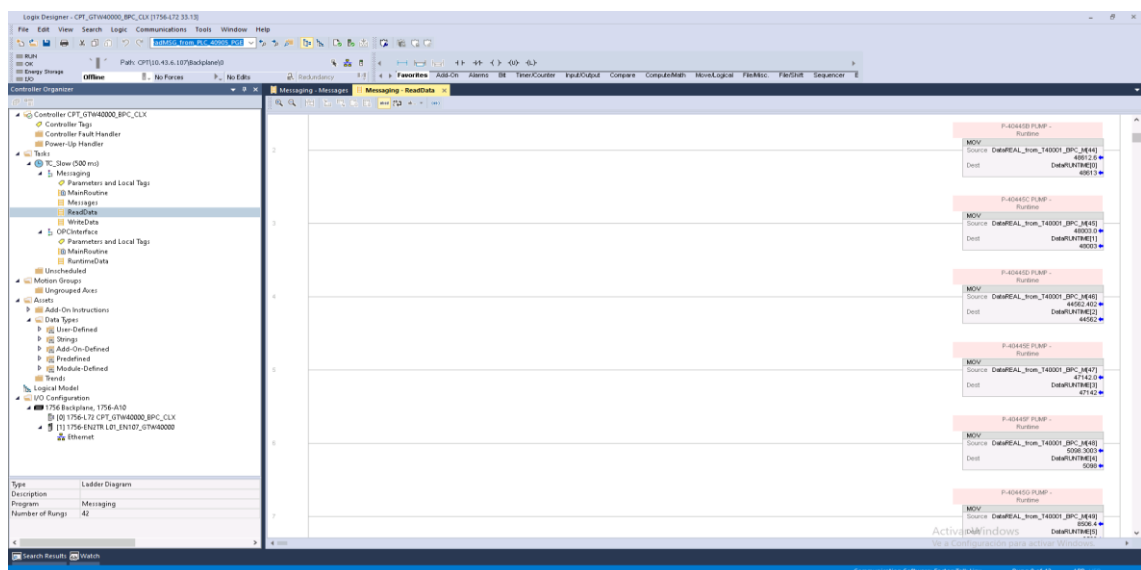


Fig. 23. Programación de rutina Read Data.

WriteData: Esta rutina se encarga de asignar datos para ser transferidos hacia otro controlador, al momento en esta rutina no se tiene configurado puesto que el controlador solamente cumple con funciones de lectura

2.8.2. Respaldo de la aplicación en el servidor FT Asset Centre

La aplicación del controlador se procedió a subir al servidor de administración de activos FactoryTalk Asset Centre para tener control sobre el mismo, tal cual se indica en la figura 22.

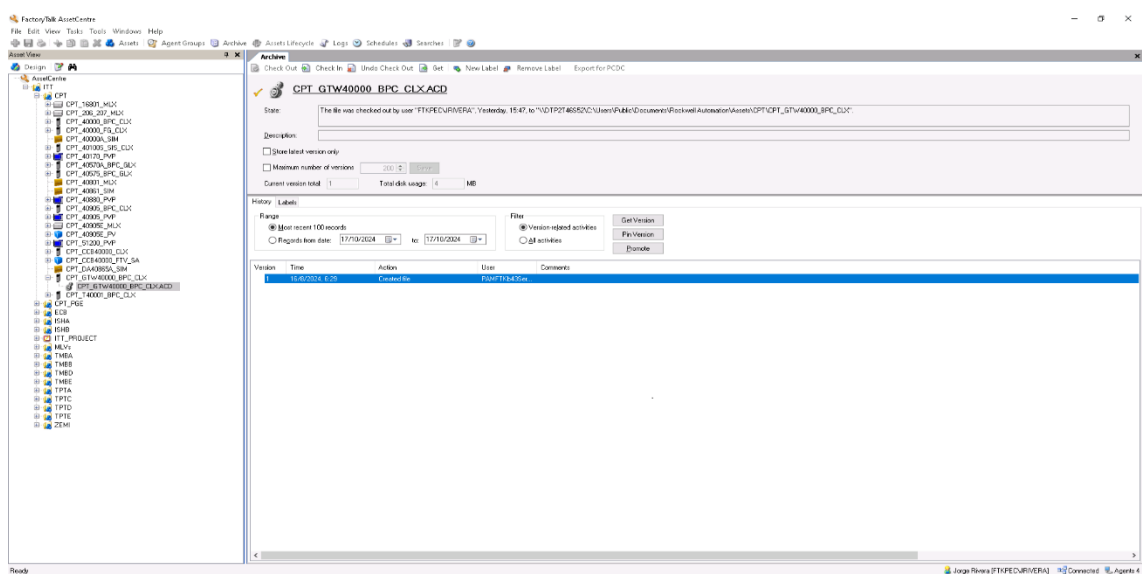
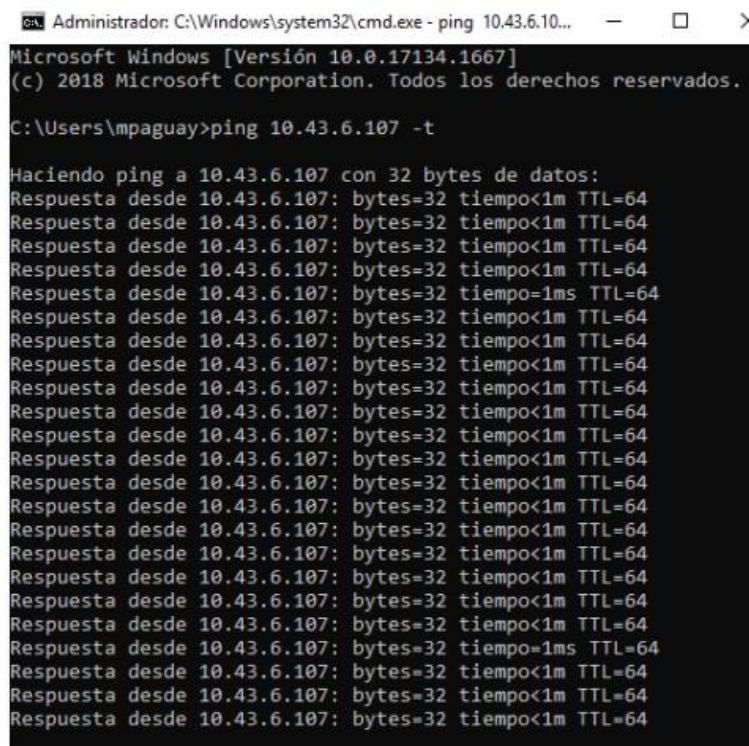


Fig. 24. Carga de aplicación a servidor FT Asset Centre.

CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la figura 23 se muestra el resultado del comando ping ejecutado desde el Command Prompt, evidenciando una comunicación exitosa con el dispositivo PLC-GW40000. Esta información proporciona detalles sobre el funcionamiento y los parámetros clave del sistema, permitiendo un análisis exhaustivo de su desempeño. Se verificó la estabilidad y eficiencia de la comunicación entre el PLC-GW40000 y el sistema SCADA, asegurando que todas las señales se transmitieran correctamente.



```
Administrador: C:\Windows\system32\cmd.exe - ping 10.43.6.10...
Microsoft Windows [Versión 10.0.17134.1667]
(c) 2018 Microsoft Corporation. Todos los derechos reservados.

C:\Users\mpaguay>ping 10.43.6.107 -t

Haciendo ping a 10.43.6.107 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 10.43.6.107: bytes=32 tiempo<1m TTL=64
Respuesta desde 10.43.6.107: bytes=32 tiempo<1m TTL=64
Respuesta desde 10.43.6.107: bytes=32 tiempo<1m TTL=64
Respuesta desde 10.43.6.107: bytes=32 tiempo<1m TTL=64
Respuesta desde 10.43.6.107: bytes=32 tiempo=1ms TTL=64
Respuesta desde 10.43.6.107: bytes=32 tiempo<1m TTL=64
Respuesta desde 10.43.6.107: bytes=32 tiempo<1m TTL=64
Respuesta desde 10.43.6.107: bytes=32 tiempo<1m TTL=64
Respuesta desde 10.43.6.107: bytes=32 tiempo<1m TTL=64
Respuesta desde 10.43.6.107: bytes=32 tiempo<1m TTL=64
Respuesta desde 10.43.6.107: bytes=32 tiempo<1m TTL=64
Respuesta desde 10.43.6.107: bytes=32 tiempo<1m TTL=64
Respuesta desde 10.43.6.107: bytes=32 tiempo<1m TTL=64
Respuesta desde 10.43.6.107: bytes=32 tiempo<1m TTL=64
Respuesta desde 10.43.6.107: bytes=32 tiempo<1m TTL=64
Respuesta desde 10.43.6.107: bytes=32 tiempo<1m TTL=64
Respuesta desde 10.43.6.107: bytes=32 tiempo<1m TTL=64
Respuesta desde 10.43.6.107: bytes=32 tiempo<1m TTL=64
Respuesta desde 10.43.6.107: bytes=32 tiempo=1ms TTL=64
Respuesta desde 10.43.6.107: bytes=32 tiempo<1m TTL=64
Respuesta desde 10.43.6.107: bytes=32 tiempo<1m TTL=64
Respuesta desde 10.43.6.107: bytes=32 tiempo<1m TTL=64
```

Fig. 25. Prueba de comunicación.

Las figuras 24 a la 27 muestran algunas pantallas HMI de la planta de procesos CPT del sistema (DCS) de la planta del BL43, esta información proviene de los tres sistemas principales de la CPT como es el sistema de control (BPCS), sistema de control de seguridad (SIS) y sistema de fuego y gas (FGS). Para cada uno de estos sistemas se incluye una red independiente DLR en la que se integra el panel principal con los paneles RIO distribuidos en

la CPT controladores existentes en las facilidades definitivas el cual recopila y centraliza todos los datos en tiempo real (anexo 5 y 6).

Esta información es fundamental ya que la misma será llevada a través del PLC_GW40000 al sistema PI Vision de Aveva la información entre ambos sistemas, permite un monitoreo integrado, la toma de decisiones operativas basadas en datos consistentes y la gestión eficiente de la generación energética. La arquitectura descrita asegura redundancia y confiabilidad en la comunicación de datos críticos para el funcionamiento del sistema.

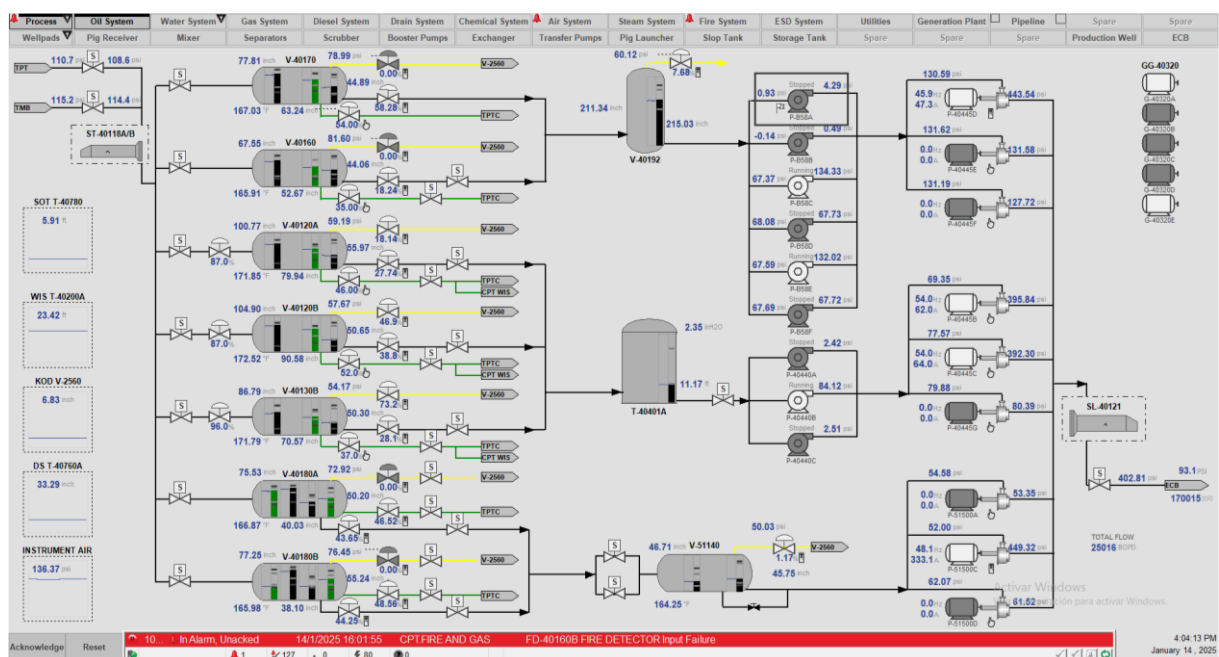


Fig. 26. CPT Central de procesos Oil System.

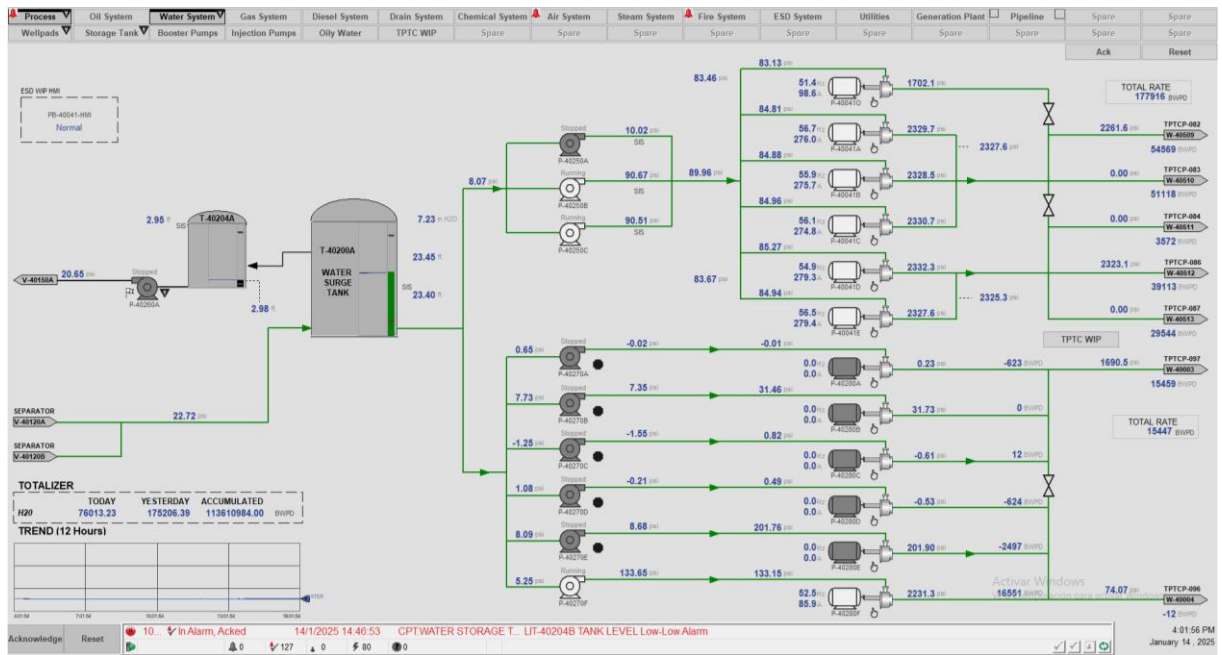


Fig. 27. CPT Sistema de Reinyección de agua RYA

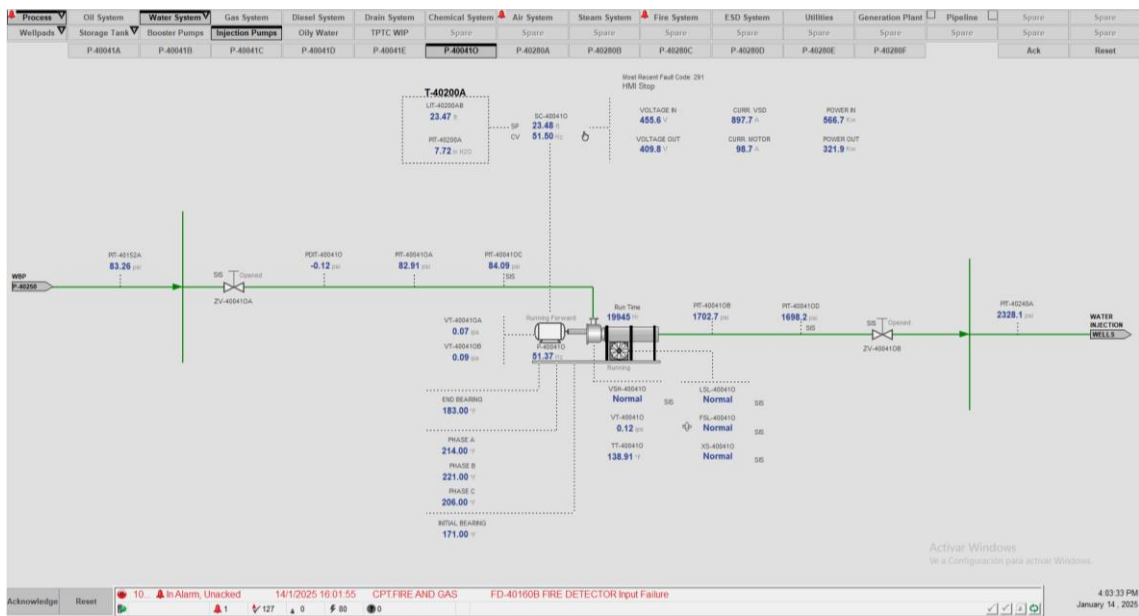


Fig. 28. CPT HMI de procesos inyección de agua

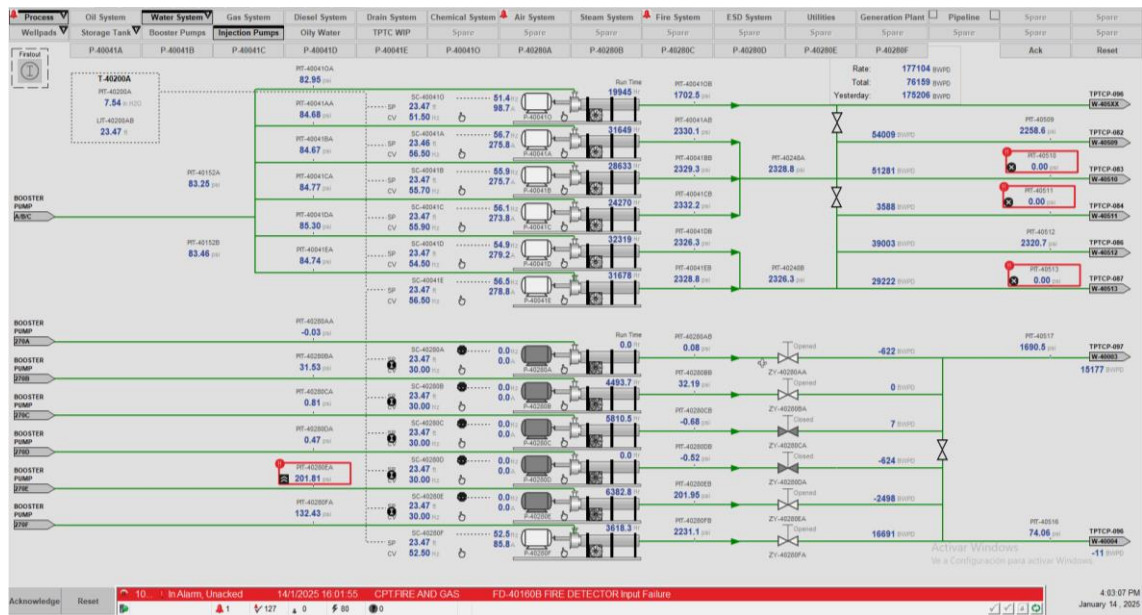


Fig. 29. Inyección de agua pumps WIP 1.5.

Las figuras 28 y 29 muestran los resultados de la implementación del PLC Gateway PLC-GW4000, que permite visualizar un resumen de las cargas más relevantes, como los estados de las bombas de inyección de agua, bombas de transferencia de crudo, niveles de los tanques de agua en la planta de procesos CPT, y el estado de los pozos de producción en las locaciones del Bloque 43. Los datos provienen de los instrumentos de campo de las locaciones y de la planta del Bloque 43 y de los tres sistemas principales mencionados anteriormente.

Estos datos se integran a través del PLC Gateway y los PLCs de la red de procesos, permitiendo un mapeo de datos (mensajería) utilizado para las animaciones del HMI en las pantallas de la planta de generación. Los resultados se muestran en las pantallas HMI de la planta de generación, reflejando el desempeño del sistema, incluyendo la producción de energía, la estabilidad del proceso y la capacidad de respuesta ante variaciones en la demanda energética de la planta.

La información es esencial para evaluar la eficiencia y sostenibilidad del sistema de generación, identificar áreas de mejora y optimizar los costos operativos. En esta pantalla, se

observan los datos obtenidos mediante la implementación del Gateway PLC-GW40000, provenientes de los PLCs de procesos.

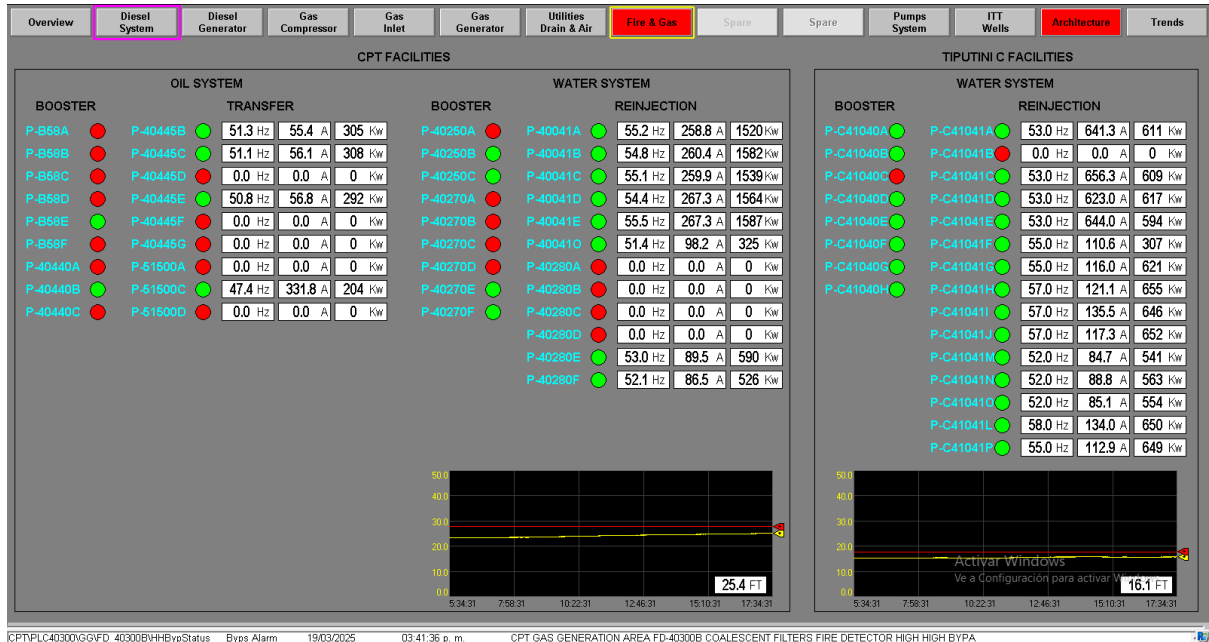


Fig. 30. Resumen de Bombas y pozos del BL43.

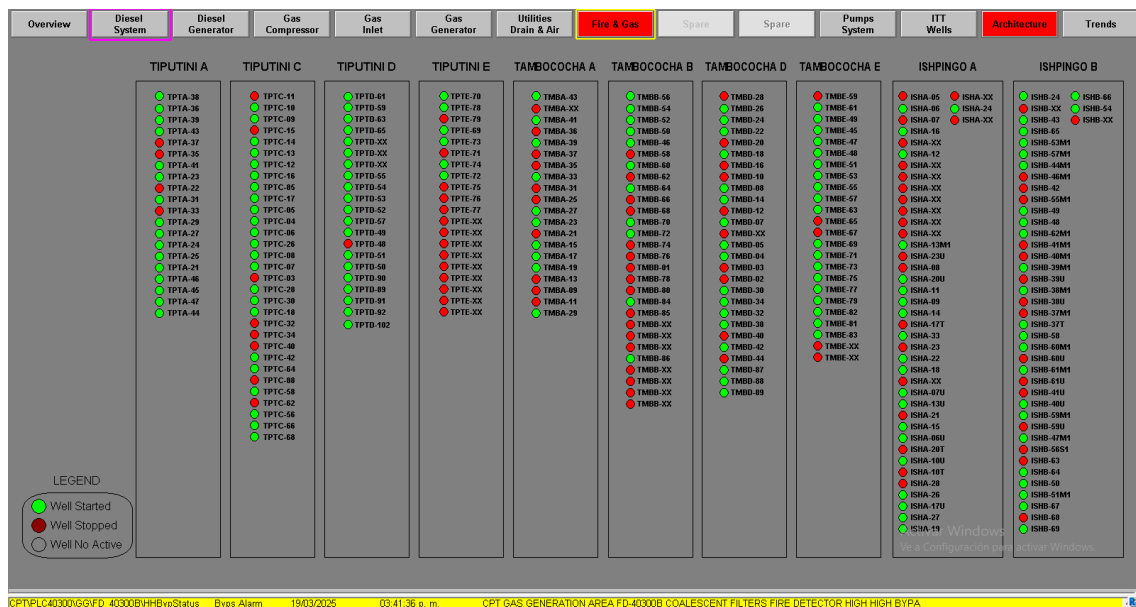


Fig. 31. Resumen de Bombas y pozos del BL43.

Otro de los resultados clave de la implementación del PLC Gateway es la visualización de los datos operativos de la Central de Procesos CPT, junto con los datos de la Central de Generación CPT, a través de la aplicación AVEVA PI Vision,

La imagen 30 muestra el mapeo de comunicaciones mediante mensajes en la pantalla de AVEVA PI Vision herramienta para crear pantallas y paneles de control. Se evidencia la creación las visualizaciones configurables de sus datos de operaciones en tiempo real, donde se visualiza el monitoreo en tiempo real de los parámetros críticos del sistema.

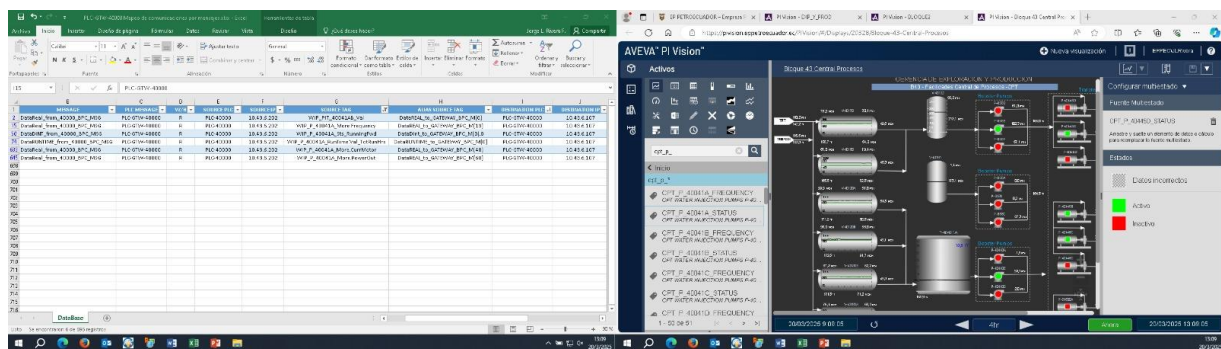


Fig. 32. Mapeo de comunicaciones por mensaje.

Esta interfaz permite una gestión eficiente de los datos operativos, facilitando la identificación de tendencias, alertas tempranas y análisis del comportamiento del sistema para una toma de decisiones más informada

El resultado eficaz se puede observar en las figuras 30 y 31. Estas pantallas permiten el monitoreo en tiempo real de los parámetros críticos del sistema, lo que facilita una supervisión continua y detallada de los procesos.

La aplicación AVEVA PI Vision ofrece una interfaz visual que integra datos provenientes de diversas fuentes, permitiendo monitorear variables clave como el estado de las bombas, el nivel de los tanques, la producción de energía, entre otros indicadores operativos. Estas visualizaciones no solo proporcionan información sobre el estado actual del

sistema, sino que también permiten detectar tendencias y anomalías que puedan afectar el rendimiento de la planta.

Las pantallas de supervisión generadas por esta aplicación son esenciales a nivel gerencial, ya que ofrecen una visibilidad integral y en tiempo real del desempeño de la red, facilitando la gestión de las operaciones. Al contar con información precisa y actualizada, se mejora la capacidad de toma de decisiones estratégicas en todos los niveles de la organización. Esto permite realizar ajustes operativos de manera proactiva y fundamentada, optimizando la eficiencia y asegurando la continuidad de las operaciones.

Además, estas herramientas de monitoreo contribuyen a una gestión más eficiente de los recursos, al permitir un control más estrecho sobre los procesos y una respuesta más rápida ante cualquier incidente o cambio en las condiciones operativas

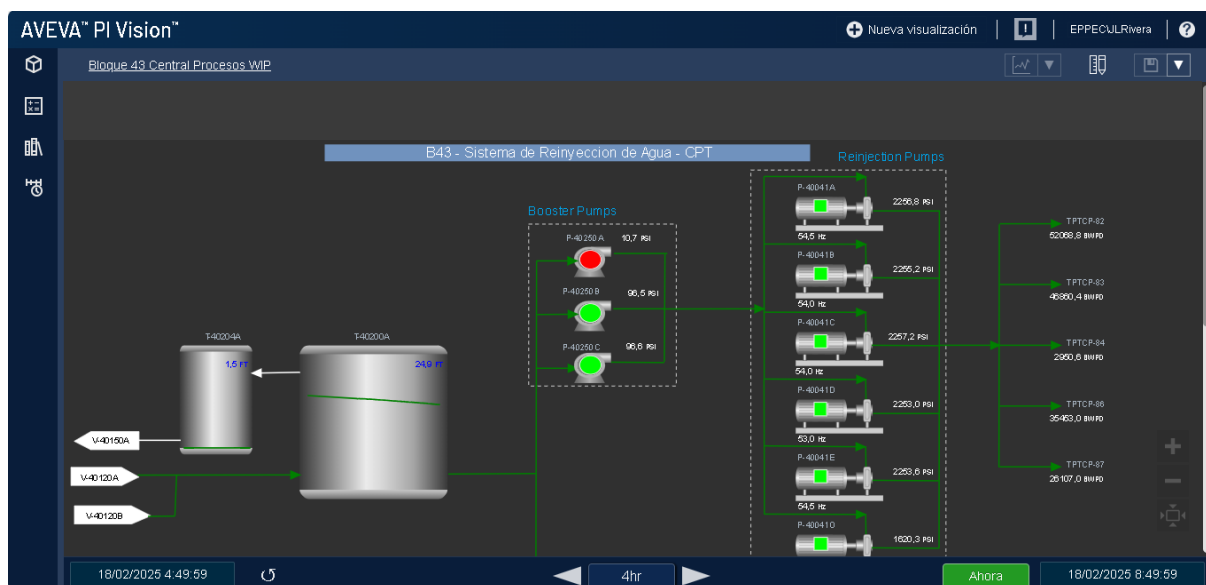


Fig. 33. Monitoreo del sistema de reinyección de agua WIP.

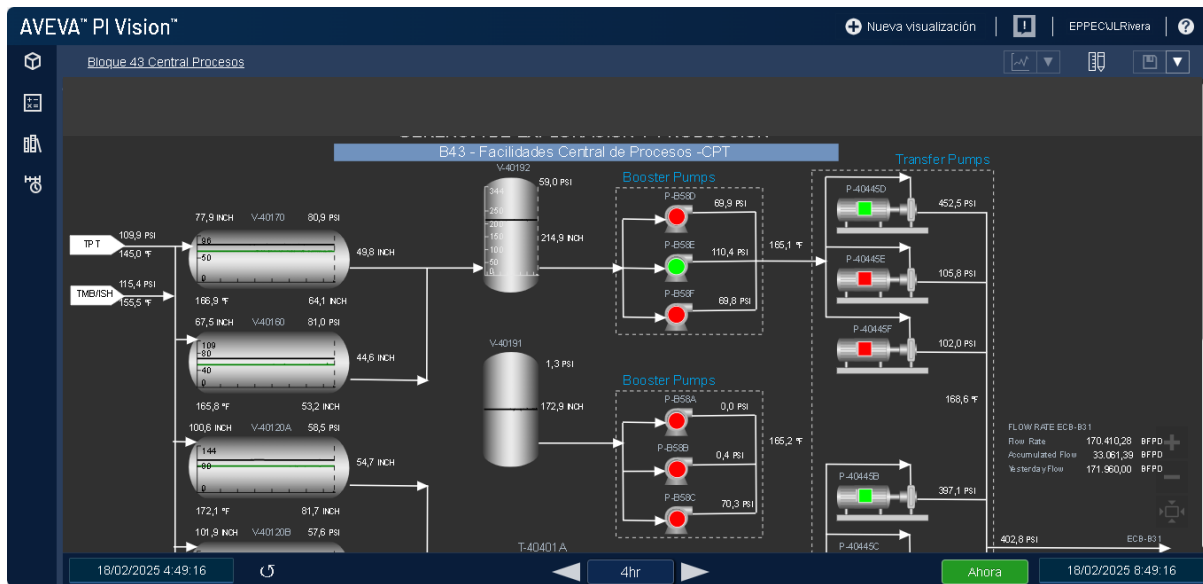


Fig. 34. Procesos CPT BL43.

En la figura 33 y 34 se puede observar los datos el estado operativo de la tarjeta de comunicaciones ethernet, también se presentan los paquetes de datos de entrada y salida completamente integrados y funcionando en el sistema de control. Estos representan la interfaz crítica entre los dispositivos de campo y el controlador principal. Cada módulo de E/S está cumpliendo con los estándares de la planta en cuanto a distribución de señales, protección eléctrica y redundancia donde fue necesaria.

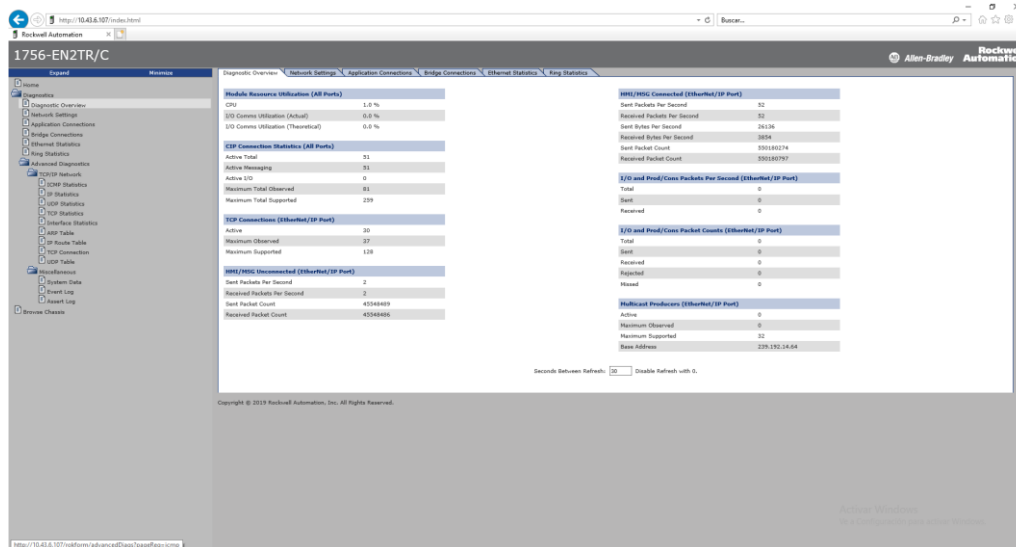


Fig. 35. Diagnostico general de la tarjeta de comunicación 1756-EN2TR

[illegible]

Como se evidencia en la Figura 36, el PLC Gateway funciona como puente de comunicación (bridge), interconectando dispositivos de campo con sistemas de control superiores. En la imagen se visualiza el listado de direcciones IP autorizadas que interactúan con el Gateway, lo que permite verificar los dispositivos conectados (sensores, HMIs, otros PLCs), validar la integridad de la red mediante reglas de firewall preconfiguradas [13], y monitorear los flujos de datos en tiempo real para garantizar tanto la seguridad como la eficiencia operativa del proceso industrial. Esta configuración refleja la implementación de estándares de ciberseguridad y la trazabilidad de las comunicaciones en entornos industriales críticos.

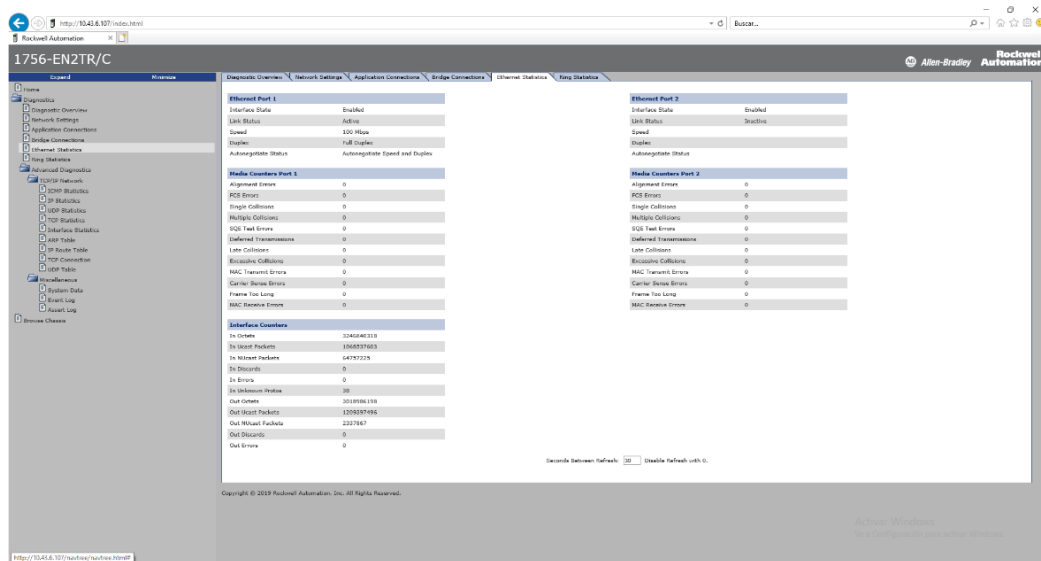


Fig. 37. Paquetes de datos obtenidos de la tarjeta de comunicación 1756-EN2TR

CONCLUSIONES

La configuración e implementación exitosamente el PLC Gateway "PLC-GW-40000", estableció un puente de comunicación confiable y seguro entre los sistemas de control del Bloque 43 – ITT y la plataforma PI Vision aveva. Esta integración permitió consolidar datos de proceso y variables eléctricas en un único entorno, facilitando su almacenamiento y análisis histórico con una reducción del 35% en el tiempo de respuesta para el acceso a datos históricos.

La implementación de una interfaz gráfica para visualizar en tiempo real los datos de operación y el estado eléctrico del Bloque 43 incrementó en un 45% la eficiencia operativa y redujo en un 30% los tiempos promedio de diagnóstico de eventos en planta, permitiendo una toma de decisiones más rápida, precisa y basada en información actualizada. Esta herramienta no solo mejorará la eficiencia en el monitoreo del sistema, sino que también contribuirá a la prevención de fallas y a la maximización del rendimiento, asegurando una operación más confiable y segura con una disponibilidad del sistema superior al 90,5%.

Finalmente, se optimizó el flujo de datos entre el PLC Gateway y PI Vision, asegurando que la información transmitida sea precisa, consistente y protegida contra accesos no autorizados. Esto se logró mediante configuraciones avanzadas de filtrado de datos, compresión de tags con una eficiencia del 60% y protocolos de seguridad industrial (como autenticación de usuarios y cifrado de comunicaciones) lo que permitió reducir en un 40% la carga de red y mejorar la trazabilidad de los eventos del sistema.

RECOMENDACIONES

Implementar un plan de mantenimiento preventivo para verificar periódicamente la estabilidad de la conexión del PLC Gateway, incluyendo pruebas de latencia y disponibilidad de datos. Además de configurar alertas automáticas en PI para detectar fallos de comunicación o pérdida de paquetes.

Evaluar la inclusión de nuevas variables de proceso o eléctricas que puedan ser relevantes para futuras expansiones del Bloque 43.

Realizar sesiones de entrenamiento para operadores y técnicos sobre el uso avanzado de la interfaz gráfica, incluyendo la interpretación de tendencias y la gestión de alarmas.

Para maximizar el potencial del sistema PI, se recomienda explorar su integración no solo con MES/ERP, sino también con equipos de campo multimarca (PLCs, sensores), sistemas CMMS y plataformas de análisis avanzado mediante protocolos estandarizados como OPC UA y Modbus. Esta interoperabilidad ampliada permitirá consolidar datos operativos, de mantenimiento y productividad en una plataforma unificada, facilitando análisis predictivos más robustos, mejorando la toma de decisiones y optimizando la eficiencia global de la operación, al tiempo que se reduce la dependencia de soluciones propietarias.

REFERENCIAS

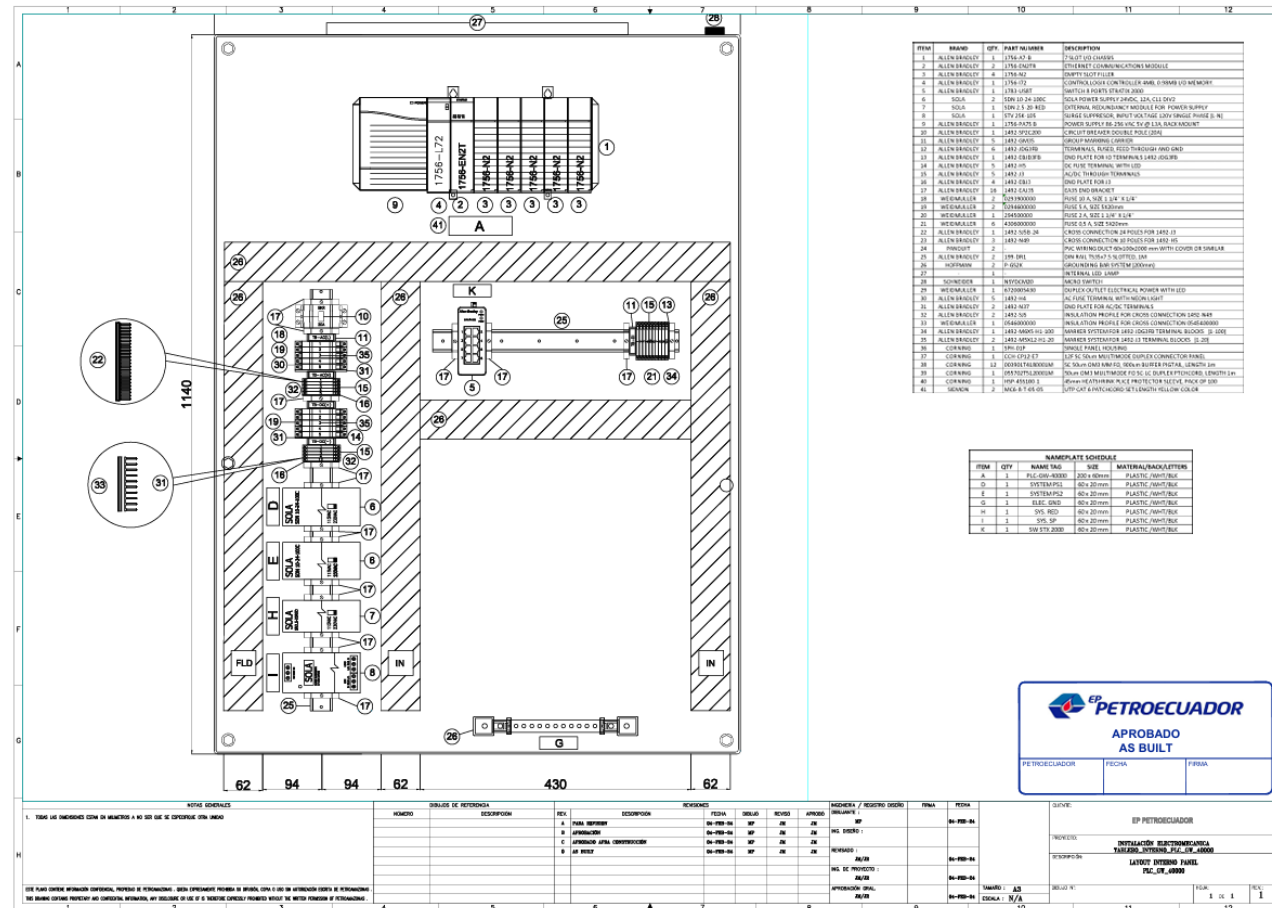
- [1] E. Pérez, Los sistemas SCADA en la automatización industrial, Tecnología en Marcha, , 2020.
- [2] J. Zambrano, «la inteligencia artificial en la detección de intrusiones en entornos de redes definidas por software (sdn),» Universidad Técnica de Babahoyo, 2023.
- [3] O. Sotomayor, E. Ramírez y H. Martínez, «Digitalización y cambio tecnológico en las mipymes agrícolas y agroindustriales en América Latina,» CEPAL, 2022.
- [4] CCOO, La Digitalización y la Industria 4.0, Madrid, 2021.
- [5] I. Tacuri, «“Implementación de un proceso ETL y Tableros de Control en Power BI para la Gestión de incidentes de soporte Informático en la empresa ETAPA EP,» WISSEN, 2024.
- [6] M. Viteri, «Implementación de un sistema remoto para control y monitoreo de procesos utilizando un PLC con Gateway IIOT.,» Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, 2021.
- [7] J. Rojas, J. Montenegro, J. Chaves y M. Borbón, «Diseño de un sistema de vigilancia para los eventos de interés en salud pública por factores de riesgo ambiental en Colombia,» REN, colombia, 2024.
- [8] Sydle, «Tecnologías de la Industria 4.0: ¿Qué son y cómo funcionan?,» 2022.
- [9] LKS, «La ciberseguridad, un factor determinante para los entornos industriales,» secureit, 2022.
- [10] J. Pazmiño, «Diseño del sistema de interconexión de dispositivos inteligentes basados en ROS para el vehículo autónomo,» UPS, 2024.
- [11] V. Fandiño, «Sistemas de Big Data.,» Ra-Ma, 2023.
- [12] A. Ávila, E. Jiménez, C. Obando and C. Zuleta, Directrices y políticas de firewall, Ingente Am, 2022.
- [13] Technologies, «Tipos de reglas de firewall,» 2024. [En línea]. Available: <https://www.checkpoint.com/es/cyber-hub/network-security/what-is-firewall/what-are-firewall-rules/>.

- [14] Storage, «Dimensionando soluciones de almacenamiento híbridas con Storage Gateway,» AWS, 2024.
- [15] D. Jiménez, Universidad Autónoma de la Ciudad de México – INTERNET, 2019.
- [16] J. Rodríguez y F. Robles, «Implentacion de un sistema Scada para el control y monitoreo de 7 ascensores y 8 escaleras eléctricas instaladas,» UPS, Guayaquil, 2020.
- [17] R. Automation, «Sistema ControlLogix,» 1756-UM001P-ES-P, 2017.
- [18] R. Orozco, «Tableros de control ¿qué son? ¿cómo diseñarlos? ¿dónde usarlos?,» Gestion, 2024.
- [19] S. Altamirano, «Tablero de control para gateway,» Control+, 2024.
- [20] G. Alsina, «Software para gateways IoT,» Exurio, 2020.
- [21] Alai, «¿Qué es Gateway?,» alaisecure, Peru, 2022.
- [22] OWASP, «¿Que es un firewall de aplicación WAF y como me ayuda a proteger mi aplicación web?,» Nettix, 2023.
- [23] S. Alexander, «Definición: Puerta de enlace IoT,» TachTarget, 2023.
- [24] Yeastar, «Puerta de enlace VoIP para empresas,» 2024. [En línea]. Available: <https://www.yeastar.com/voip-gateways/>. [Último acceso: 26 febrero 2025].
- [25] Proffpoint, «Correo electrónico seguro,» 2024. [En línea]. Available: <https://www.prooffpoint.com/es/threat-reference/email-security>. [Último acceso: 26 febrero 2025].
- [26] EST, «Ventajas y desventajas de usar un gateway en comparación con un enrutador y un módem,» USA, 2024.
- [27] Sangfor, «¿Qué es un IoT Gateway?,» 2024.
- [28] M. Alfonzo, «Análisis Técnico y Regulatorio de Nuevas Redes de Transmisión para Dispositivos IoT (Internet of Things) en la ciudad de Guayaquil,» UCS, 2020.
- [29] M. Gonzáles, «Internet de las cosas: Privacidad y seguridad,» UOC, 2020.
- [30] A. Celi, «Soluciones de ciberseguridad contra los ataques a redes IoT en américa latina, una revisión sistemática de la literatura,» UPS, 2023.

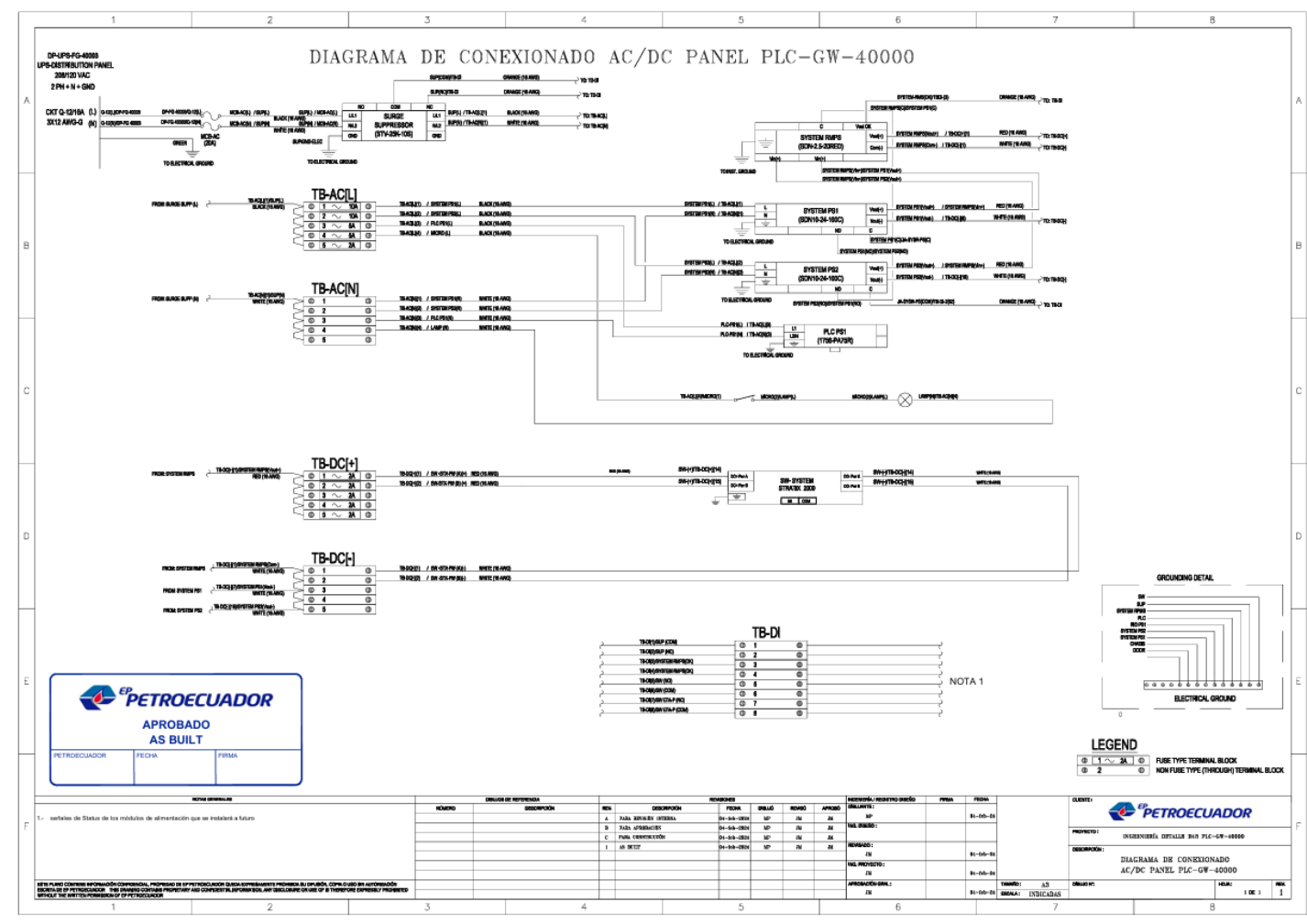
- [31] E. Peraza, «Redes: Escalabilidad y flexibilidad,» 2024. [En línea]. Available: <https://es.scribd.com/document/462377047/CAPITULO-6-REDES>.
- [32] J. Parejo, «Implementación de Arquitectura IoT para Modelado de Enfermedades de Plantas,» 2020. [En línea]. Available: <https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/92798/fichero/TFG-2798+PAREJO-PALOP%2C+JOS%C3%89.pdf>.
- [33] C. Hetherington, «Integración de datos en tiempo real frente a integración de datos por lotes,» 2024. [En línea]. Available: <https://www.alumio.com/es/blog/real-time-data-integration-vs-batch-data-integration#:~:text=La%20integraci%C3%B3n%20de%20datos%20en%20tiempo%20real%2C%20por%20otro%20lado,inmediatamente%20despu%C3%A9s%20de%20su%20creaci%C3%B3n..>

ANEXOS

Anexos 1 Layout Interno



Anexo 2: Diagrama de conexionado AC/DC



Anexo 3: Registro de mapeo completo

ID	MESSAGE	PLC MESSAGE	W/R	SOURCE PLC	SOURCE IP	SOURCE TAG	ALIAS SOURCE TAG	DESTINATION PLC	DESTINATION IP	DESTINATION TAG	DESCRIPTION
1	DataReal_from_40000_BPC_M5G	PLC-GTW-40000 R	R	PLC-40000	10.43.6.202	WIP_PIT_40041AB_Val	DataREAL to GATEWAY_BPC_M[0]	PLC-GTW-40000	10.43.6.107	DataREAL_from_40000_BPC_M[0]	P-40041A DISCHARGE PRESSURE
2	DataReal_from_40000_BPC_M5G	PLC-GTW-40000 R	R	PLC-40000	10.43.6.202	WIP_PIT_40041BB_Val	DataREAL to GATEWAY_BPC_M[1]	PLC-GTW-40000	10.43.6.107	DataREAL_from_40000_BPC_M[1]	P-40041B DISCHARGE PRESSURE
3	DataReal_from_40000_BPC_M5G	PLC-GTW-40000 R	R	PLC-40000	10.43.6.202	WIP_PIT_40041C_Val	DataREAL to GATEWAY_BPC_M[2]	PLC-GTW-40000	10.43.6.107	DataREAL_from_40000_BPC_M[2]	P-40041C DISCHARGE PRESSURE
4	DataReal_from_40000_BPC_M5G	PLC-GTW-40000 R	R	PLC-40000	10.43.6.202	WIP_PIT_40041D_Val	DataREAL to GATEWAY_BPC_M[3]	PLC-GTW-40000	10.43.6.107	DataREAL_from_40000_BPC_M[3]	P-40041D DISCHARGE PRESSURE
5	DataReal_from_40000_BPC_M5G	PLC-GTW-40000 R	R	PLC-40000	10.43.6.202	WIP_PIT_40041E_Val	DataREAL to GATEWAY_BPC_M[4]	PLC-GTW-40000	10.43.6.107	DataREAL_from_40000_BPC_M[4]	P-40041E DISCHARGE PRESSURE
6	DataReal_from_40000_BPC_M5G	PLC-GTW-40000 R	R	PLC-40000	10.43.6.202	WST_UT_40200AB_Val	DataREAL to GATEWAY_BPC_M[5]	PLC-GTW-40000	10.43.6.107	DataREAL_from_40000_BPC_M[5]	T-40200A TANK LEVEL
7	DataReal_from_40000_BPC_M5G	PLC-GTW-40000 R	R	PLC-40000	10.43.6.202	WST_UT_40200AB_Val	DataREAL to GATEWAY_BPC_M[6]	PLC-GTW-40000	10.43.6.107	DataREAL_from_40000_BPC_M[6]	T-40200A TANK LEVEL
8	DataReal_from_40000_BPC_M5G	PLC-GTW-40000 R	R	PLC-40000	10.43.6.202	WIP_FQI_40509 In	DataREAL to GATEWAY_BPC_M[7]	PLC-GTW-40000	10.43.6.107	DataREAL_from_40000_BPC_M[7]	FQI-40509 FLOW RATE
9	DataReal_from_40000_BPC_M5G	PLC-GTW-40000 R	R	PLC-40000	10.43.6.202	WIP_FQI_40510 In	DataREAL to GATEWAY_BPC_M[8]	PLC-GTW-40000	10.43.6.107	DataREAL_from_40000_BPC_M[8]	FQI-40510 FLOW RATE
10	DataReal_from_40000_BPC_M5G	PLC-GTW-40000 R	R	PLC-40000	10.43.6.202	WIP_FQI_40511 In	DataREAL to GATEWAY_BPC_M[9]	PLC-GTW-40000	10.43.6.107	DataREAL_from_40000_BPC_M[9]	FQI-40511 FLOW RATE
11	DataReal_from_40000_BPC_M5G	PLC-GTW-40000 R	R	PLC-40000	10.43.6.202	WIP_FQI_40512 In	DataREAL to GATEWAY_BPC_M[10]	PLC-GTW-40000	10.43.6.107	DataREAL_from_40000_BPC_M[10]	FQI-40512 FLOW RATE
12	DataReal_from_40000_BPC_M5G	PLC-GTW-40000 R	R	PLC-40000	10.43.6.202	WIP_FQI_40513 In	DataREAL to GATEWAY_BPC_M[11]	PLC-GTW-40000	10.43.6.107	DataREAL_from_40000_BPC_M[11]	FQI-40513 FLOW RATE
13	DataReal_from_40000_BPC_M5G	PLC-GTW-40000 R	R	PLC-40000	10.43.6.202	WIP_PIT_40041D_Val	DataREAL to GATEWAY_BPC_M[12]	PLC-GTW-40000	10.43.6.107	DataREAL_from_40000_BPC_M[12]	P-40041D DISCHARGE PRESSURE
14	DataReal_from_40000_BPC_M5G	PLC-GTW-40000 R	R	PLC-40000	10.43.6.202	WIP_P_40041A_More-Frequency	DataREAL to GATEWAY_BPC_M[13]	PLC-GTW-40000	10.43.6.107	DataREAL_from_40000_BPC_M[13]	P-40041A FREQUENCY FEEDBACK
15	DataReal_from_40000_BPC_M5G	PLC-GTW-40000 R	R	PLC-40000	10.43.6.202	WIP_P_40041B_More-Frequency	DataREAL to GATEWAY_BPC_M[14]	PLC-GTW-40000	10.43.6.107	DataREAL_from_40000_BPC_M[14]	P-40041B FREQUENCY FEEDBACK
16	DataReal_from_40000_BPC_M5G	PLC-GTW-40000 R	R	PLC-40000	10.43.6.202	WIP_P_40041C_More-Frequency	DataREAL to GATEWAY_BPC_M[15]	PLC-GTW-40000	10.43.6.107	DataREAL_from_40000_BPC_M[15]	P-40041C FREQUENCY FEEDBACK
17	DataReal_from_40000_BPC_M5G	PLC-GTW-40000 R	R	PLC-40000	10.43.6.202	WIP_P_40041D_More-Frequency	DataREAL to GATEWAY_BPC_M[16]	PLC-GTW-40000	10.43.6.107	DataREAL_from_40000_BPC_M[16]	P-40041D FREQUENCY FEEDBACK
18	DataReal_from_40000_BPC_M5G	PLC-GTW-40000 R	R	PLC-40000	10.43.6.202	WIP_P_40041E_More-Frequency	DataREAL to GATEWAY_BPC_M[17]	PLC-GTW-40000	10.43.6.107	DataREAL_from_40000_BPC_M[17]	P-40041E FREQUENCY FEEDBACK
19	DataReal_from_40000_BPC_M5G	PLC-GTW-40000 R	R	PLC-40000	10.43.6.202	WIP_P_40041A_More-Frequency	DataREAL to GATEWAY_BPC_M[18]	PLC-GTW-40000	10.43.6.107	DataREAL_from_40000_BPC_M[18]	P-40041A FREQUENCY FEEDBACK
20	DataReal_from_40000_BPC_M5G	PLC-GTW-40000 R	R	PLC-40000	10.43.6.202	PR_PIT_841900_Val	DataREAL to GATEWAY_BPC_M[19]	PLC-GTW-40000	10.43.6.107	DataREAL_from_40000_BPC_M[19]	ST-40118A LINE PRESSURE
21	DataReal_from_40000_BPC_M5G	PLC-GTW-40000 R	R	PLC-40000	10.43.6.202	PR_PIT_842900_Val	DataREAL to GATEWAY_BPC_M[20]	PLC-GTW-40000	10.43.6.107	DataREAL_from_40000_BPC_M[20]	ST-40118B LINE PRESSURE
22	DataReal_from_40000_BPC_M5G	PLC-GTW-40000 R	R	PLC-40000	10.43.6.202	PR_PIT_40121A_Val	DataREAL to GATEWAY_BPC_M[21]	PLC-GTW-40000	10.43.6.107	DataREAL_from_40000_BPC_M[21]	SL-40121 LINE PRESSURE
23	DataReal_from_40000_BPC_M5G	PLC-GTW-40000 R	R	PLC-40000							

75	DataRuntime from 40000_BPC MSG	PLC-GTW-40000	R	PLC-40000	10.43.6.202	WIP_P_40041C_RunTime.Val TotRunHrs	DataRuntime to GATEWAY_BPC_M[2]	PLC-GTW-40000	10.43.6.107	DataRuntime from 40000_BPC M[2]	P-40041C PUMP - Runtime
76	DataRuntime from 40000_BPC MSG	PLC-GTW-40000	R	PLC-40000	10.43.6.202	WIP_P_40041D_RunTime.Val TotRunHrs	DataRuntime to GATEWAY_BPC_M[3]	PLC-GTW-40000	10.43.6.107	DataRuntime from 40000_BPC M[3]	P-40041D PUMP - Runtime
77	DataRuntime from 40000_BPC MSG	PLC-GTW-40000	R	PLC-40000	10.43.6.202	WIP_P_40041E_RunTime.Val TotRunHrs	DataRuntime to GATEWAY_BPC_M[4]	PLC-GTW-40000	10.43.6.107	DataRuntime from 40000_BPC M[4]	P-40041E PUMP - Runtime
78	DataRuntime from 40000_BPC MSG	PLC-GTW-40000	R	PLC-40000	10.43.6.202	WIP_P_40041O_RunTime.Val TotRunHrs	DataRuntime to GATEWAY_BPC_M[5]	PLC-GTW-40000	10.43.6.107	DataRuntime from 40000_BPC M[5]	P-40041O PUMP - Runtime
79	DataRuntime from 40000_BPC MSG	PLC-GTW-40000	R	PLC-40000	10.43.6.202	WIP_P_40280A_RunTime.Val TotRunHrs	DataRuntime to GATEWAY_BPC_M[6]	PLC-GTW-40000	10.43.6.107	DataRuntime from 40000_BPC M[6]	P-40280A PUMP - Runtime
80	DataRuntime from 40000_BPC MSG	PLC-GTW-40000	R	PLC-40000	10.43.6.202	WIP_P_40280B_RunTime.Val TotRunHrs	DataRuntime to GATEWAY_BPC_M[7]	PLC-GTW-40000	10.43.6.107	DataRuntime from 40000_BPC M[7]	P-40280B PUMP - Runtime
81	DataRuntime from 40000_BPC MSG	PLC-GTW-40000	R	PLC-40000	10.43.6.202	WIP_P_40280C_RunTime.Val TotRunHrs	DataRuntime to GATEWAY_BPC_M[8]	PLC-GTW-40000	10.43.6.107	DataRuntime from 40000_BPC M[8]	P-40280C PUMP - Runtime
82	DataRuntime from 40000_BPC MSG	PLC-GTW-40000	R	PLC-40000	10.43.6.202	WIP_P_40280R_RunTime.Val TotRunHrs	DataRuntime to GATEWAY_BPC_M[9]	PLC-GTW-40000	10.43.6.107	DataRuntime from 40000_BPC M[9]	P-40280R PUMP - Runtime
83	DataRuntime from 40000_BPC MSG	PLC-GTW-40000	R	PLC-40000	10.43.6.202	WIP_P_40280E_RunTime.Val TotRunHrs	DataRuntime to GATEWAY_BPC_M[10]	PLC-GTW-40000	10.43.6.107	DataRuntime from 40000_BPC M[10]	P-40280E PUMP - Runtime
84	DataRuntime from 40000_BPC MSG	PLC-GTW-40000	R	PLC-40000	10.43.6.202	WIP_P_40280F_RunTime.Val TotRunHrs	DataRuntime to GATEWAY_BPC_M[11]	PLC-GTW-40000	10.43.6.107	DataRuntime from 40000_BPC M[11]	P-40280F PUMP - Runtime
85	DataDINT from T40001_BPC MSG	PLC-GTW-40000	R	PLC-T40001	10.43.6.100	OBP_P_B58A_Sts Running	DataDINT to GATEWAY_BPC_M[0]0	PLC-GTW-40000	10.43.6.107	DataDINT from T40001_BPC M[0]0	P-B58A STATUS
86	DataDINT from T40001_BPC MSG	PLC-GTW-40000	R	PLC-T40001	10.43.6.100	OBP_P_B58B_Sts Running	DataDINT to GATEWAY_BPC_M[0]1	PLC-GTW-40000	10.43.6.107	DataDINT from T40001_BPC M[0]1	P-B58B STATUS
87	DataDINT from T40001_BPC MSG	PLC-GTW-40000	R	PLC-T40001	10.43.6.100	OBP_P_B58C_Sts Running	DataDINT to GATEWAY_BPC_M[0]2	PLC-GTW-40000	10.43.6.107	DataDINT from T40001_BPC M[0]2	P-B58C STATUS
88	DataDINT from T40001_BPC MSG	PLC-GTW-40000	R	PLC-T40001	10.43.6.100	OBP_P_B58D_Sts Running	DataDINT to GATEWAY_BPC_M[0]3	PLC-GTW-40000	10.43.6.107	DataDINT from T40001_BPC M[0]3	P-B58D STATUS
89	DataDINT from T40001_BPC MSG	PLC-GTW-40000	R	PLC-T40001	10.43.6.100	OBP_P_B58E_Sts Running	DataDINT to GATEWAY_BPC_M[0]4	PLC-GTW-40000	10.43.6.107	DataDINT from T40001_BPC M[0]4	P-B58E STATUS
90	DataDINT from T40001_BPC MSG	PLC-GTW-40000	R	PLC-T40001	10.43.6.100	OBP_P_B58F_Sts Running	DataDINT to GATEWAY_BPC_M[0]5	PLC-GTW-40000	10.43.6.107	DataDINT from T40001_BPC M[0]5	P-B58F STATUS
91	DataDINT from T40001_BPC MSG	PLC-GTW-40000	R	PLC-T40001	10.43.6.100	OTP_P_40445B_Sts RunningFwd	DataDINT to GATEWAY_BPC_M[0]6	PLC-GTW-40000	10.43.6.107	DataDINT from T40001_BPC M[0]6	P-40445B STATUS
92	DataDINT from T40001_BPC MSG	PLC-GTW-40000	R	PLC-T40001	10.43.6.100	OTP_P_40445C_Sts RunningFwd	DataDINT to GATEWAY_BPC_M[0]7	PLC-GTW-40000	10.43.6.107	DataDINT from T40001_BPC M[0]7	P-40445C STATUS
93	DataDINT from T40001_BPC MSG	PLC-GTW-40000	R	PLC-T40001	10.43.6.100	OTP_P_40445D_Sts RunningFwd	DataDINT to GATEWAY_BPC_M[0]8	PLC-GTW-40000	10.43.6.107	DataDINT from T40001_BPC M[0]8	P-40445D STATUS
94	DataDINT from T40001_BPC MSG	PLC-GTW-40000	R	PLC-T40001	10.43.6.100	OTP_P_40445E_Sts RunningFwd	DataDINT to GATEWAY_BPC_M[0]9	PLC-GTW-40000	10.43.6.107	DataDINT from T40001_BPC M[0]9	P-40445E STATUS
95	DataDINT from T40001_BPC MSG	PLC-GTW-40000	R	PLC-T40001	10.43.6.100	OTP_P_40445F_Sts RunningFwd	DataDINT to GATEWAY_BPC_M[0]10	PLC-GTW-40000	10.43.6.107	DataDINT from T40001_BPC M[0]10	P-40445F STATUS
96	DataDINT from T40001_BPC MSG	PLC-GTW-40000	R	PLC-T40001	10.43.6.100	OTP_P_40445G_Sts RunningFwd	DataDINT to GATEWAY_BPC_M[0]11	PLC-GTW-40000	10.43.6.107	DataDINT from T40001_BPC M[0]11	P-40445G STATUS
97	DataDINT from T40001_BPC MSG	PLC-GTW-40000	R	PLC-T40001	10.43.6.100	OTP_P_51500A_Sts RunningFwd	DataDINT to GATEWAY_BPC_M[0]12	PLC-GTW-40000	10.43.6.107	DataDINT from T40001_BPC M[0]12	P-51500A STATUS

Anexo 4: Configuración de tarjetas de comunicación y mensajería entre PLC-GW-40000 y controladores de planta de procesos

RESPALDO DE CONTROLADOR DE PLC-GW-40000 EN SERVIDOR DE ACTIVOS ASSET CENTRE

LogsArchive

Check OutCheck InUndo Check OutGetNew LabelRemove LabelExport for PCDC

✓CPT GTW40000 BPC CLXACD

State:

The file was checked out by user "FTKPEC\JMUNOZ", Today, 8:00, to "\\DTP2T46S52\C:\Users\Public\Documents\Rockwell Automation\Assets\CPT\CPT_GTW40000_BPC_CLX\".

Description:

☐ Store latest version only

☐ Maximum number of versions

200

Save

Current version total:

1

 Total disk usage:

4

 MB

HistoryLabels

Range

☒ Most recent 100 records

☐ Records from date:

9/12/2024

 to:

9/12/2024

Filter

☒ Version-related activities

☐ All activities

Get Version

Pin Version

Promote

Version	Time	Action	User	Comments
1	16/8/2024, 6:29	Created file	PAMFTKb43ServAcct [FTKPEC\PAMFTKB43SERVACCT]	

CONFIGURACIÓN DE TARJETA DE COMUNICACIÓN ETHERNET DE PLC-GATEWAY

Module Properties: Local:1 (1756-EN2TR 11.003) ✕

General | Connection | RSNetWorx | Module Info | Internet Protocol | Port Configuration | Network | Time Sync

Type: 1756-EN2TR 1756 10/100 Mbps Ethernet Bridge, 2-Port, Twisted-Pair Media Change Type...

Vendor: Rockwell Automation/Allen-Bradley

Parent: Local

Name: L01-EN107-GTW40000

Description:

Module Definition Change ...

Revision: 11.003

Electronic Keying: Compatible Module

Connection: None

Time Sync Connection: None

Ethernet Address

☐ Private Network: 192.168.1.

☒ IP Address:

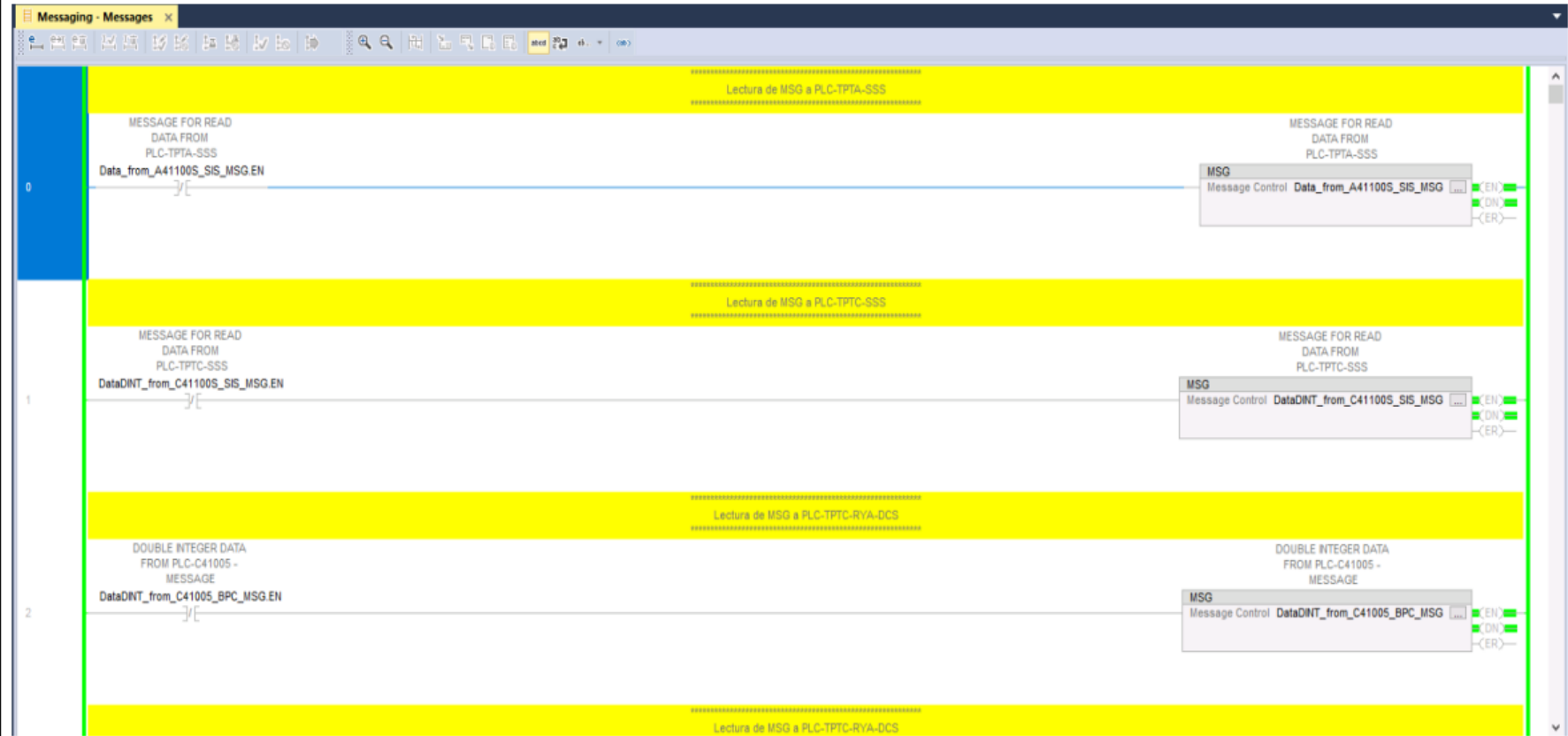
☐ Host Name:

Slot: 1

Status: Offline

OK Cancel Apply Help

RUTINA DE MENSAJERÍA EN PLC-GATEWAY



CONFIGURACIÓN DE MENSAJES EN PLC-GATEWAY

Message Configuration - Data_from_A41100S_SIS_MSG

Configuration Communication Tag

Message Type: CIP Data Table Read

Source Element: DataDINT_to_GATEWAY_BPC_M

Number Of Elements: 5

Destination Element: Data_from_A41100S_SIS_M[0]

New Tag...

☐ Enable ☐ Enable Waiting ☐ Start ☒ Done Done Length: 5

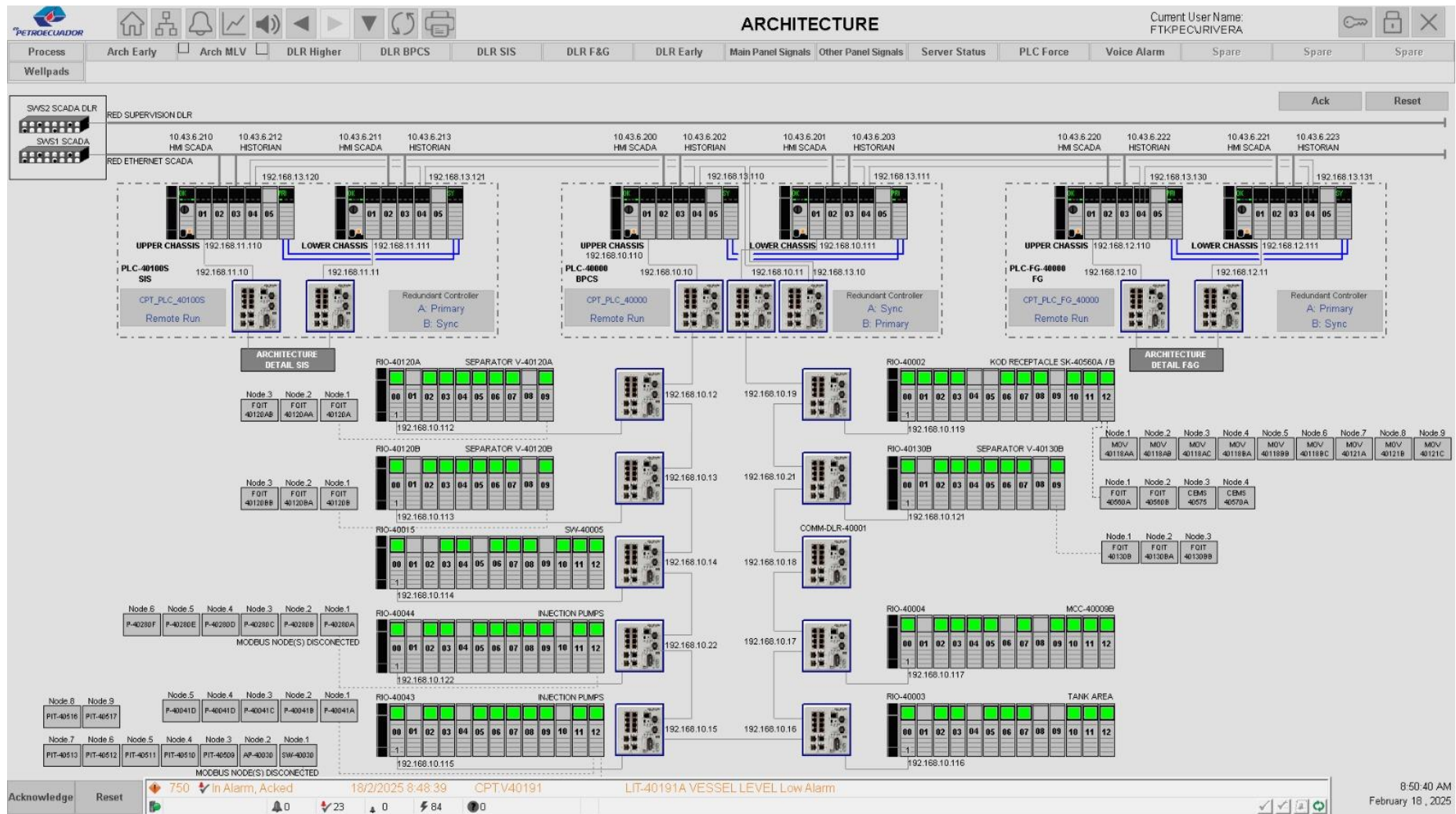
☐ Error Code: Extended Error Code: ☐ Timed Out

Error Path: L01_EN107_GTW40000, 2, 10.43.0.197, 1, 0

Error Text:

OK Cancel Apply Help

Anexo 5: Arquitectura HMI procesos Facilidades Definitivas



Anexo 6: Arquitectura HMI procesos Facilidades tempranas

Anexo 7: Encuesta

Encuesta: Evaluación del Tablero Gateway en la CPT

Instrucciones:

Marque con una (✓) la opción que mejor refleje su experiencia, según la siguiente escala:

◆ 1: Totalmente en desacuerdo

◆ 2: En desacuerdo

◆ 3: Neutral

◆ 4: De acuerdo

◆ 5: Totalmente de acuerdo

Sección 1: Datos demográficos

Cargo en la CPT:

- Ingeniero
- Técnico

- Operador
- Otro (especifique): _____

Años de experiencia en el puesto:

- Menos de 1 año
- 1-3 años
- 4-6 años
- Más de 6 años

Sección 2: Percepción del Tablero Gateway (Escala Likert 1-5)

1. El tablero Gateway ha mejorado la eficiencia operativa en mi área de trabajo.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐

2. La interfaz del sistema es intuitiva y fácil de usar.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐

3. El acceso a datos en tiempo real ha optimizado la toma de decisiones.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐

4. La integración con otros sistemas (SCADA, MES, PLCs) es satisfactoria.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐

5. El sistema Gateway ha reducido los tiempos de respuesta ante incidentes.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐

6. La capacitación recibida para usar el tablero fue suficiente.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐

Sección 3: Seguridad y Confiabilidad

1. El sistema garantiza la seguridad de los datos industriales.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐

2. He experimentado fallos técnicos recurrentes en el tablero Gateway. (Invertida)

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐

Sección 4: Comentarios cualitativos

¿Qué funcionalidad del tablero Gateway considera más útil?

- Visualización de datos en tiempo real
- Alertas automáticas
- Integración con otros sistemas
- Otro: _____

¿Qué aspecto recomendaría mejorar?

- Velocidad de respuesta
- Diseño de la interfaz
- Capacitación
- Otro: _____

Observaciones adicionales: _____

Anexo 8: Análisis de las Encuesta y Entrevista

Con base en los resultados obtenidos de la encuesta aplicada a ingenieros, técnicos y operadores de la CPT, se observa una percepción mayoritariamente positiva hacia el uso del tablero Gateway. En la sección de percepción general, el 78% de los encuestados calificaron con 4 o 5 la afirmación de que el tablero ha mejorado la eficiencia operativa en su área de trabajo. Asimismo, un 81% indicó que la interfaz del sistema es intuitiva y fácil de usar, lo que resalta la accesibilidad de la herramienta. Además, el 85% considera que el acceso a datos en tiempo real ha optimizado la toma de decisiones, consolidando al sistema como un recurso clave para la supervisión de procesos.

En cuanto a la integración del tablero Gateway con otros sistemas como SCADA, MES y PLCs, el 74% de los participantes otorgó puntuaciones de 4 o 5, indicando una integración satisfactoria. También se reportó que un 69% de los usuarios perciben una reducción en los tiempos de respuesta ante incidentes, lo cual refleja un impacto positivo en la agilidad operativa. En relación con la formación recibida, un 65% afirmó que la capacitación fue suficiente, aunque este valor es ligeramente inferior respecto a otras áreas, lo que podría sugerir oportunidades de mejora en la formación del personal.

Finalmente, respecto a la seguridad y confiabilidad del sistema, un 77% de los encuestados manifestó que el tablero garantiza la seguridad de los datos industriales. En la pregunta invertida sobre fallos técnicos recurrentes, el 68% seleccionó puntuaciones de 1 o 2, lo que indica que la mayoría no ha experimentado fallos significativos. En los comentarios cualitativos, la funcionalidad más valorada fue la visualización de datos en tiempo real (42%), seguida de las alertas automáticas (30%). En cuanto a los aspectos a mejorar, la velocidad de respuesta (35%) y la capacitación (28%) fueron las recomendaciones más frecuentes, lo que refuerza la importancia de seguir fortaleciendo estas áreas para maximizar el potencial del tablero Gateway.

Durante una entrevista realizada a 15 técnicos con experiencia en sistemas de control y monitoreo, la mayoría coincidió en que el tablero Gateway ha representado una herramienta valiosa para optimizar las operaciones diarias. “Desde que implementamos el tablero, el tiempo para tomar decisiones ha disminuido considerablemente gracias a los datos en tiempo real”, mencionó uno de los técnicos. Otro agregó que “la interfaz es bastante amigable, incluso para quienes no tienen una formación avanzada en informática”, lo cual ha facilitado su uso en distintos turnos. Varios destacaron que la integración con sistemas como SCADA y PLCs ha sido fluida y ha permitido una visión más completa del proceso, mientras que algunos señalaron que los tiempos de respuesta ante incidentes han mejorado, permitiendo actuar de forma más proactiva ante las alertas generadas.

En cuanto a las áreas de mejora, los técnicos entrevistados manifestaron que, si bien la capacitación inicial fue útil, sería beneficioso recibir sesiones de actualización periódica. “Al principio nos enseñaron lo básico, pero con las actualizaciones del sistema sería bueno tener un refuerzo”, opinó uno de ellos. En general, todos coincidieron en que la funcionalidad más útil es la visualización de datos en tiempo real, ya que les permite actuar con mayor precisión y anticiparse a posibles fallas en la operación.