

**Universidad Nacional del Comahue  
Facultad de Ingeniería  
Departamento de electrotecnia**



**Migración y ampliación del sistema de control Fire and Gas de una  
planta de tratamiento de gas**

Por

**BERTOLDI QUINTANA FRANCO**

Ante la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Comahue para acceder al  
título de:

**INGENIERO ELECTRICO**

Dirección de tesis:

**ING. GUSTAVO CASABONA**

Dirección externa:

**ING. EMANUEL GANCEDO**

Agosto de 2024

## RESUMEN

El presente informe tiene por objeto presentar y detallar el proyecto realizado dentro de mi ámbito laboral en la empresa TECFIELD S.R.L, encuadrado bajo la modalidad Portafolio.

Se describe y detalla la migración y ampliación del sistema de control Fire and Gas de una planta de tratamiento de gas, perteneciente a una conocida empresa del sector petrolero, ubicada a 47 km de la localidad de Añelo, provincia de Neuquén.

Un sistema de control de fuego y gas (Fire and Gas, F&G) es un componente crítico de la seguridad en la industria. Su función principal es detectar, avisar y responder de manera efectiva a situaciones relacionadas con incendios, fugas de gases inflamables y/o tóxicos, aumentos bruscos de temperatura o presencia de humo.

Se menciona mi rol, tareas, desempeño y se presenta evidencia del trabajo.

El proyecto seleccionado brindó una solución efectiva y una mejora sustancial en relación con el incremento de la eficiencia operacional y de la producción, disminución de riesgos a las personas, a las instalaciones y al medio ambiente; optimización de costos operacionales, reducción de la producción diferida y a la sostenibilidad a largo plazo.

Las implementaciones fueron muy bien recibidas en términos generales, dada la existente resistencia al cambio por los riesgos intrínsecos de la migración en sí. La coordinación de los distintos equipos de trabajo involucrados, supervisión, producción, mantenimiento y operadores fue crucial para lograr una puesta en marcha exitosa con un mínimo paro de producción.

El proyecto seleccionado tuvo una duración de aproximadamente 6 meses y concluyo de manera satisfactoria. Se obtuvieron los resultados esperados, logrando una solución efectiva que generó una mejora sustancial en la eficiencia operacional y en la producción.

Palabras clave:

Migración, PLC (Controlador lógico programable), HMI (Interfaz Hombre-Máquina), Sistema de control, Automatización, Seguridad, SD (Shut-down), Eficiencia, Sostenibilidad, Obsolescencia, Ampliación.

### **ABSTRACT**

*The purpose of this report is to present and detail the project carried out within my work area at the company TECFIELD S.R.L, framed under the Portfolio modality.*

*The migration and expansion of the Fire and Gas control system of a gas treatment plant, belonging to a well-known company in the oil sector, located 47 km from the town of Añelo, province of Neuquén, is described and detailed.*

*A Fire and Gas control system (F&G) is a critical component of safety in the industry. Its main function is to detect, warn and respond effectively to situations related to fires, leaks of flammable and/or toxic gases, sudden increases in temperature or the presence of smoke.*

*My role, tasks, performance are mentioned and evidence of the work is presented.*

*The selected project provided an effective solution and a substantial improvement in relation to the increase in operational and production efficiency, reduction of risks to people, facilities and the environment; optimization of operational costs, reduction of deferred production and long-term sustainability.*

*The implementations were generally very well received, given the existing resistance to change due to the intrinsic risks of the migration itself. The coordination of the different work teams involved, supervision, production, maintenance and operators was crucial to achieve a successful start-up with minimal production downtime.*

*The selected project lasted approximately 6 months and was concluded satisfactorily. The expected results were obtained, achieving an effective solution that generated a substantial improvement in operational efficiency and production.*

*Keywords:*

*Migration, PLC (Programmable Logic Controller), HMI (Human-Machine Interface), Control System, Automation, Safety, SD (Shut-down), Efficiency, Sustainability, Obsolescence, Expansion.*

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis padres y hermana, por el apoyo incondicional brindado a lo largo de este arduo proceso académico, por siempre brindarme el respaldo y el apoyo necesario para impulsarme a comenzar y a finalizar mis estudios universitarios.

A mis amigos de toda la vida y al grupo de la Facultad por su compañerismo y aliento constante.

A la Universidad Nacional del Comahue, por dejarme crecer intelectualmente y permitirme elegir un camino en la vida.

Agradezco a la Empresa TECFIELD S.R.L y, en particular, al Ing. Emanuel Gancedo, por haberme brindado la oportunidad de adquirir la formación inicial en el área de Automatización y control, y posteriormente la continuidad de mi labor en la misma organización. Esto me ha permitido llevar a cabo el presente trabajo y concluir de esta manera mi carrera de grado.

A el Ing. Gustavo Casabona por brindarme sus enseñanzas como profesor y en esta etapa guiándome en el desarrollo de este trabajo.

## INDICE DE CONTENIDO

<b>1.1 INTRODUCCION.....</b>	<b>7</b>
1.2 OBJETIVO .....	8
<b>2. MARCO TEORICO .....</b>	<b>9</b>
2.1 MIGRACION: .....	9
2.2 PLC: .....	9
2.3 CONFIGURACION POR LADDER:.....	9
2.4 CONFIGURACION POR BLOQUES:.....	10
2.5 HMI: .....	10
2.6 FACEPLATE.....	10
2.7 SCADA: .....	10
2.8 DCS:.....	11
2.9 PLANTA DE TRATAMIENTO DE GAS (PTG):.....	11
2.10 SD (SHUT DOWN): .....	12
2.11 FAT: .....	13
2.12 SAT: .....	13
2.13 MATRIZ CAUSA-EFECTO:.....	13
2.14 PRECOMISIONADO:.....	14
2.15 COMISIONADO: .....	14
2.16 SISTEMA PUSH-TO-TALK: .....	14
2.17 PROTOCOLOS DE COMUNICACION: .....	14
2.18 TAG:.....	15
2.19 SEÑAL: .....	15
2.19.1 Señales analógicas: .....	15
2.19.2 Señales digitales:.....	15
<b>3. DESARROLLO .....</b>	<b>16</b>
3.1 RELEVAMIENTO EN SITIO DEL EQUIPO ACTUAL .....	16
3.2 INTERPRETACIÓN DE LA PROGRAMACIÓN ACTUAL DEL SISTEMA DE CONTROL .....	20
3.2.1 Identificación de inputs, outputs, resúmenes de señales. ....	22
3.3 INGENIERÍA INVERSA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA MATRIZ CAUSA-EFECTO. ....	24
3.4 CONSTRUCCIÓN DEL NUEVO TABLERO SEGÚN REQUERIMIENTOS Y NORMATIVAS. ....	29
3.5 NUEVA PROGRAMACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL CON EL SOFTWARE STUDIO 5000. ....	33
3.5.1 Puntos importantes:.....	33
3.5.2 Estructura de control.....	34
3.5.3 Asignación de instrumentos.....	35
3.5.4 Creación de Rutinas Estándar:.....	36
3.5.5 Rutinas Safety:.....	37
3.5.6 Asignaciones: .....	38
3.5.7 Tratamiento de señales: .....	39
3.5.8 Resúmenes.....	40
3.5.9 Comandos.....	42
3.5.10 Escalado y alarmas de transmisores.....	45
3.5.11 Simulación.....	46
3.6 PROGRAMACIÓN DEL HMI CON UTILIZACIÓN DE BLOQUES, FORMATO Y ESTÁNDARES. ....	46
3.6.1 Pantalla de inicio.....	47
3.6.2 Pantalla Tablero.....	48
3.6.3 Pantalla Sirenas, Balizas, ESD.....	48
3.6.4 Pantalla Fuego.....	49
3.6.5 Pantalla Mezcla.....	49
3.6.6 Pantalla Pulsadores.....	50
3.6.6 Pantalla Bombas, Compresores y Generadores.....	51
3.6.7 Pantalla Status Baterías - Fuente.....	51
3.6.8 Pantalla Historial de Alarmas.....	52
3.6.9 Botones Gráficos .....	53
3.6.10 Login y Niveles de seguridad.....	53
3.6.11 Faceplates .....	54
3.6.12 Instrumentación analógica.....	55

---

3.7 CONFIGURAR HISTORIAL DE ALARMAS Y ACTUACIONES.....	55
3.8 FAT ELÉCTRICA Y LÓGICA.....	57
3.8.1 <i>Inspección visual del tablero</i> .....	57
3.8.2 <i>Inspección de aislación y protección</i> .....	58
3.8.3 <i>Inspección eléctrica</i> .....	58
3.8.4 <i>Inspección de señales:</i> .....	59
3.8.5 <i>Inspección de lógica de control</i> .....	59
3.8.6 <i>HMI</i> .....	60
3.8.9 <i>Observaciones</i> .....	61
3.9 CRONOGRAMA ESTIMATIVO DE TAREAS EN PLANTA.....	61
3.10 MONTAJE DEL TABLERO EN PLANTA.....	63
3.11 IDENTIFICACIÓN, VERIFICACIÓN Y CONEXIONADO DE SEÑALES EN CAMPO.....	63
3.11.1 <i>Comisionado de señales e instrumentos</i> .....	65
3.11.2 <i>Observaciones</i> .....	67
3.12 VERIFICACIÓN DE MATRIZ CAUSA – EFECTO EN PLANTA.....	68
3.13 REALIZACIÓN DEL MANUAL DE INSTRUCCIONES PARA HMI.....	68
3.14 PUESTA EN MARCHA.....	69
<b>4. CONCLUSIONES.....</b>	<b>70</b>
<b>5. COMENTARIOS FINALES.....</b>	<b>72</b>
<b>5. BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>73</b>

## 1.1 INTRODUCCION

El presente Proyecto Integrador Profesional (PIP) desarrollado en modalidad portafolio, describe mi trabajo realizado en la empresa TECFIELD S.R.L para la realización de la migración y ampliación del sistema de control Fire and Gas (F&G) de una planta de tratamiento de gas (PTG), propiedad de una reconocida empresa del sector petrolero, ubicada a 47 km de la localidad de Añelo, provincia de Neuquén.

A partir de los avances tecnológicos y el desarrollo industrial, surge la necesidad de la modernización de los sistemas de control, protección y comunicaciones, en estaciones transformadoras, sistemas de potencia o plantas industriales en general.

Las migraciones son esenciales para mantener la relevancia, la eficiencia y la seguridad de los procesos industriales a lo largo del tiempo. Ya que el envejecimiento de controles y equipos conlleva un gran número de problemas que incluyen conseguir repuestos, costos crecientes de mantenimiento, menor confiabilidad, restricciones de capacidad y una brecha de habilidades cuando se retira personal con experiencia en los sistemas existentes. En el mejor de los casos, la obsolescencia lleva a mayores costos a la hora de mitigar el riesgo de una parada o fallas de cumplimiento.

Los sistemas de F&G están integrados con otros sistemas de control de seguridad y protección, como sistemas de control de procesos, sistemas de seguridad contra incendios y sistemas de gestión de emergencias. Esta integración permite una respuesta coordinada y efectiva a las contingencias y facilita la toma de decisiones por parte del personal de la planta y los equipos de respuesta a emergencias.

La planta de tratamiento de gas (PTG) en la que se ejecutó el proyecto, contaba originalmente con un sistema de F&G de más de 20 años de antigüedad, cuyo PLC era un Allen Bradley 1753 GuardPLC™ 1800. El mismo, fue discontinuado y carece de soporte y repuestos.

Para la actualización tecnológica se utilizaron PLC's de la marca Allen Bradley serie GuardLogix 5570. Se utilizó como PLC primario un 1756-L72S Logix55L7S y como PLC safety un 1756-L72S Logix55L7SP.

## 1.2 OBJETIVO

El presente informe tiene por objeto presentar y desarrollar el proyecto realizado en la empresa TECFIELD S.R.L, “migración y ampliación del sistema de control Fire and Gas (F&G) en una planta de tratamiento de gas”. Con el propósito evidenciar cómo la actualización tecnológica mejora la seguridad del personal y las instalaciones, aumenta la eficiencia operativa y promueve la sostenibilidad a largo plazo, sirviendo como referencia para futuras implementaciones en la industria.

## 2. MARCO TEORICO

A continuación, se darán algunas definiciones que serán importantes para entender el desarrollo del trabajo.

### Definiciones:

#### 2.1 MIGRACION:

Una migración es un proyecto en el que los datos, funcionalidades e infraestructura del sistema de control existente es reemplazado por otro, al mismo tiempo o por etapas. La elección de una opción u otra depende de múltiples condicionantes, tales como aspectos económicos, afectación a la producción, posibilidad de hacerla coincidir con una parada por mantenimiento de las instalaciones, entre otros.

#### 2.2 PLC:

Un controlador lógico programable (PLC) es un sistema en tiempo real optimizado para su uso en condiciones severas, como temperaturas altas/bajas o un entorno con excesivo ruido eléctrico. Esta tecnología de control está diseñada para disponer de múltiples interfaces (E/S) para conectar y controlar múltiples dispositivos como sensores y actuadores.

El PLC recibe información de los sensores o dispositivos de entrada conectados a sus módulos de entrada, procesa los datos y activa las salidas basándose en parámetros programados. También puede monitorear y registrar datos de tiempo de ejecución, como la productividad de las máquinas o la temperatura de funcionamiento, iniciar y detener automáticamente los procesos, generar alarmas si una máquina no funciona correctamente, y más.

Los controladores lógicos programables son una solución de control flexible adaptable a casi cualquier aplicación.

Entre las funciones básicas de las PLC destacan:

- Control de Entradas/Salidas
- Procesamiento y lógica
- Comunicaciones
- Diagnóstico de fallos y resolución de problemas
- Escalabilidad y modularidad

#### 2.3 CONFIGURACION POR LADDER:

La **configuración por Ladder** (diagrama de escalera) es un método de programación utilizado en Controladores Lógicos Programables (PLC) que se basa en una representación gráfica que simula circuitos eléctricos de control. Este enfoque permite implementar lógicas de control mediante la disposición de elementos gráficos que representan contactos, bobinas y otros dispositivos.

## 2.4 CONFIGURACION POR BLOQUES:

La **configuración por bloques** es un método de programación utilizado en Controladores Lógicos Programables (PLC) que permite la creación de programas a través de bloques funcionales que encapsulan lógica y funciones específicas. Este enfoque es particularmente útil para organizar y modularizar la programación, facilitando la reutilización y el mantenimiento del código.

## 2.5 HMI:

Interfaz Hombre-Máquina (HMI), es un sistema que permite la interacción entre un operador y una máquina o un proceso. Técnicamente, se refiere a la interfaz que permite la supervisión, control y gestión de sistemas automatizados. El HMI se comunica con el/los PLC para obtener y mostrar información para que los usuarios la vean. Del mismo modo, pueden utilizarse para una sola función, como el monitoreo y el seguimiento, o para realizar operaciones más sofisticadas, como el apagado de máquinas o el aumento de la velocidad de producción, dependiendo de cómo se implemente.

Entre las funciones básicas de las HMI destacan:

- Visualizar los datos
- Seguimiento del tiempo de producción
- Supervisar indicadores
- Supervisar las entradas y salidas de las máquinas

## 2.6 FACEPLATE

Un *faceplate* es un elemento visual que representa y agrupa los controles y las visualizaciones de un equipo o proceso específico en una sola interfaz. Los faceplates son diseñados para facilitar la interacción del operador con los sistemas de automatización, proporcionando una vista consolidada de las variables, estados y controles relevantes.

## 2.7 SCADA:

El sistema SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) es una herramienta de automatización y control industrial utilizada en los procesos productivos que puede controlar, supervisar, recopilar datos, analizar datos y generar informes a distancia mediante una aplicación informática. Su principal función es la de evaluar los datos con el propósito de subsanar posibles errores.

Este sistema de control de supervisión y adquisición de datos formado por software y hardware permite a las industrias:

- Controlar los procesos industriales de forma local o remota.
- Monitorear, recopilar y procesar datos en tiempo real.
- Interactuar con dispositivos como sensores, válvulas, motores.
- Registrar secuencialmente en un archivo o base de datos acontecimientos que se producen en un proceso productivo.

- Crear paneles de alarma en fallas de máquinas por problemas de funcionamiento.
- Gestionar el Mantenimiento con las magnitudes obtenidas.
- Control de calidad.

### **2.8 DCS:**

Un sistema de control distribuido (DCS) es un sistema de control automatizado que consta de elementos de control distribuidos de forma geográfica en la planta o área de control. El mismo utiliza bucles de control distribuidos por toda una fábrica, industria o área de control; es un sistema industrial automatizado y digital que se utiliza para controlar los procesos industriales y aumentar su seguridad, rentabilidad y fiabilidad.

### **2.9 PLANTA DE TRATAMIENTO DE GAS (PTG):**

Una planta de tratamiento de gas es una instalación industrial diseñada para procesar gas natural y otros gases combustibles, eliminando impurezas y separando los componentes valiosos para que el gas sea apto para su transporte y uso comercial. Estas plantas son esenciales para convertir el gas natural crudo en productos utilizables como gas seco, líquidos de gas natural (LGN) y otros subproductos.

#### **Partes de una PTG:**

Separadores: Se usan para eliminar líquidos libres y sólidos del gas entrante. Esto incluye separadores de entrada, separadores de alta presión y separadores de baja presión.

Unidades de Deshidratación: Eliminan el agua del gas, utilizando métodos como la absorción con glicol o la adsorción con tamices moleculares.

Unidades de Eliminación de Sulfuro de Hidrógeno y CO<sub>2</sub>: Conocidas como unidades de endulzamiento del gas, eliminan compuestos ácidos usando aminas o procesos de adsorción con membranas.

Unidades de Recuperación de LGN (Líquidos de Gas Natural): Separan y recuperan componentes valiosos como etano, propano, butano y gasolina natural.

Compresores: Aumentan la presión del gas para facilitar su transporte a través de tuberías.

Unidades de Fraccionamiento: Separan los LGN en sus componentes individuales mediante destilación.

Unidades de Eliminación de Mercurio: Eliminan trazas de mercurio que pueden ser corrosivas para los equipos.

*Unidades de Recuperación de Azufre:* Recuperan azufre de los compuestos de sulfuro de hidrógeno eliminados del gas.

*Torres de Enfriamiento:* Enfrían el gas para facilitar ciertos procesos de separación y eliminación de impurezas.

*Sistemas de Control y Monitoreo:* Supervisan y controlan todas las operaciones de la planta, asegurando su funcionamiento seguro y eficiente.

### **Funcionamiento de una Planta de Tratamiento de Gas:**

*Recepción y Separación Inicial:* El gas natural crudo entra a la planta y pasa por separadores que eliminan líquidos y sólidos.

*Deshidratación:* El gas pasa por unidades de deshidratación que eliminan el agua para prevenir la formación de hidratos y la corrosión de equipos.

*Endulzamiento del Gas:* El gas se trata para eliminar sulfuro de hidrógeno ( $H_2S$ ) y dióxido de carbono ( $CO_2$ ), que son corrosivos y tóxicos.

*Recuperación de LGN:* El gas tratado se enfría y presuriza para separar los líquidos de gas natural (LGN) como etano, propano y butano.

*Fraccionamiento:* Los LGN se separan en sus componentes individuales mediante procesos de destilación en unidades de fraccionamiento.

*Compresión:* El gas seco y limpio se comprime para ser transportado a través de tuberías hacia los consumidores finales.

*Recuperación de Azufre:* El sulfuro de hidrógeno eliminado se procesa para recuperar azufre elemental, que se puede utilizar en diversas industrias.

*Eliminación de Mercurio:* Cualquier traza de mercurio se elimina para proteger los equipos y cumplir con las regulaciones ambientales.

### **2.10 SD (Shut Down):**

Parada de emergencia (“shut down”) de la planta, comprende el bloqueo de entrada y salida del gas a planta, y venteo del gas de la misma a lugar seguro.

**2.11 FAT:**

FAT (Factory Acceptance Test) es el proceso de aceptación de un equipo en fábrica. Consiste en un conjunto de pruebas ordenadas, protocolizadas y registradas que realiza el fabricante de un equipo, antes de su envío a las instalaciones del cliente.

El objetivo de las pruebas FAT es demostrar que el equipo cumple con las especificaciones de usuario, con el diseño aprobado y con las especificaciones de funcionamiento, producción, seguridad y mantenimiento.

Las mismas pueden ser presenciadas por el cliente o por personas designadas por este. En cualquier caso, una copia firmada de toda la documentación generada es enviada al cliente para su aprobación. En caso de “No Conformidad” se abre un proceso documentado de la desviación, en la que se registra la incidencia, la causa raíz, la acción correctiva y el plazo de ejecución. Corregida la desviación se vuelve a realizar la prueba correspondiente de acuerdo al protocolo aprobado.

**2.12 SAT:**

Son las pruebas de aceptación en sitio, o “*Site Acceptance Test*”, lo que se entiende como las pruebas que se realizan en las instalaciones del cliente o ubicación final. Este tipo de pruebas tienen como objetivo garantizar el correcto funcionamiento del producto o del sistema en su primera puesta en marcha, así como verificar que cumple con todos los requisitos tanto de funcionalidad como de rendimiento. Asimismo, las pruebas SAT también incluyen toda la formación necesaria del personal técnico encargado del manejo de este tipo de soluciones.

**2.13 MATRIZ CAUSA-EFECTO:**

Una matriz causa-efecto para sistemas de control industrial es una herramienta fundamental para entender las relaciones entre las acciones de los dispositivos y los efectos que se producen dentro del sistema.

En este tipo de representación matricial, los transmisores, pulsadores o cualquier dispositivo que envíe una señal de entrada (input) al PLC están dispuestos en una columna a la izquierda. Mientras que las acciones, alarmas, sirenas, ESD (Emergency Shutdown), SD (Shutdown) o cualquier dispositivo que reciba una señal de salida (output) del PLC, están dispuestos en filas en la parte superior de la matriz. Cada celda de la matriz indica la relación entre una activación de dispositivo (causa) y una acción (efecto), lo que ofrece una visión sistémica de las interacciones dentro del sistema.

**Figura N°1**

*Esquema matriz Causa-Efecto*

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="border-bottom: 1px solid black; padding-bottom: 5px;">CAUSAS</div> <div style="border-right: 1px solid black; padding-right: 5px;">EFECTOS</div> </div>	SALIDAS	
ENTRADAS	DE	E

*Nota. Partes principales de una matriz Causa-Efecto*

**E:** Energiza  
**DE:** Desenergiza

### **2.14 PRECOMISIONADO:**

Es un conjunto de actividades que consideran ensayos estáticos e inspecciones, caracterizadas por la ausencia de energía y/o fluidos de proceso, con el objetivo de garantizar que las instalaciones y los sistemas fueron diseñados conforme a los documentos de ingeniería.

### **2.15 COMISIONADO:**

En el comisionado se realizan verificaciones dinámicas e inspecciones, para chequear el correcto desempeño de los elementos, funciones eléctricas e instrumentación & Control de los equipos (sistemas y subsistemas) que hacen parte de una planta.

Las pruebas típicas son:

- Corridas de motores.
- Corrida de bombas o compresores.
- Pruebas de lazos de instrumentos.
- Operación de interruptores eléctricos.

La preparación mecánica, la corrida de equipos y pruebas en línea se realiza por un periodo de tiempo suficiente para asegurar el correcto desempeño de los mismos.

La principal diferencia entre precomisionado y comisionado radica en la inyección de energía eléctrica y/o fluidos de proceso a presión nominal, con el objetivo de asegurar las condiciones necesarias para la Puesta en marcha.

### **2.16 SISTEMA PUSH-TO-TALK:**

Los sistemas **push-to-talk** (PTT) son tecnologías de comunicación que permiten la transmisión instantánea de voz mediante la presión de un botón. Estos sistemas son comúnmente utilizados en radios bidireccionales y dispositivos móviles, facilitando la comunicación en tiempo real entre múltiples usuarios. Al presionar el botón, el usuario puede hablar y, al soltarlo, el canal se silencia, permitiendo que otros respondan.

### **2.17 PROTOCOLOS DE COMUNICACION:**

Un protocolo de comunicación es un conjunto de normas, pautas o instrucciones que sirven para guiar las acciones durante el intercambio de información entre dos o más actores. A su vez, es necesario su cumplimiento para que un programa o una máquina las ejecute de manera correcta y organizada.

Para ello existen algunos estándares y políticas, las cuales incluyen procedimientos, restricciones y formatos que garantizan la efectividad de la comunicación entre dos servidores o más dispositivos que estén conectados a una red.

### **2.18 TAG:**

Un **tag** es una etiqueta o marcador que se utiliza para clasificar, identificar o agrupar información. En el contexto de sistemas de control y señales, un se refiere a un identificador único asignado a un punto de datos o variable dentro de un sistema.

### **2.19 SEÑAL:**

Es una representación física de información que puede ser transmitida, procesada o almacenada. En el contexto de sistemas de control y comunicación, las señales pueden clasificarse de la siguiente manera:

**2.19.1 Señales analógicas:** Varían de manera continua en el tiempo y pueden tomar cualquier valor dentro de un rango. Ejemplos incluyen voltajes y corrientes eléctricas. Las señales analógicas con las que se trabajó en este proyecto, son del tipo entero (INT). Este tipo de señales representan valores discretos, pero que son obtenidos de forma continua en el tiempo.

**2.19.2 Señales digitales:** Tienen valores discretos y representan información en forma de bits (0s y 1s).

Las señales digitales con las que se trabajó en este proyecto, son del tipo booleana (BOOL) son un tipo específico de señal que puede tomar solo dos valores discretos, comúnmente representados como **0** (falso) y **1** (verdadero).

### 3. DESARROLLO

La migración y ampliación del sistema de control F&G de la PTG involucró numerosas etapas, en las que se participó en su totalidad en mi rol de ingeniero Jr.

Se formó parte de un equipo de 6 personas, compuesto por: 1 supervisor, 2 ingenieros Jr., 1 programador de SCADA y 2 conexionistas.

Las tareas llevadas a cabo para el desarrollo del proyecto fueron las siguientes:

#### 3.1 Relevamiento en sitio del equipo actual

El objetivo fue registrar información importante a partir de solo realizar una inspección visual del sistema que estaba siendo utilizado en ese momento (ya que la planta estaba operativa).

La información que se recaudó fue:

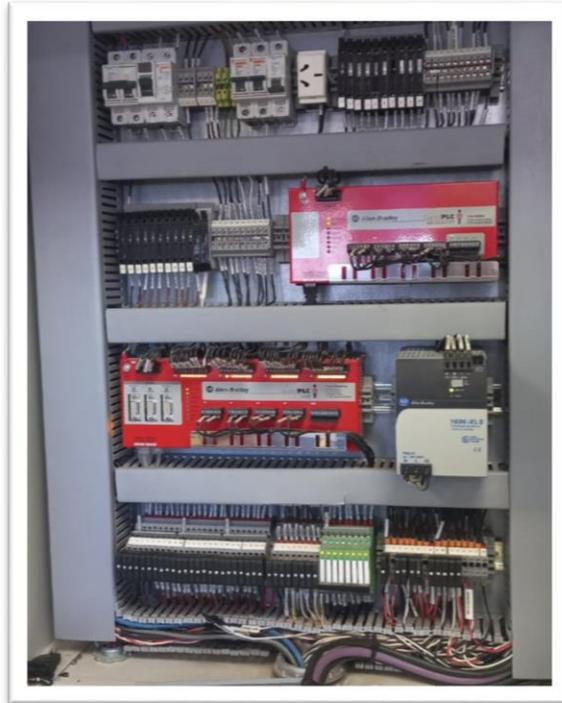
- Estado general del sistema y su funcionamiento.
- Tipo de tablero.
- Modelo de PLC.
- Cantidad y tipo de entradas y salidas (analógicas y digitales).
- Estado de las borneras y las conexiones.
- Fuente de alimentación.
- Switch.
- Frente del tablero.

El sistema de control estaba compuesto por un PLC **GUARD PLC 1800** MI 24/8 FS1000, 2 módulos de entradas y salidas analógicas **GuardPLC 8\_4** Analog In\_Out\_1 AI8 y 2 módulos de entradas y salidas digitales **GuardPLC 16\_8** DC In\_Out\_2 DI16 LC. El mismo en su conjunto, estaba operando correctamente.

El mismo estaba alojado en 2 tableros contiguos.

**Figura N°2**

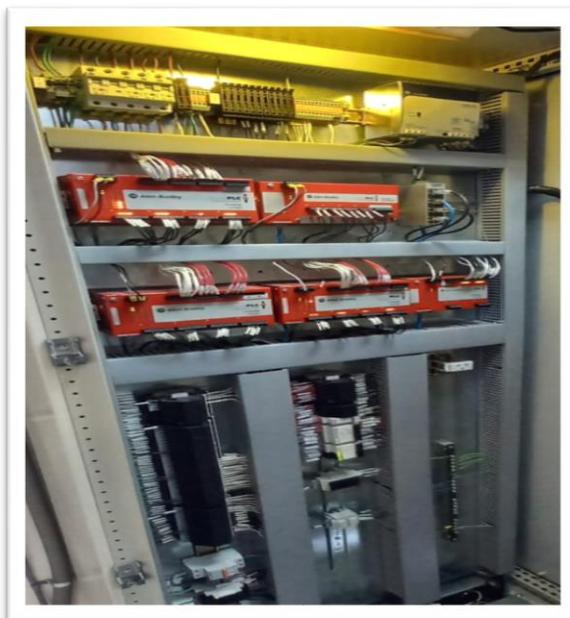
*Interior tablero F&G N°1 previo a la migración.*



*Nota. Elementos del tablero de control F&G N°1*

**Figura N°3**

*Interior tablero F&G N°2 previo a la migración.*



*Nota. Elementos del tablero de control F&G N°2*

Figura N°4

GUARDPLC 1800



Nota. GUARDPLC 1800 funcionando en planta.

Figura N°5

Módulos: IB16XOB8 I/O y OB8 I/O



Nota. Izquierda: Modulo IB16XOB8 I/O. Derecha: Modulo OB8 I/O; ambos funcionando en planta.

**Figura N°6**

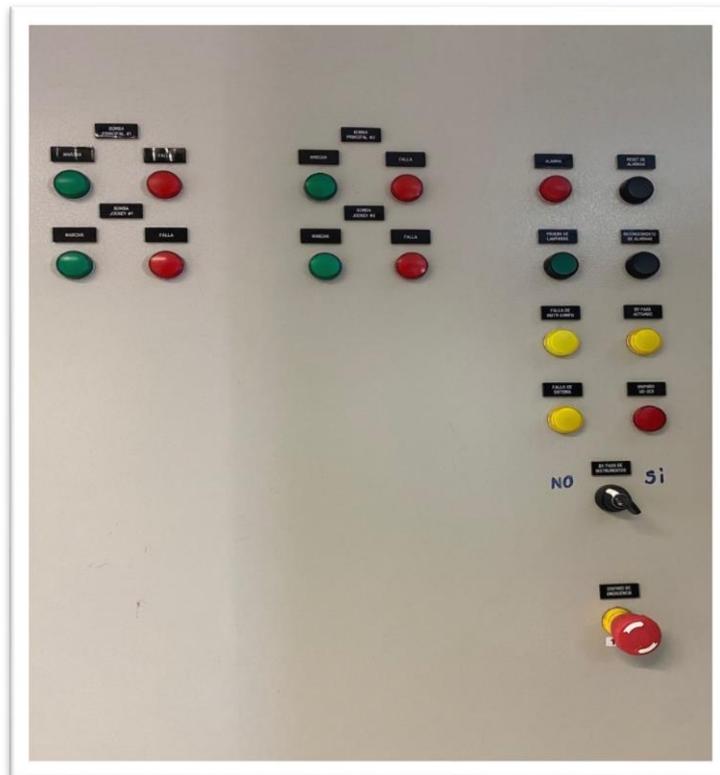
*Módulos IB16XOB8 I/O y IB16XOB8 I/O*



*Nota. Izquierda: Modulo IB16XOB8 I/O, Derecha: Modulo IB16XOB8 I/O; ambos funcionando en planta.*

**Figura N°7**

*Frente tablero F&G previo a la migración.*



*Nota. Elementos frente del tablero F&G*

### 3.2 Interpretación de la programación actual del sistema de control

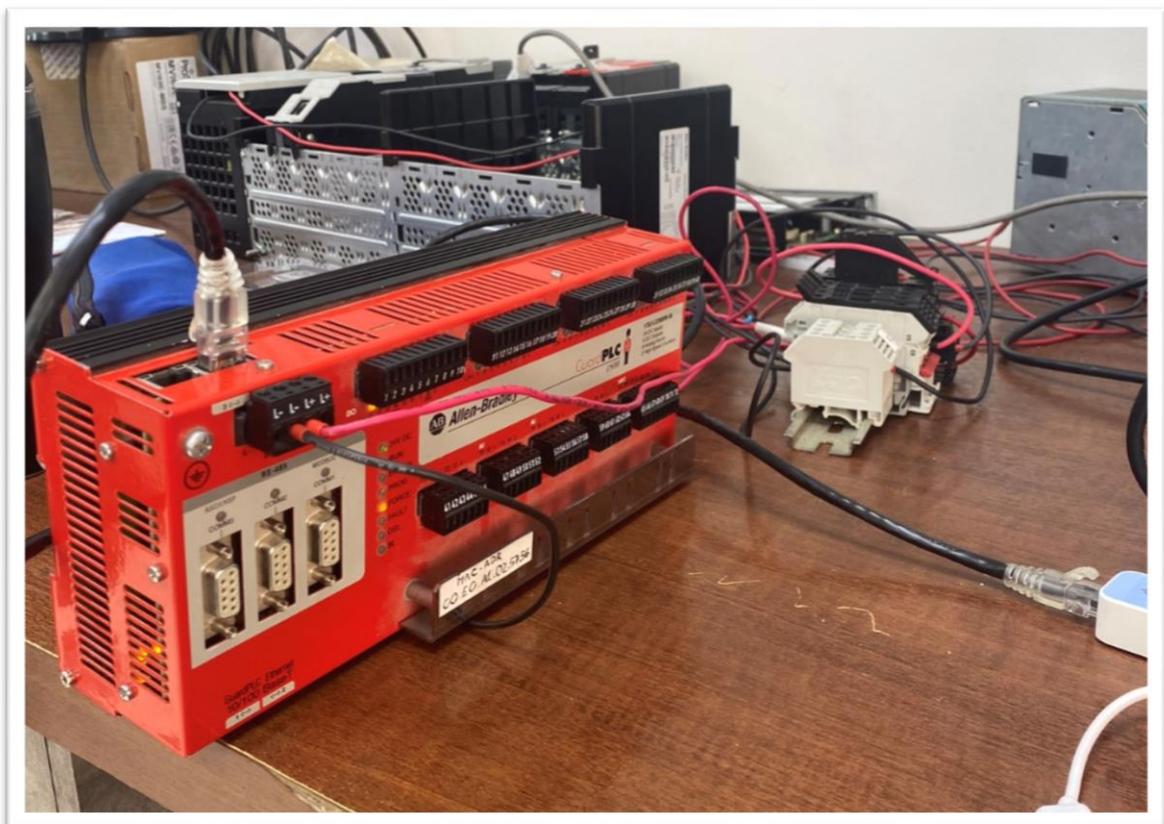
La empresa contratante nos entregó un backup de la programación que estaba corriendo al momento de hacer el relevamiento, ya que por cuestiones operativas y de seguridad, no era posible conectarse vía Ethernet al PLC para hacer una descarga del backup con la planta en funcionamiento.

Esto se debe a que esta operación circunstancialmente podría ocasionar un SD de la planta, tanto por cualquier error humano en el momento de realizar la descarga o por errores propios de un PLC antiguo. Los mismos requieren de utilizar gran parte de su hardware a la hora de la ejecución de su programación y a la hora de realizar en simultaneo la descarga de la programación existe el riesgo de que se queden “congelados”, por lo tanto, se evita la realización de esta práctica.

La configuración estaba almacenada en 3 archivos, los cuales se ejecutan con el programa **RSlogix Guard Plus**. Una vez ejecutado, se sincroniza un GuardPLC designado para verificar el funcionamiento de la programación y activación de las salidas.

**Figura N°8**

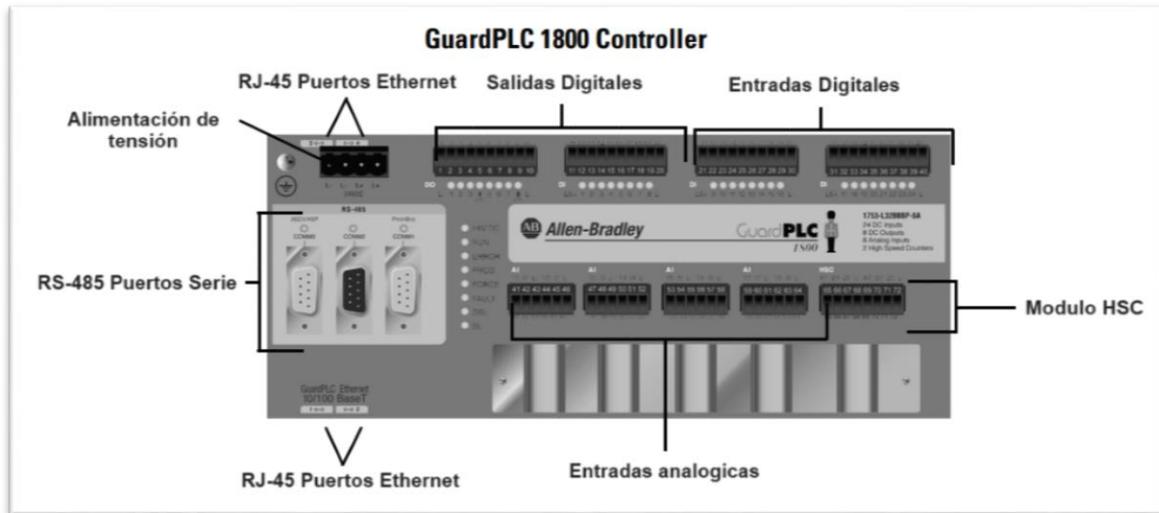
*GUARD PLC 1800*



*Nota. GUARD PLC 1800 utilizado para realizar pruebas y simulaciones*

Figura N°9

Esquema GUARD PLC 1800.

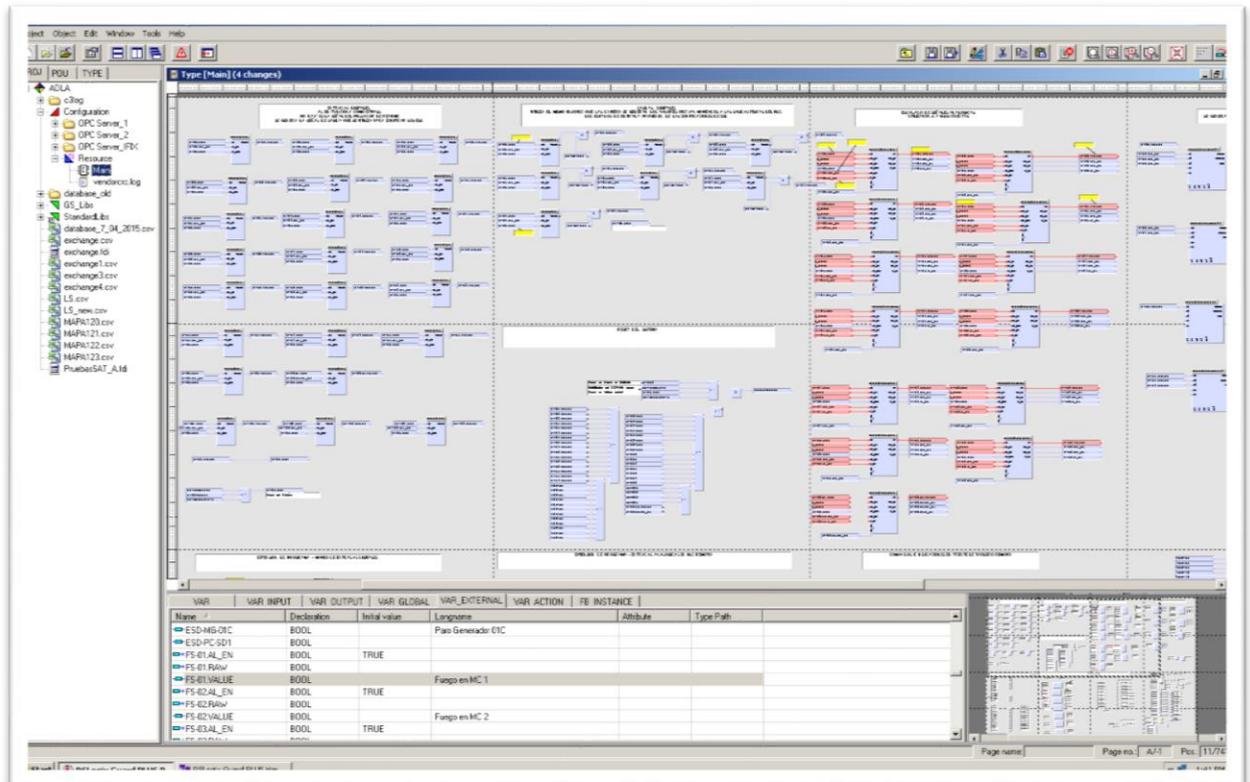


*Nota. Partes del GUARD PLC 1800*

El entorno de programación es el siguiente:

Figura N°10

Entorno de programación RSlogix Guard Plus



*Nota. Captura del entorno de programación del software RSlogix Guard Plus.*

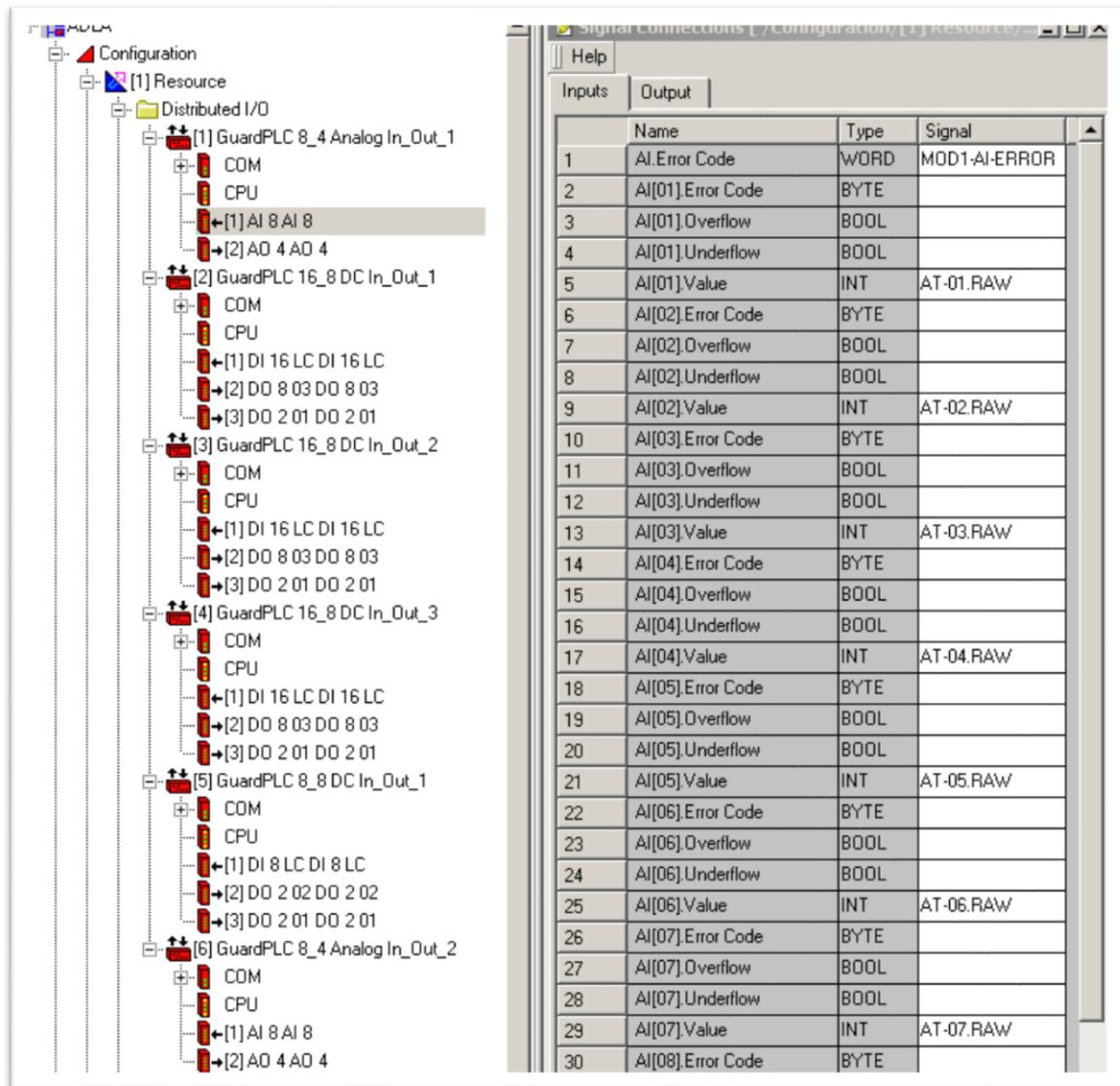
Se puede observar que el programa utiliza una lógica de bloques y se ejecuta en Windows XP. Por lo tanto, fue necesario utilizar un software especial para simular una PC virtual, permitiendo así la ejecución del mismo, dado que no puede ser utilizado con sistemas operativos actuales por problemas de compatibilidad.

### 3.2.1 Identificación de inputs, outputs, resúmenes de señales.

Se comienza identificando todas las entradas existentes, el tipo y el módulo al que estaban asignadas.

Figura N°11

Señales asignadas a los módulos I/O.



The screenshot shows a PLC configuration interface. On the left, a tree view displays the hardware configuration under 'Configuration' and '(1) Resource'. It lists six GuardPLC modules with their respective I/O specifications. On the right, a 'Signal Connections' window is open, showing a table of assigned signals for the AI8/AI8 module.

Inputs	Output	Name	Type	Signal
1		AI.Error Code	WORD	MOD1-AI-ERROR
2		AI[01].Error Code	BYTE	
3		AI[01].Overflow	BOOL	
4		AI[01].Underflow	BOOL	
5		AI[01].Value	INT	AT-01.RAW
6		AI[02].Error Code	BYTE	
7		AI[02].Overflow	BOOL	
8		AI[02].Underflow	BOOL	
9		AI[02].Value	INT	AT-02.RAW
10		AI[03].Error Code	BYTE	
11		AI[03].Overflow	BOOL	
12		AI[03].Underflow	BOOL	
13		AI[03].Value	INT	AT-03.RAW
14		AI[04].Error Code	BYTE	
15		AI[04].Overflow	BOOL	
16		AI[04].Underflow	BOOL	
17		AI[04].Value	INT	AT-04.RAW
18		AI[05].Error Code	BYTE	
19		AI[05].Overflow	BOOL	
20		AI[05].Underflow	BOOL	
21		AI[05].Value	INT	AT-05.RAW
22		AI[06].Error Code	BYTE	
23		AI[06].Overflow	BOOL	
24		AI[06].Underflow	BOOL	
25		AI[06].Value	INT	AT-06.RAW
26		AI[07].Error Code	BYTE	
27		AI[07].Overflow	BOOL	
28		AI[07].Underflow	BOOL	
29		AI[07].Value	INT	AT-07.RAW
30		AI[08].Error Code	BYTE	

*Nota.* Lado izquierdo: Arbol de módulos, Lado derecho: Señales asignadas al módulo AI8/AI8

Tenemos entradas analógicas **AI** (Analogic Inputs) y entradas digitales **DI** (Digital Inputs), con un total de 21 AI (de las cuales 4 AI era de reserva) y 56 DI (de las cuales 1 DI era de reserva).

Entre las entradas analógicas se encuentran: Detectores de **Mezcla Explosiva (Dräger PIR 7000)**, transmisores de presión, transmisores de nivel.

Entre las entradas digitales se incluyen: Detectores de **Llama (Spectrex 40)**, Pulsadores, Señales de status de bombas y finales de carrera.

En cuanto a las salidas, se dispone de: Señalizaciones de marcha, parada y falla de bombas, compresores, generadores y moto generadores; activación de sirenas y balizas; activación y falla de instrumentos; y Shutdown general de la planta.

A continuación, se detallan algunas de las señales de entrada y salida del sistema F&G, detallando por Tag de la señal, descripción de la misma, tipo de señal y el módulo al que estaba conectada, respectivamente.

**Tabla N°1**

*Señales asignadas al PLC*

TAG	DESCRIPCION	SEÑAL	MODULO
AT-09.RAW	Mezcla Explosiva en CP 2	AI	GUARD PLC 1800 MI 24/8 FS1000
AT-10.RAW	Mezcla Explosiva en MG 1	AI	
AT-11.RAW	Mezcla Explosiva en MG 2	AI	
AT-12.RAW	Mezcla Explosiva en MG 3	AI	
GD-004A.RAW	DESCONECTADA	AI	
XS-01.RAW	Bypass del Sistema	DI	
DI-02-RESET	RESET DEL SISTEMA	DI	
HS-01.RAW	Paro de planta	DI	
FS-01.RAW	Fuego en MC 1	DI	
FS-02.RAW	Fuego en MC 2	DI	
FS-03.RAW	Fuego en MC 3	DI	
FS-04.RAW	Fuego en MC 4	DI	
FS-05.RAW	Fuego en MC 5	DI	
FS-06.RAW	Fuego en MC 6	DI	
FS-07.RAW	Fuego en MC 7	DI	
FS-08.RAW	Fuego en MC 8	DI	
FS-09.RAW	Fuego en MC 9	DI	
FS-10.RAW	Fuego en MC 10	DI	
FS-11.RAW	Fuego en EC 1	DI	
FS-12.RAW	Fuego en CP 1	DI	
FS-13.RAW	Fuego en CP 2	DI	
FS-14.RAW	Fuego en MG 1	DI	
FS-15.RAW	Fuego en MG 2	DI	
FS-16.RAW	Fuego en MG 3	DI	
XSF-01.RAW	NADA	DI	
XSF-02.RAW	NADA	DI	
XSF-03.RAW	NADA	DI	
BS-004A.RAW	DESCONECTADA	DI	
BS-004A.FAIL	DESCONECTADA	DI	

*Nota.* Conjunto de señales analógicas y digitales de entrada, asignadas al PLC

**Tabla N°2**

*Señales asignadas a módulo AI*

TAG	DESCRIPCION	SEÑAL	MODULO
AT-01.RAW	Mezcla Explosiva en MC 1	AI	(1) GuardPLC 8_4 Analog In_Out_1 AIS
AT-02.RAW	Mezcla Explosiva en MC 2	AI	
AT-03.RAW	Mezcla Explosiva en MC 3	AI	
AT-04.RAW	Mezcla Explosiva en MC 4	AI	
AT-05.RAW	Mezcla Explosiva en MC 5	AI	
AT-06.RAW	Mezcla Explosiva en MC 6	AI	
AT-07.RAW	Mezcla Explosiva en EC 1	AI	
AT-08.RAW	Mezcla Explosiva en CP 1	AI	

*Nota.* Conjunto de señales analógicas de entrada, asignadas al módulo AI 8

**Tabla N°3**

*Señales asignadas a módulo DI*

TAG	DESCRIPCION	SEÑAL	MODULO
XS-020	Avisador Motogeneradores	DI	(3) GuardPLC 16_8 DC In_Out 2 DI16 LC
XS-001A	Status Bomba Principal #1	DI	
XS-002A	Falla Bomba Principal #1	DI	
XS-003A	Manual Bomba Principal #1	DI	
XS-004A	Neutro Bomba Principal #1	DI	
XS-005A	Status Bomba Jockey #1	DI	
XS-006A	Falla Bomba Jockey #1 (Guardamotor)	DI	
XS-007A	Falla Bomba Jockey #1 (Térmico)	DI	
XS-001B	Status Bomba Principal #2	DI	
XS-002B	Falla Bomba Principal #2	DI	
XS-003B	Manual Bomba Principal #2	DI	
XS-004B	Neutro Bomba Principal #2	DI	
XS-005B	Status Bomba Jockey #2	DI	
XS-006B	Falla Bomba Jockey #2 (Guardamotor)	DI	
XS-007B	Falla Bomba Jockey #2 (Térmico)	DI	
-	NADA	DI	

*Nota. Conjunto de señales digitales de entrada, asignadas al módulo DI 16*

**Tabla N°4**

*Señales asignadas a módulo DO*

NOMBRE	DESCRIPCION	SEÑAL	MODULO
XA-003	Señalización sonora Sala	DO	(4) GuardPLC 16_8 DC In_Out_3 DO8 03
XA-004	Sirena y Baliza Motocompresores	DO	
XA-005	Baliza Compresor de Frio	DO	
XA-006	Baliza Motogenerador	DO	
SV-001	Activación Solenoide Válvula de Diluvio VD-001	DO	
ESD-MC-01A	Paro Compresor GN 01A	DO	
ESD-MC-01B	Paro Compresor GN 01B	DO	
ESD-MC-02A	Paro Compresor GN 02A	DO	

*Nota. Conjunto de señales digitales de salida, asignadas al módulo DO 8*

### 3.3 Ingeniería inversa para la construcción de la matriz causa-efecto.

Se interpreta la configuración proporcionada por la empresa contratante y se comienza a construir la matriz causa-efecto del sistema, contrastando con la lista de señales entregada.

La matriz tiene en su eje en su eje vertical todas las Entradas (AI,DI) – **Causas** y en su eje longitudinal todas las Salidas (DO) - **Efectos** .

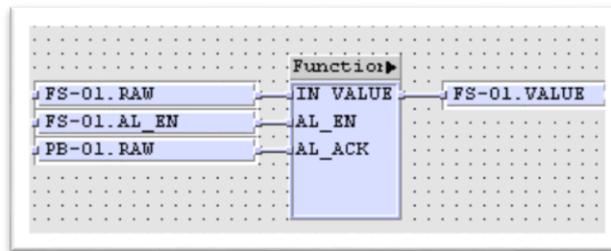
El procedimiento realizado consiste en identificar las entradas y avanzar en el flujo de las mismas en la programación, para obtener la información de cómo eran tratadas, cuál era el destino y el objetivo de cada una de ellas.

Como ejemplo, se toma un detector de llama **FS-01** localizado en la zona de los moto compresores. La señal del mismo es una **DI**, asignada al módulo PLC MI 24/8.

En primer lugar, ingresa la señal de campo (proveniente del instrumento) a un bloque tratamiento llamado *Function*. Este bloque, tras procesar la señal, entrega el valor correspondiente **FS-01. VALUE**.

Figura N°12

Ingreso de la señal de campo



*Nota.* Ubicación N°1, ingreso de la señal de campo FS-01.RAW al bloque Function.

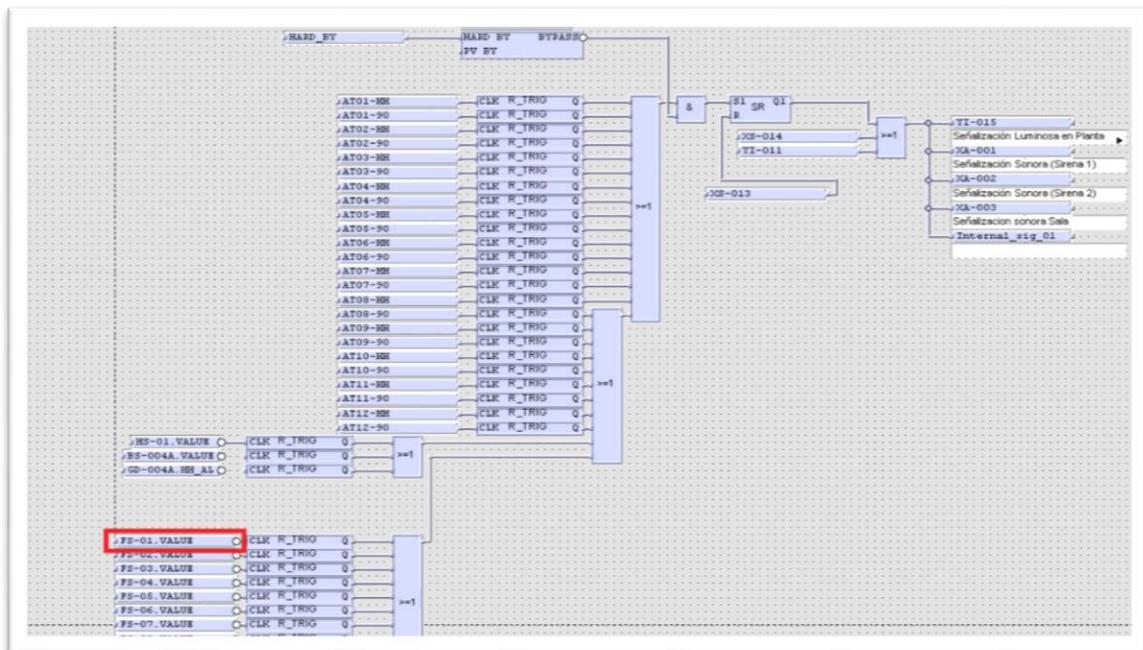
FS-01.VALUE es recibida por 3 lógicas diferentes:

En primer lugar, llega a un resumen de señales que activan señalizaciones luminosas y sonoras.

Este resumen se genera mediante una función lógica  $\geq 1$  (OR), que agrupa todas las señales correspondientes a detectores de llama.

Figura N°13

Activación de señales luminosas y sonoras

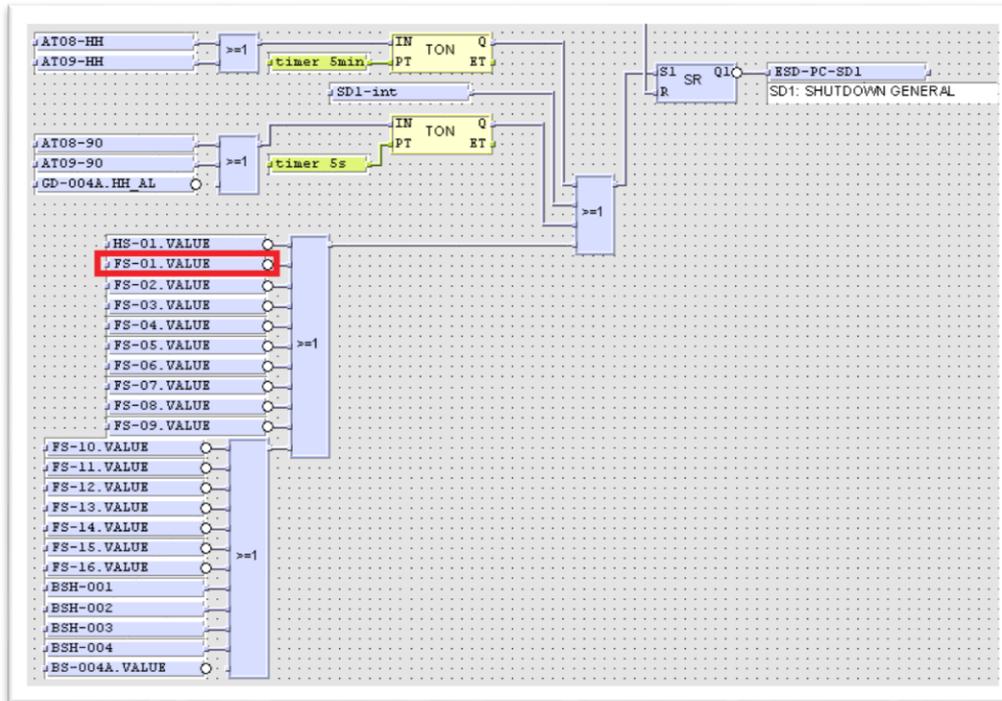


*Nota.* FS-01.VALUE llega a una función lógica  $\geq 1$  (OR), vinculada a la activación de señalizaciones

En segundo lugar, llega a un resumen de señales que producen la activación de la señal digital de salida **DO, ESD-PC-SD1**: shutdown general de la planta.

Figura N°14

Resumen de señales que producen SD1

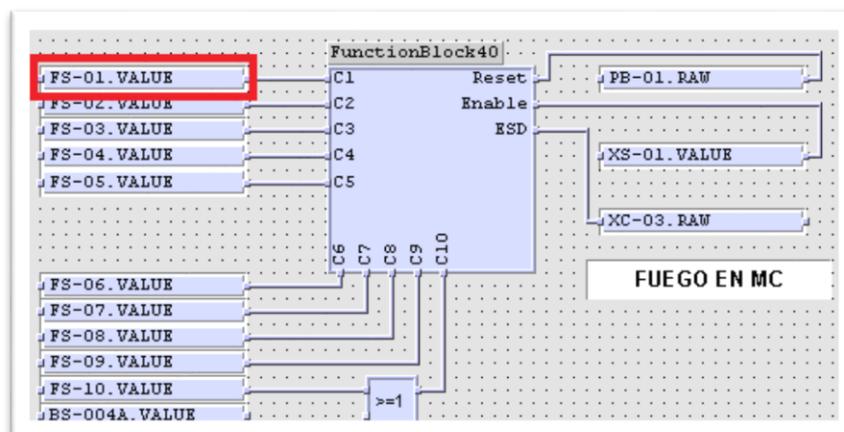


*Nota.* FS-01.VALUE llega a una función lógica  $\geq 1$  (OR), vinculada a la activación de SD1

Por último, llega a un resumen de señales provenientes de detectores de llama. Este resumen es realizado con el bloque lógico, *FunctionBlock40*. El mismo, produce la activación de la señal digital de salida **DO: XC-03: Fuego en MC**.

Figura N°15

Activación de fuego en motocompresores



*Nota.* Resumen de señales provenientes de detectores de fuego, localizados en motocompresores



Figura N°19

Activaciones 4 en MCE

N°	TAG Instrumento	TAG Señal	Señalización de Falla	Señalización de Falla	Señalización de Falla	Señalización de Falla	Testigo Falla de Sistema	Alarma General	Falla de Instrumento	Testigo Bypass	Señalización Luminica	Señalización Luminosa en
			YI-002A	YI-002B	YI-004A	YI-004B	YI-010	YI-011	YI-012	YI-013	YI-014	YI-015
4	FS-01.VALUE											E

*Nota.* Recorte de MCE, encuadrando un efecto producido por la causa FS-01.VALUE

Como se puede apreciar, la activación del Detector de llama que produce la señal FS-01.VALUE produce la activación de las salidas:

- **ESD-SDI:** Shutdown General
- **XA-001:** Señalización sonora, Sirena 1
- **XA-002:** Señalización sonora, Sirena 2
- **XA-003:** Señalización sonora, Sirena Sala
- **XA-004:** Sirena y Baliza Moto compresores
- **XA-005:** Baliza Compresores de frio
- **XA-006:** Baliza Moto generadores
- **XC-03:** Fuego en Moto generadores
- **YI-011:** Alarma General
- **YI-015:** Señalización Luminosa en Planta

Siguiendo esta lógica, se completa la matriz Causa-efecto analizando cada una de las señales existentes.

Se puede apreciar que en la MCE tenemos tanto E (energiza) y DE (des energiza), esto se debe a que por razones de seguridad hay determinados instrumentos a los que les llega constantemente un "1" lógico. Esta medida es muy efectiva, ya que en casos de que se corte la señal o tengamos algún tipo de problema, va a cambiar el estado y se van a producir las medidas asociadas al mismo. Por otro lado, si estuviera permanentemente

des energizado o le llegara un "0" lógico, en caso de que se interrumpa la señal o se produjera un problema con la transmisión de la misma, no se percibiría la situación.

### **3.4 Construcción del nuevo tablero según requerimientos y normativas.**

El nuevo tablero del sistema de control se construyó para satisfacer íntegramente las necesidades del sistema de control F&G en base a las normativas y estándares exigidos:

- Estándar Técnico A: Diseño de tableros de baja tensión.
- Estándar Técnico B: Sistemas de seguridad
- Estándar Técnico C: Construcción de tableros de sistemas de control
- Estándar Técnico D: Sistemas de alimentación para sistemas de control
- Estándar Técnico E: Sistemas de alimentación para sistemas contra incendio
- Estándar Técnico F: Interface con equipo eléctrico
- Estándar Técnico G: Generalidades de un sistema de control distribuido

Se consideraron las siguientes características constructivas para el gabinete de F&G, donde se destacan los siguientes aspectos:

#### **Entradas Digitales:**

- Pulsadores: Reset, Silenciar y Test de Señalizaciones Lumínicas y Sonoras
- Pulsador Golpe de Puño: Aviso de Incendio
- Llaves: Habilitación de Bypasses para Sensores de Llama y Mezcla Explosiva
- Switch: Apertura de Puerta
- Señales de Sistema de Respaldo: Activo, Baterías en Carga, Falla de UPS, Falla de Módulo de Redundancia, Falla de Alimentación Sirena de Gran Alcance.

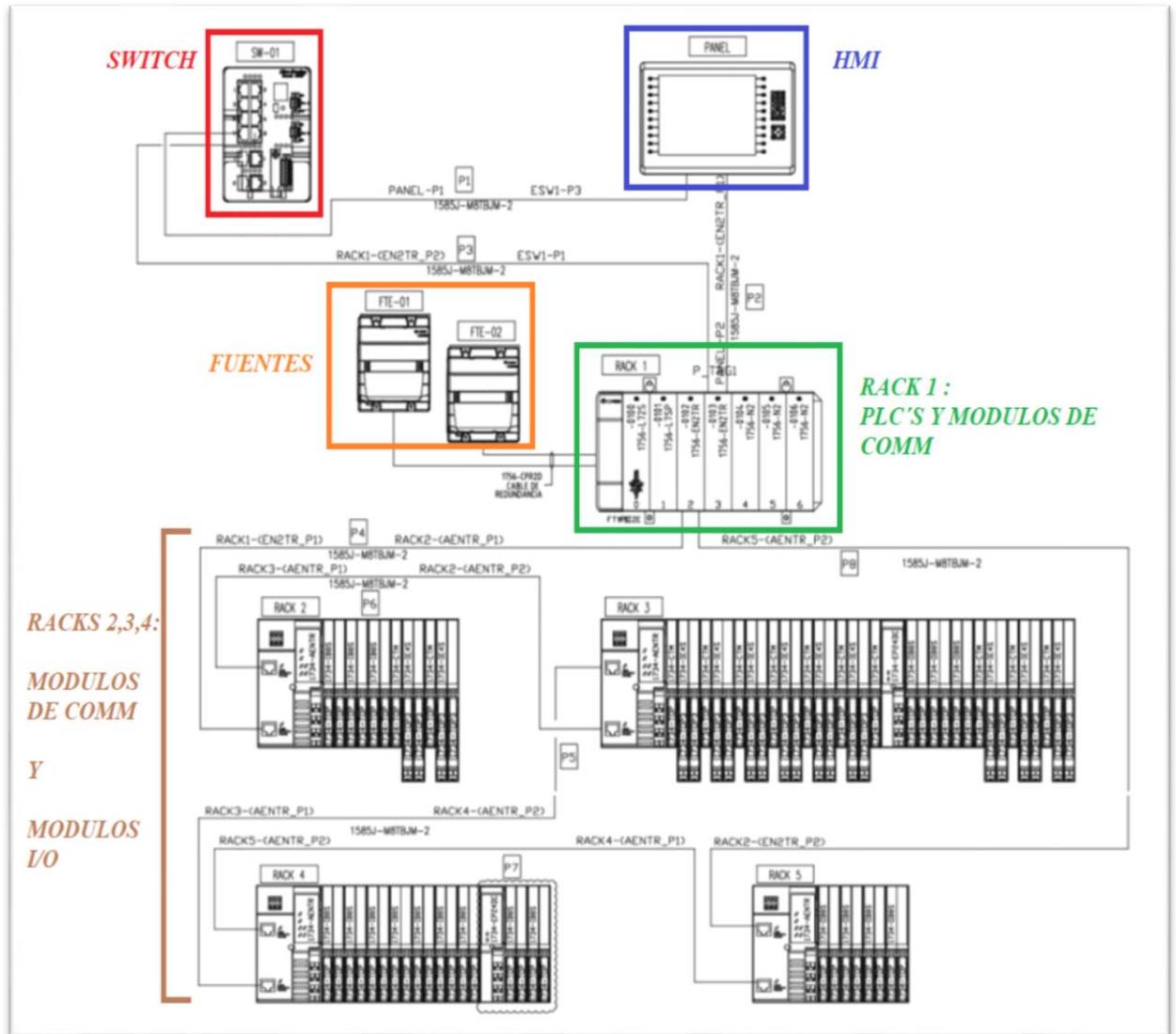
#### **Salidas Digitales:**

- Ojos de Buey: Ocho (8), para indicación en puerta de gabinete de distintas condiciones de estado, como son:
  - a. Sistema Normal
  - b. Enclavamiento Presente
  - c. Presencia de Mezcla Explosiva
  - d. Detección de Incendio (o Humo)
  - e. Activación de Pulsadores
  - f. Resumen de Fallas
  - g. Resumen de Bypass
  - h. Activación de Sistema de Respaldo

A Continuación, se presenta la estructura de control desarrollada para este caso:

Figura N°20

Estructura de control y conexionado

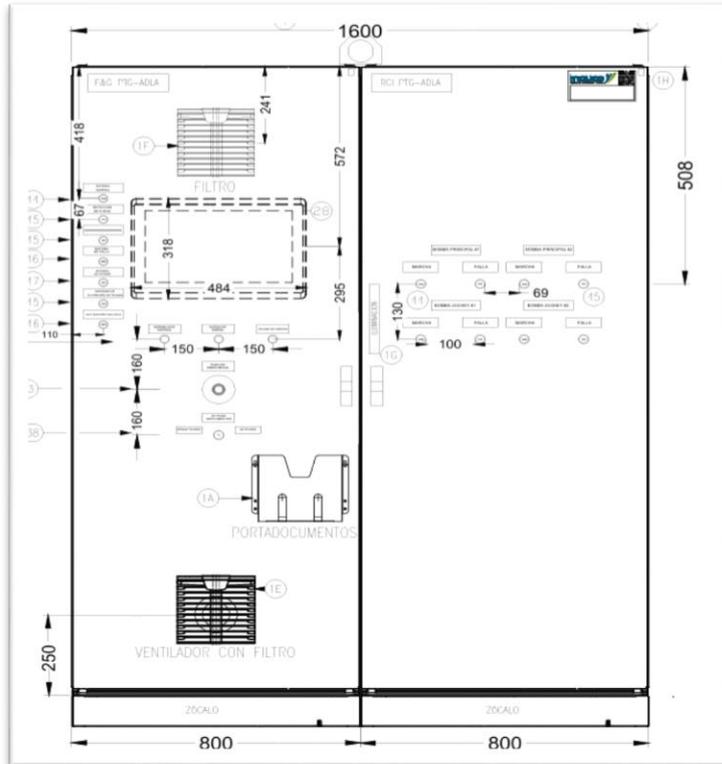


Nota. Detalle de las partes de la estructura de control y su conexionado.

Por último, el diseño final del tablero:

**Figura N°21**

*Vista externa tablero de control F&G (Frente)*



*Nota. Esquema de las partes del frente del tablero con dimensiones*

**Figura N°22**

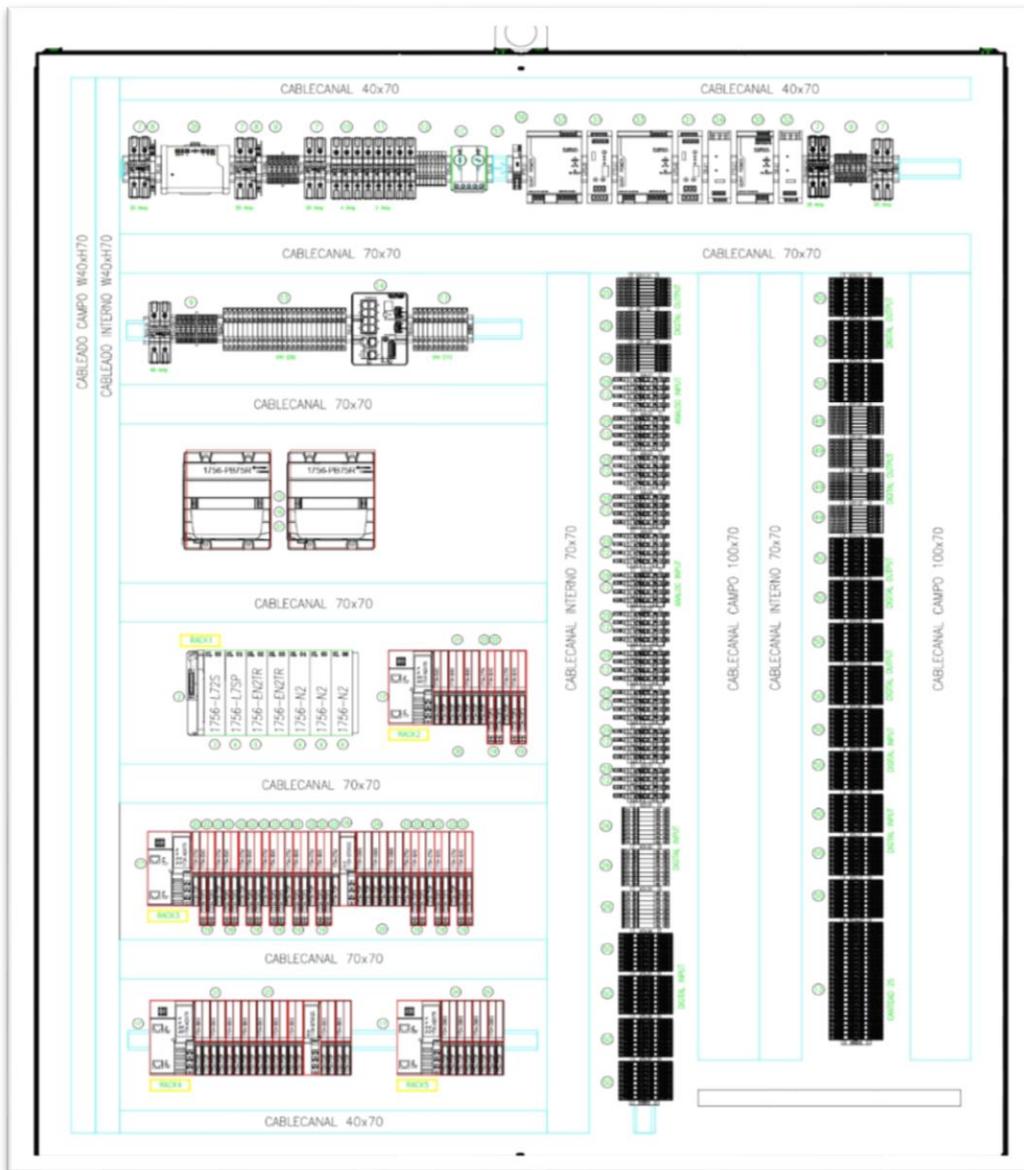
*Vista externa tablero de control F&G (Lateral)*



*Nota. Esquema de los laterales del tablero con dimensiones*

Figura N°23

Vista interna de tablero de control F&G



*Nota. Esquema interno del tablero de control F&G*

Se anexa lista de materiales necesaria para la construcción del mismo.

### 3.5 Nueva programación del sistema de control con el software STUDIO 5000.

Una vez realizada la matriz causa-efecto y verificada por la empresa contratante, se procedió a realizar la nueva configuración en el software **STUDIO 5000**. La cual se desarrolló con los siguientes métodos:

- Ladder
- Bloques

Para llevarla a cabo, se utilizó de la siguiente información:

- Matriz Causa-Efecto
- Lista de señales
- Lista de instrumentos
- Lista de asignaciones
- Filosofía Operativa de la planta
- P&ID (Piping and Instruments diagram)
- Arquitectura de control
- Diagrama de conexionado
- Diagrama topográfico

Se utilizaron los siguientes estándares para la nueva configuración del sistema control F&G:

**CFG PLC 000:** DESARROLLO STD FYG

**CFG PLC 001:** ARQUITECTURA AOI STD FG

**CFG PLC 002:** ENTRADA DIGITAL DE UN CANAL

**CFG PLC 003:** ENTRADA DIGITAL DE DOS CANALES

**CFG PLC 004:** ENTRADA ANALÓGICA DE F&G

**CFG PLC 005:** SALIDA DIGITAL

**CFG PLC 006:** SALIDA DIGITAL CON REALIMENTACIÓN DE ESTADO

**CFG PLC 007:** APLICACIÓN MUESTRA STD FG

#### 3.5.1 Puntos importantes:

##### *Tratamiento de Señal:*

Independientemente del tipo de señal, entrada o salida, digital o analógica, el tratamiento refiere al procesamiento de una señal cruda de campo para obtener una señal de trabajo. Esto incluye:

- Detección de activación de acuerdo a valor normal
- Escalado
- Filtros
- Histéresis

##### *Enclavamientos:*

La función principal del componente Safety es la generación o respuesta a enclavamientos. Esto incluye:

- Seteos de enclaves.
- Bypass: Todos los bloques ofrecen dos posibilidades de Bypass, Operativo (BPO) y por mantenimiento (BPM)

### *Señalizaciones Específicas*

Los bloques de entrada emiten las señales de activación para completar la lógica de seguridad. Estas señales incluyen:

- Ojos de Buey
- Sirenas
- Resúmenes: Falla, Bypass
- Alarmas

**Alarmas:** Todos los bloques de control programados en el sistema de automatización están equipados para señalar diversas condiciones de alarma mediante el uso de banderas específicas que representan diferentes situaciones operativas o de fallo. Estas banderas permiten una identificación clara y rápida del tipo de evento que afecta el proceso. Los tipos de alarmas más comunes son:

1. **Alarma de Señal:** Esta alarma se activa cuando la señal que llega desde un sensor o dispositivo de campo está fuera del rango operativo normal. Por ejemplo, si un transmisor envía un valor que excede el límite máximo configurado, el bloque correspondiente señalará esta condición mediante una bandera que indique una anomalía en la señal. Estas alarmas son esenciales para asegurar que el proceso funcione dentro de los parámetros definidos y evitar daños al equipo o condiciones inseguras.
2. **Falla I/O (Entrada/Salida):** Los bloques de control monitorean continuamente la integridad de las conexiones de E/S (entradas y salidas). Una **falla de I/O** puede indicar un problema con el cableado, una desconexión física, o una tarjeta de E/S defectuosa. En estos casos, el sistema activa una bandera de alarma que alerta al operador sobre una interrupción en la comunicación entre el PLC y los dispositivos de campo, lo que podría comprometer la operación del proceso.
3. **Falla de Señal:** Esta alarma se genera cuando la señal de entrada de un dispositivo, no está disponible o es inexistente. Por ejemplo, si un sensor no transmite ninguna señal debido a un fallo en el dispositivo o en el cableado, se activará una bandera de **falla de señal**. Esta alarma es crítica para identificar sensores defectuosos o desconectados, permitiendo la acción inmediata para evitar que el proceso opere con datos incorrectos o incompletos.

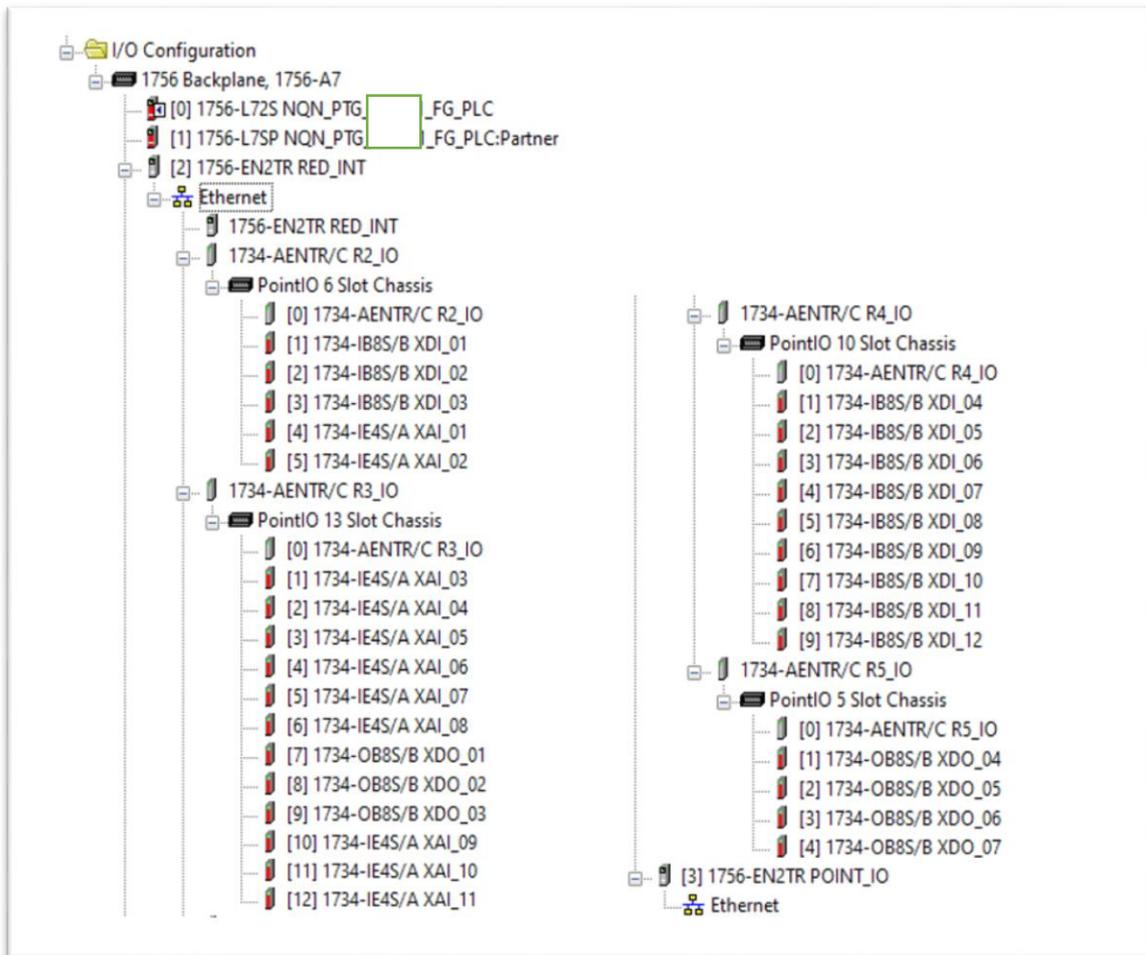
### **3.5.2 Estructura de control**

Comencé la misma añadiendo la estructura de control, siguiendo la ingeniería realizada, compuesta por:

- **PLC:** 1756-L72S y **PLC Safety:** 1756-L72P
- **5 módulos de comunicación:** 1756-EN2TR
- **11 módulos de entradas Analógicas (AI):** 1734-IE4S
- **12 módulos de entradas Digitales (DI):** 1734-IB8S
- **7 módulos de Salidas Digitales (DO):** 1734-OB8S

Figura N°24

Árbol de control



*Nota. Detalle del árbol de control en el entorno del software STUDIO 5000*

### 3.5.3 Asignación de instrumentos

Para estar en línea con los estándares de configuración mencionados en 3.5, se crearán vectores, los cuales se identificarán con los siguientes parámetros y estarán estructurados de la siguiente manera:

**(Tipo de instrumento) \_ (Zona en la que está ubicado) \_ (Tipo de tag)**

EJ: **BT\_Z1**: Detector de llama, ubicado en Zona 1

Debe crearse un arreglo de tamaño 7 con las variables indicadas en la figura N°25.

Se crearán los tags de trabajo para todos los instrumentos, salidas y señales de estados.

Figura N°25

Arreglo de Tags

Name	Alia	Ba	Data Type	Class
+ BT_Z1			FG_Hmi[13]	Standard
+ BT_Z1_NFB			AI_FG_Std[...]	Standard
+ BT_Z1_SFB			AI_FG_Sty[...]	Safety
+ BT_Z1_SI			AIFG_In[13]	Safety
+ BT_Z1_SI_N			AIFG_In[13]	Standard
+ BT_Z1_SO			AIFG_Out[13]	Safety
+ BT_Z1_SO_N			AIFG_Out[13]	Standard

*Nota.* Arreglo de Tags para detectores de llama

### 3.5.4 Creación de Rutinas Estándar:

Se realizan diferentes subrutinas, dependiendo de:

#### Entradas:

- Zona (Z1, Z2, etc.)
- Tipo de equipo (Ej.: Bombas)
- Instrumento (Llama, Mezcla, Humo)
- Estados de equipos

#### Sistema:

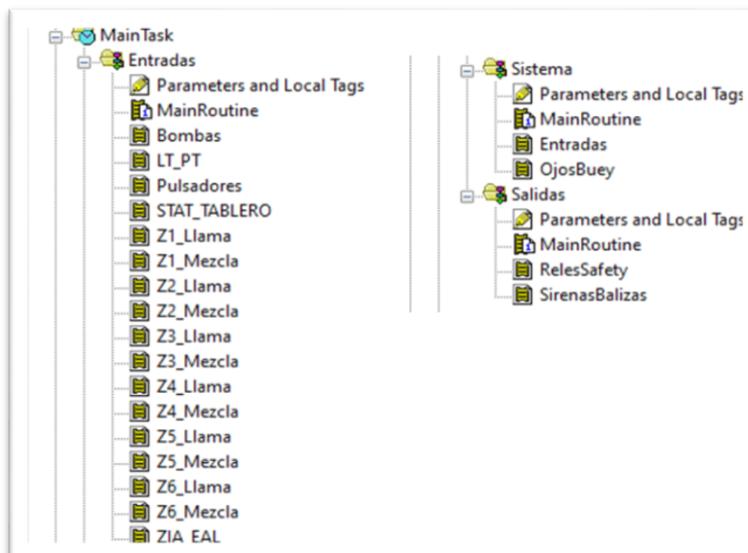
- Entradas de elementos del tablero
- Ojos de buey

#### Salidas:

- Relés Safety (activaciones producidas por alguna causa definida en MCE)
- Sirenas Balizas

Figura N°26

Rutinas Estándar



*Nota.* Detalle de subrutinas estándar, dependiendo de la zona y su función

### 3.5.5 Rutinas Safety:

Se crean diferentes subrutinas, dependiendo de:

#### Entradas:

- Zona (Z1, Z2, etc.)
- Tipo de equipo (Ej.: Bombas)
- Instrumento (Llama, Mezcla, Humo)
- Estados de equipos

#### Sistema:

- Entradas de elementos del tablero
- Ojos de buey

#### Salidas:

- Relés Safety (activaciones producidas por alguna causa definida en MCE)
- Sirenas Balizas

#### Comandos:

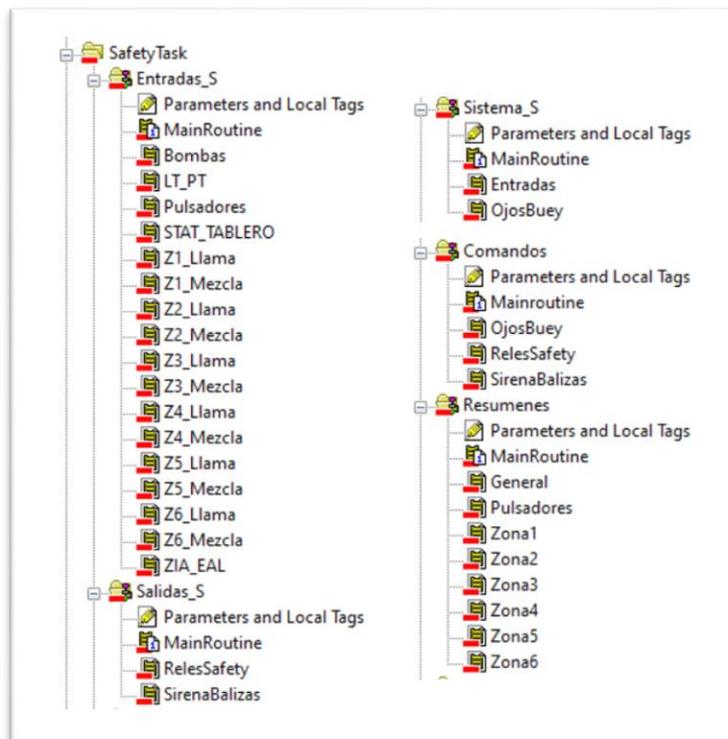
- Se agrupan los resúmenes de activaciones de causas, como se puede apreciar en la siguiente figura.

#### Resúmenes:

- Se realiza un resumen de activaciones por tipo de instrumento y por zona.

Figura N°27

Árbol de rutinas y subrutinas safety



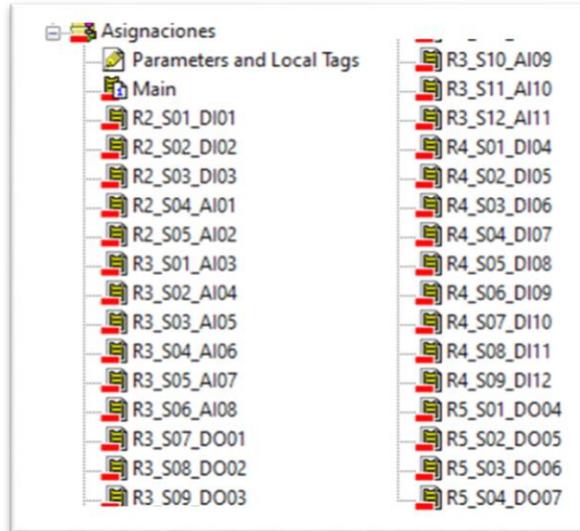
*Nota.* Detalle de subrutinas safety, dependiendo de la zona y su función

### 3.5.6 Asignaciones:

En la parte de seguridad se realizan las asignaciones de cada una de las señales a los canales correspondientes, lo cual fue definido previamente en la lista de asignaciones.

Figura N°28

Rutina asignaciones



*Nota.* Detalle subrutinas de asignaciones por módulos

En la siguiente figura podemos apreciar la manera en que se configura una señal en los canales:

Figura N°29

Asignación ejemplo de una señal



*Nota.* Se muestra la Asignación puntual de FS-05, al Rack 4 – Slot 1, Puerto N°2

En el canal se asigna en **Status** el status del canal en este caso FS\_05\_Status, y en **Data** se asigna la señal de campo proveniente del instrumento. De la misma manera, se realizó con la señal de falla del mismo instrumento.

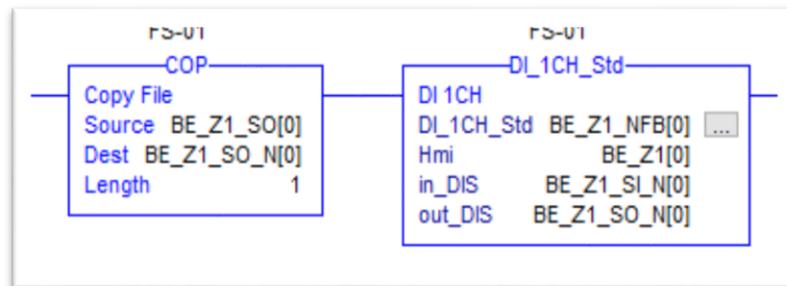
Esto se repite con cada una de las señales correspondientes al sistema de control.

### 3.5.7 Tratamiento de señales:

Como se mencionó anteriormente, el tratamiento de las señales para convertirlas en señales de trabajo es crucial en la programación, porque elimina el ruido y mejora la precisión de los datos. Esto permite una linealización y escalado adecuados, facilitando la interpretación y el uso efectivo de las señales en el control del proceso. Además, ayuda a detectar fallos en sensores, garantizando un funcionamiento seguro y confiable.

**Figura N°30**

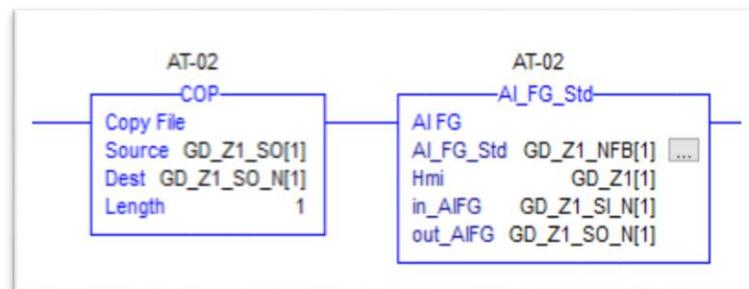
*Tratamiento de una señal digital de entrada*



**Nota.** Tratamiento de señal de entrada, de un detector de llama localizado en Zona 1.

**Figura N°31**

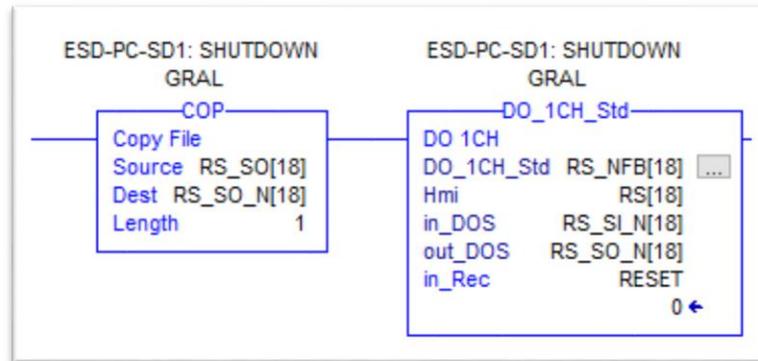
*Tratamiento de una señal analógica de entrada*



**Nota.** Tratamiento la señal analógica de entrada, de un detector de llama localizado en Zona 1.

Figura N°32

Tratamiento de una señal digital de salida



*Nota.* Tratamiento la señal digital de salida SD.

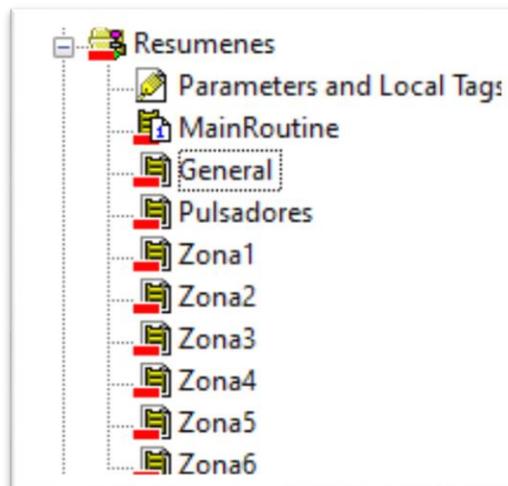
### 3.5.8 Resúmenes

Los resúmenes agrupan todas las activaciones correspondientes a una zona en particular y/o equipos.

Realizar resúmenes de rutinas por zonas en un sistema de control F&G es importante porque facilita la gestión de las variables y permite una identificación rápida y precisa de alarmas y eventos en zonas específicas.

Figura N°33

Resúmenes por zonas

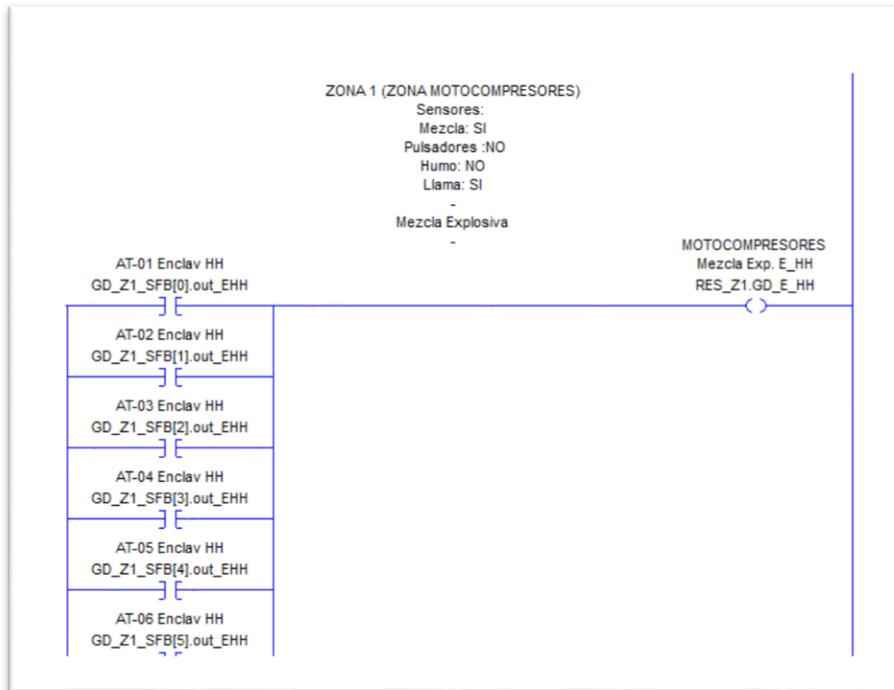


*Nota.* Detalle de subrutina Resúmenes

Como se puede observar en la figura N°34, se presenta un resumen de los detectores de mezcla explosiva correspondientes a la zona 1 – Moto compresores. Se muestran las causas por las que los detectores de mezcla explosiva activan el enlace, en este caso, Alto Alto (HighHigh).

Figura N°34

Resumen Zona 1 – Moto compresores

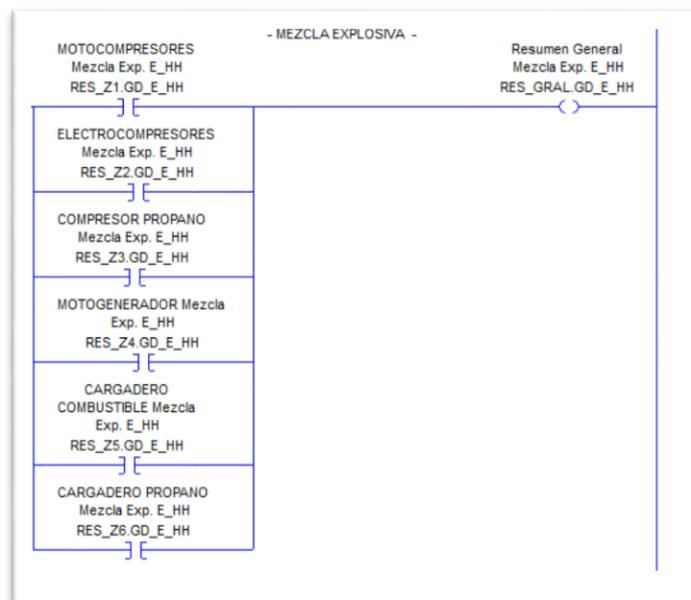


*Nota.* Detalle del resumen de activaciones por mezcla explosiva de Zona 1 –moto compresores

Se realizaron resúmenes para todas las zonas de la planta, además de una zona particular para los pulsadores y un resumen general, el cual engloba las activaciones de todas las zonas.

Figura N°35

Resumen general de zonas por Mezcla explosiva



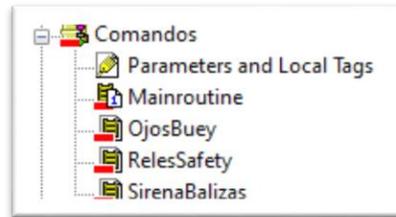
*Nota.* Resumen general de activaciones por zonas (activación por HH de detectores de Mezcla explosiva)

### 3.5.9 Comandos

Concluidos los resúmenes, el último paso consiste en establecer los vínculos lógicos de comando. Son tres (3) categorías: Ojos de Buey, Relés Safety y Sirenas Balizas.

**Figura N°36**

*Subrutinas de comandos*



*Nota. Detalle de las Subrutinas de comandos.*

#### Ojos de Buey:

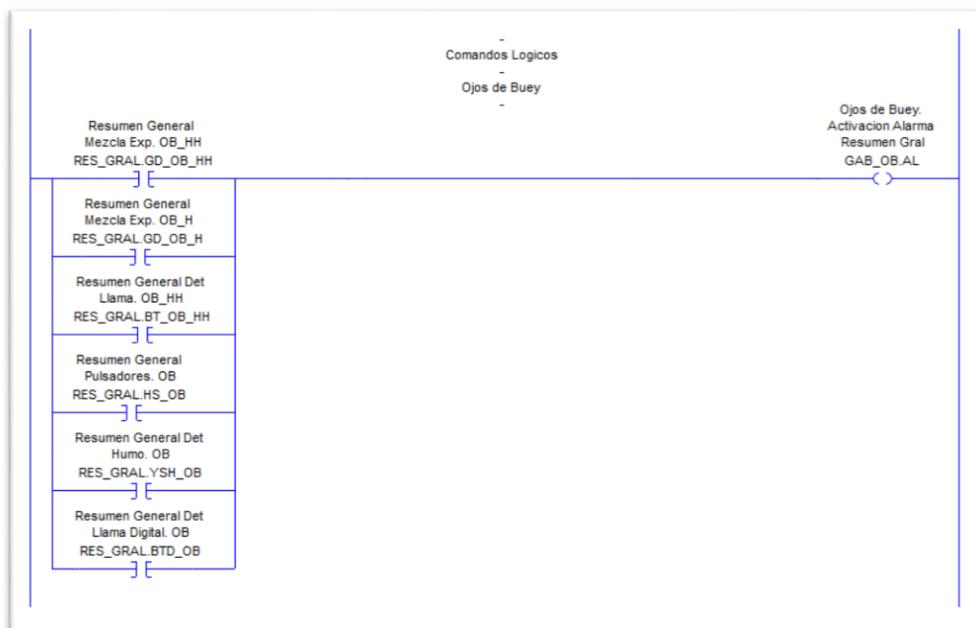
En la rutina “Ojos Buey” se realizan las sumas de condiciones con las que se decide activar cada una de las señalizaciones lumínicas del frente del tablero.

Las mismas son:

- Activación de alarma.
- Detección de mezcla.
- Detección de fuego.
- Activación pulsador.
- Falla de instrumento.
- Bypass activado.
- Sistema Normal.

**Figura N°37**

*Subrutina de activación de ojos de buey*



*Nota. Detalle de diferentes activaciones de ojos de buey*

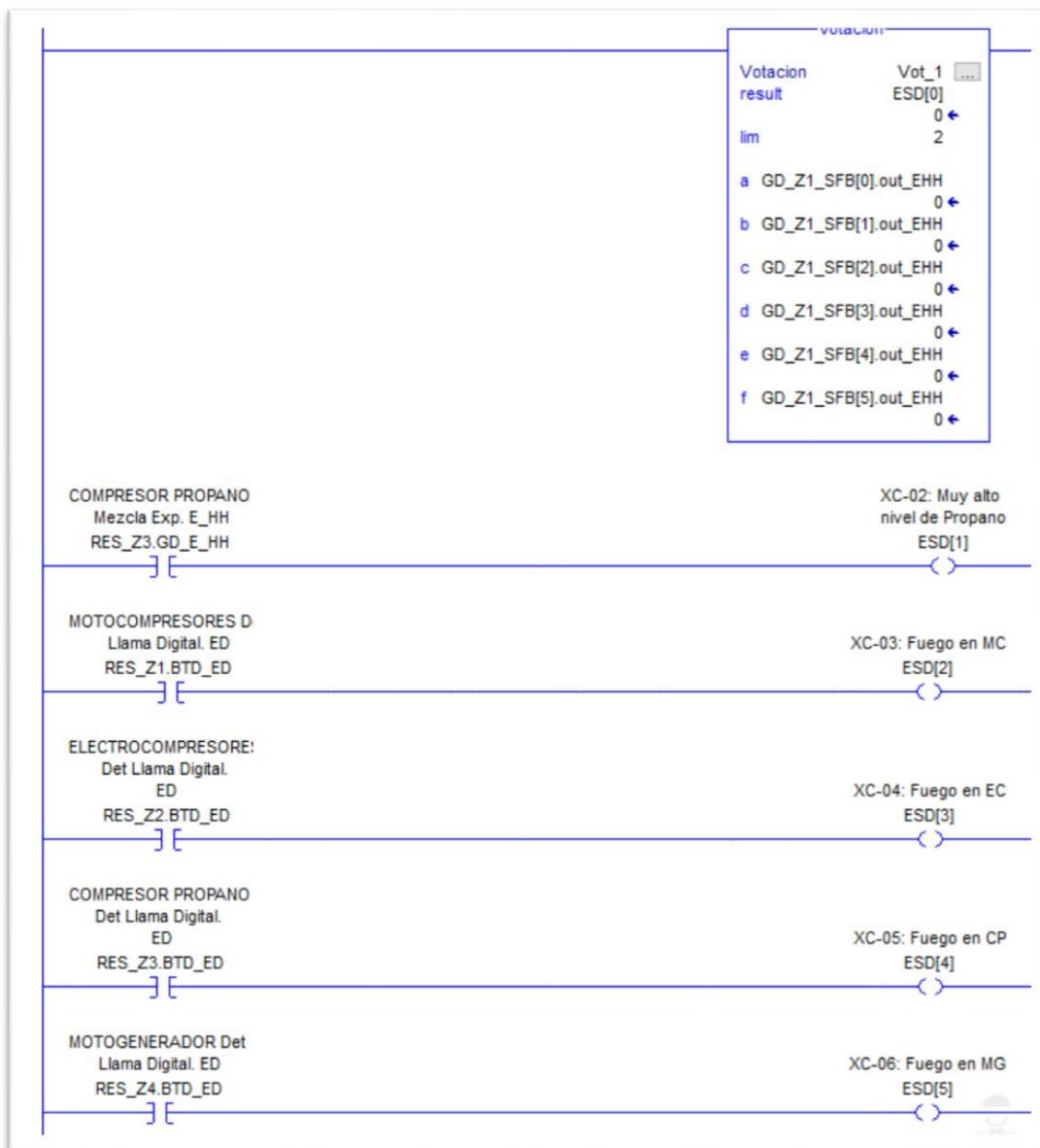
Además, debido a la presencia de la red contra incendios, se cuenta con ojos de buey que indican el estado de marcha y la falla de las bombas jockey.

### Relés safety:

Los relés safety o relés de seguridad, son una parte fundamental del sistema, ya que se encargan de realizar los paros de emergencia de equipos o en el peor de los casos, de la planta, cuando se cumplen las causas necesarias para sus activaciones.

Figura N°38

Subrutina de activación de relés safety



*Nota.* Detalle de subrutina de activación de relés safety por llama y mezcla en diferentes equipos.

Se puede observar cómo el resumen de detectores de llama de zona 2, me produce la activación del relé safety XC-03: Fuego en moto compresores.

**Sirena-Balizas:**

Las sirenas y balizas son dispositivos de señalización críticos en los sistemas de seguridad.

Las sirenas emiten señales sonoras fuertes y distintivas para alertar a los trabajadores de situaciones de emergencia, como incendios, fugas de gas u otros peligros. Estas alertas sonoras aseguran que las personas en el área afectada puedan reaccionar rápidamente, ya sea evacuando el lugar o tomando las medidas de protección necesarias.

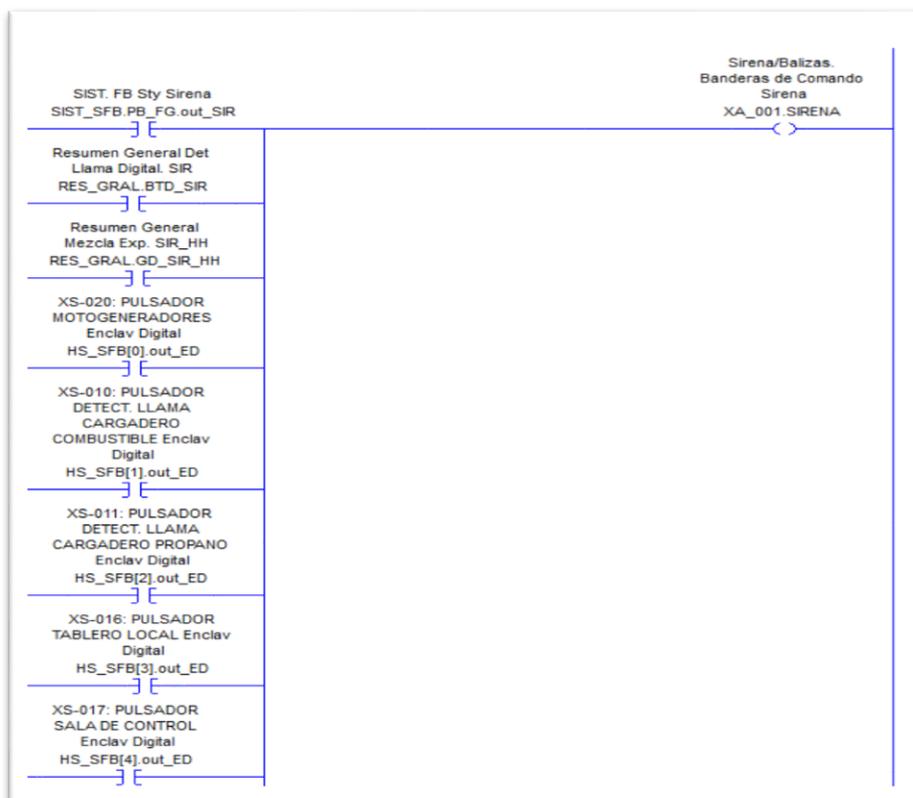
Las balizas emiten señales visuales, como luces intermitentes de colores brillantes, para complementar las alertas sonoras de las sirenas. Las balizas son especialmente útiles en entornos ruidosos donde las señales sonoras pueden no ser suficientes o en situaciones donde se requiere una indicación visual clara de una emergencia.

En conjunto, sirenas y balizas proporcionan una alerta integral y efectiva, mejorando la seguridad y la capacidad de respuesta en situaciones de emergencia industrial.

En este caso, se configuraron las activaciones de 6 sirenas-balizas, con sus correspondientes causas detalladas en la matriz causa-efecto.

**Figura N°39**

*Subrutina de activación de sirenas-balizas*



**Nota.** Conjunto de causas que producen la activación de la sirena XA\_001.

### 3.5.10 Escalado y alarmas de transmisores.

Por último, se configuran todos los transmisores correspondientes al sistema de control F&G, según la filosofía de control de la planta.

Se ejemplificará con un detector de mezcla explosiva:

Se configuran los valores de Muy Alto (HH) y Alto (H) deseados, en este caso se utilizó:

**GD\_Z3[0].AIS.Cfg.SPHH= 60 %** *Set Point para el enclave/alarma de Muy Alto.*

**GD\_Z3[0].AIS.Cfg.SPH= 20 %** *Set Point para el enclave/alarma de Alto.*

Escalamos el valor de la variable de proceso en %, y le configuramos que pueda operar en el rango de 0 a 100% en los parámetros:

**GD\_Z3[0].AIS.Cfg.PV.SPH= 100%**

**GD\_Z3[0].AIS.Cfg.PV.SPL= 0%**

Se configura el rango en el que va a trabajar el transmisor, en este caso, al ser un instrumento analógico, se configuran sus set point de 4ma a 20 ma.

**GD\_Z3[0].AIS.Cfg.CV.SPH= 20000**

**GD\_Z3[0].AIS.Cfg.CV.SPL= 4000**

Habilitamos que este instrumento produzca un enclave por detección de alto y altoalto nivel de mezcla explosiva.

**GD\_Z3[0].AIS.Cfg.EH.HAB= 1**

**GD\_Z3[0].AIS.Cfg.EHH.HAB= 1**

Finalmente, se establece el preset de las alarmas por detección de alto y altoalto nivel de mezcla explosiva.

**GD\_Z3[0].AIS.Cfg.AH.KX= 1**

**GD\_Z3[0].AIS.Cfg.AHH.KX= 1**

#### Figura N°40

*Parámetros de detectores de mezcla explosiva*

+ GD_Z1[0].AIS.Cfg.AF_KX	2000
- GD_Z1[0].AIS.Cfg.AF_SPH	20000.0
- GD_Z1[0].AIS.Cfg.AF_SPL	0.0
+ GD_Z1[0].AIS.Cfg.AH_KX	2000
+ GD_Z1[0].AIS.Cfg.AHH_KX	2000
- GD_Z1[0].AIS.Cfg.CV_SPH	20000.0
- GD_Z1[0].AIS.Cfg.CV_SPL	4000.0
- GD_Z1[0].AIS.Cfg.DB	1.0
- GD_Z1[0].AIS.Cfg.EH_Hab	1
- GD_Z1[0].AIS.Cfg.EH_XR_Auto	0
- GD_Z1[0].AIS.Cfg.EHH_Hab	1
- GD_Z1[0].AIS.Cfg.EHH_XR_Auto	0
- GD_Z1[0].AIS.Cfg.PV_SPH	100.0
- GD_Z1[0].AIS.Cfg.PV_SPL	0.0
- GD_Z1[0].AIS.Cfg.SPH	20.0
- GD_Z1[0].AIS.Cfg.SPHH	60.0
- GD_Z1[0].AIS.Cfg.YF_Enc	0
+ GD_Z1[0].AIS.OCmd	{...}
+ GD_Z1[0].AIS.Out	{...}
+ GD_Z1[0].ALM	{...}
+ GD_Z1[0].DESC	'Mezcla Explosiva en MC 01A'
+ GD_Z1[0].EU	'E'
+ GD_Z1[0].TAG	'AT-01'
+ GD_Z1[0].TIPO	2

*Nota. Configuración de parámetros de un detector de mezcla explosiva localizado en Zona 1.*

### 3.5.11 Simulación

Se logró simular la nueva configuración, en un entorno de prueba, lo que permitió identificar y corregir errores lógicos y de programación que causaban fallos en el sistema y provocaban que este no se comportara o reaccionara como se esperaba. Dado que es fundamental garantizar su correcto funcionamiento en diversas condiciones, se realizaron ajustes para mejorar la eficiencia y el rendimiento del sistema. Estos cambios se implementaron antes de presentarlo al personal correspondiente durante la FAT, asegurando así que cumpliera con los requisitos establecidos.

### 3.6 Programación del HMI con utilización de bloques, formato y estándares.

La programación de las pantallas se realizó con el software **FactoryTalk View v13**.

El primer paso para diseñar las pantallas para el HMI fue comprender quienes iban a ser los usuarios, cuáles eran sus objetivos, tareas y preferencias, y cómo interactuarán con el sistema de control. Se consideró el nivel de experiencia, la carga cognitiva y la capacidad de atención del usuario, y se diseñó el HMI en consecuencia.

El estándar de diseño utilizado, brinda información sobre:

- Tipos de bloques
- Enclavamientos
- Alarmas
- Pantallas
- Usuarios
- Displays
- Botoneras
- Resúmenes
- Sirenas
- Instrumentos
- ESD
- Código de colores

En este caso, el personal de la planta llevaba muchos años en la misma y fue de su preferencia un interfaz que fuera lo más simple y gráfica posible. Además, se solicitaron diferentes niveles de acceso, que permitan realizar acciones, modificaciones o visualizar información dependiendo de los niveles de autoridad del operario.

Por lo tanto, se incluyeron ayudas visuales para mejorar la comunicación y la comprensión del estado, el comportamiento y el rendimiento del sistema de control. Se utilizaron gráficos, tablas, indicadores y animaciones para mostrar datos relevantes y significativos, como:

- Tendencias
- Patrones
- Desviaciones
- Alarmas

Además, se emplearon colores, formas, tamaños y contrastes, de acuerdo con el estándar de la empresa, para resaltar condiciones críticas o anormales y proporcionar comentarios y confirmación de las acciones del usuario.

También se priorizó la información y los controles más importantes y de uso frecuente, agrupándolos lógicamente y jerárquicamente con etiquetas, iconos e información clara y concisa para explicar el propósito y la función de cada elemento.

A continuación, se detallan las pantallas más importantes del HMI:

### 3.6.1 Pantalla de inicio

En la Figura N°41 Pantalla Inicio, se puede ver el estado general de los detectores en llama, detectores de mezcla explosiva y pulsadores de toda la planta.

En la parte superior de todas las pantallas del panel se encuentra una barra con la cual navegar por todas las pantallas existentes, además está el botón “LOGIN” donde se puede iniciar sesión con acceso de usuarios. En la parte inferior de la pantalla, podemos ver un banner de alarmas, donde cada reglón es una señal de alarma tipificada con:

1. Hora y Fecha en cual se generó la Alarma.
2. TAG de la alarma.
3. Descripción de la alarma.

**Figura N°41**

*Pantalla de Inicio*

INICIO		TABLERO		Sirena, Baliza, ESD		FUEGO		MEZCLA		PULSADOR		BOMBAS COMPRESORES		STATUS BOMBAS		STATUS BAT-FUENTE		?		LOGIN		User: sssssssssssss							
Det Llama Digital	ED	ZONA MC	ZONA EC	ZONA CP	ZONA MG	ZONA CARGADERO COMBUSTIBLE	ZONA CARGADERO PROPANO																						
	SIR	NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL																						
	OB	NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL																						
	F	NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL																						
	BPO	NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL																						
	BPM	NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL																						
	BP	NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL																						
															Pulsadores		ED	NORMAL											
Mezcla Exp.	E_HH	NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL																						
	E_H	NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL																						
	SIR_HH	NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL																						
	SIR_H	NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL																						
	OB_HH	NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL																						
	OB_H	NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL																						
	F	NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL																						
	BPO	NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL																						
	BPM	NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL																						
	BP	NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL																						
Mezcla Exp: E HH E H SIR HH SIR H OB HH OB H F BPO BPM														Pulsadores: ED SIR OB F BPO BPM				RESET		SILENCIAR									
Det Llama: ED SIR OB F BPO BPM				Det Humo: ED SIR OB F BPO BPM								TEST LAMPARAS																	
3/4/2022 17:52:42 ABCDE FGHIJK LMNOPQ RSTUV WXYZ ABCDE FGHIJK LMNOPQ RSTUV WXYZ																				HISTORIAL ALARMAS		3/4/2022 17:53:53							

*Nota. Detalle de Pantalla de Inicio con todas sus partes.*

### 3.6.2 Pantalla Tablero

En la Figura N°42 Pantalla tablero, se puede ver el estado general de todos los dispositivos asociados al tablero.

**Figura N°42**

*Pantalla Tablero*

INICIO	TABLERO	Sirena, Baliza, ESD	FUEGO	MEZCLA	PULSADOR	BOMBAS COMPRESORES	STATUS BOMBAS	STATUS BAT-FUENTE	LOGIN	User:DEFAULT	
<b>PUERTA DE TABLERO</b>											
PB-001	OK	NORMALIZAR SISTEMA				XS-001	OK	SISTEMA NORMAL			
PB-002	OK	SILENCIAR SIRENA				XS-002	OK	DETECCION DE FUEGO			
PB-003	OK	PRUEBA DE ALARMAS				XS-003	OK	DETECCION DE MEZCLA EXPLOSIVA			
RP-01	OK	RELE DE PUERTA				XS-004	OK	SISTEMA EN FALLA			
PB-004	OK	LLAVE DE BYPASS				XS-005	OK	BYPASS ACTIVADO			
PB-004	OK	LLAVE DE BYPASS				TM-220	OK	TERMICA EN POSICION OFF			
HS-001	OK	PARO DE EMERGENCIA					OK	Resumen de Alarmas			
Mezcla Exp: E HH E H SIR HH SIR H OB HH OB H F BPO BPM      Pulsadores: ED SIR OB F BPO BPM Det Llamo: ED SIR OB F BPO BPM      Det Humo: ED SIR OB F BPO BPM											
									HISTORIAL ALARMAS	12/4/2023 13:06:17	

*Nota. Detalle de Pantalla Tablero con todas sus partes.*

### 3.6.3 Pantalla Sirenas, Balizas, ESD

En la Figura N°43, se muestra el estado de las Sirenas, Balizas y los Enclaves ShutDown.

**Figura N°43**

*Pantalla Sirena, baliza, ESD*

INICIO	TABLERO	Sirena, Baliza, ESD	FUEGO	MEZCLA	PULSADOR	BOMBAS COMPRESORES	STATUS BOMBAS	STATUS BAT-FUENTE	LOGIN	User:DEFAULT	
<b>SIRENA BALIZA</b>											
XA-001	OK	Senalización Sonora (Sirena 1)				XC-01	OK	Alto Nivel de Mezcla Explosiva			
XA-002	OK	Senalización Sonora (Sirena 2)				XC-02	OK	Alto Nivel de Propano			
XA-003	OK	Senalización Sonora sala				XC-03	OK	Fuego en MC			
XA-004	OK	Sirena y Baliza Motocompresores				XC-04	OK	Fuego en EC			
XA-005	OK	Baliza Compresor de Frio				XC-05	OK	Fuego en CP			
XA-006	OK	Baliza Motogenerador				XC-06	OK	Fuego en MG			
YI-014	OK	Senalización Lumínica Act Vlvula de Diluvio VD-001				XC-07	OK	Aviso de Incendio por Pulsador			
YI-015	OK	Senalización Lumínica en Planta (Baliza)				SV-001	OK	Activación Solenoide Vlvula de Diluvio VD-001			
					ESD-PC-SD1	OK	SHUTDOWN GRAL				
Mezcla Exp: E HH E H SIR HH SIR H OB HH OB H F BPO BPM      Pulsadores: ED SIR OB F BPO BPM Det Llamo: ED SIR OB F BPO BPM      Det Humo: ED SIR OB F BPO BPM											
									HISTORIAL ALARMAS	12/4/2023 13:06:42	

*Nota. Detalle de Pantalla Sirena, baliza, ESD con todas sus partes.*

### 3.6.4 Pantalla Fuego

En la Figura N°44, se muestra los detectores de fuego de la locación, estando agrupados por zonas en sus respectivas sub-pantallas (Accesibles por a través de la botonera que se despliega en la parte superior de la pantalla).

**Figura N°44.**

*Pantalla Fuego*

INICIO	TABLERO	Sirena, Baliza, ESD	FUEGO	MEZCLA	PULSADOR	BOMBAS COMPRESORES	STATUS BOMBAS	STATUS BAI-FUENTE	LOGIN	User:DEFAULT	
			MC	EC	CP	MG	C. COMB.	C. PROP.			
<b>DETECTORES DE FUEGO EN MOTOCOMPRESORES</b>											
FS-01	OK	Fuego en MC 01A MOTOR				FS-06	OK	Fuego en MC 02B			
FS-02	OK	Fuego en MC 01A COMPRESOR				FS-07	OK	Fuego en MC 03A MOTOR			
FS-03	OK	Fuego en MC 01B MOTOR				FS-08	OK	Fuego en MC 03A COMPRESOR			
FS-04	OK	Fuego en MC 01B COMPRESOR				FS-09	OK	Fuego en MC 03B MOTOR			
FS-05	OK	Fuego en MC 02A				FS-10	OK	Fuego en MC 03B COMPRESOR			
<p><b>Mezcla Exp:</b> EHH EHSIR HH SIR H OB HH OB H F BPO BPM      <b>Pulsadores:</b> ED SIR OB F BPO BPM</p> <p><b>Det Llama:</b> ED SIR OB F BPO BPM      <b>Det Humo:</b> ED SIR OB F BPO BPM</p>											
									HISTORIAL ALARMAS	▲ ▼	12/4/2023 13:07:10

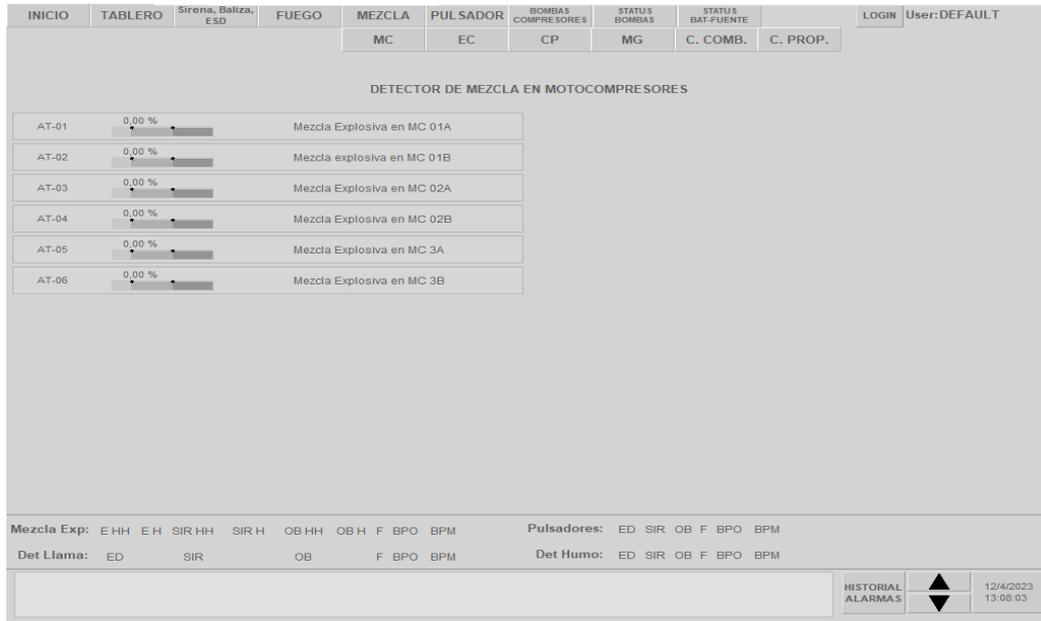
*Nota. Detalle de Pantalla Fuego con todas sus partes*

### 3.6.5 Pantalla Mezcla

En la Figura N°45, muestra los detectores de mezcla explosiva de la locación, estando divididas por zonas en las respectivas subpantallas (Accesibles por a través de la botonera que se despliega en la parte superior de la pantalla).

Figura N°45

Pantalla Mezcla



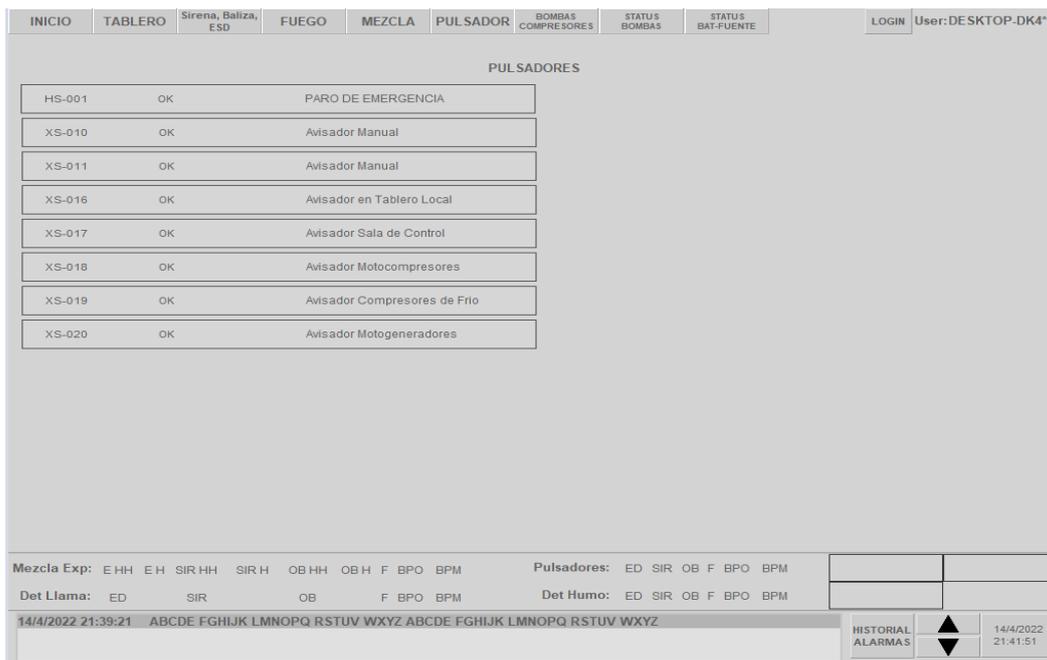
*Nota. Detalle de Pantalla Mezcla con todas sus partes*

### 3.6.6 Pantalla Pulsadores

En la También se priorizó la información y los controles más importantes y de uso frecuente, agrupándolos lógica y jerárquicamente con etiquetas, iconos e información clara y concisa para explicar el propósito y la función de cada elemento. Figura N°46, muestra los pulsadores de toda la locación.

Figura N°46

Pantalla Pulsadores



*Nota. Detalle de Pantalla Pulsadores con todas sus partes.*

### 3.6.6 Pantalla Bombas, Compresores y Generadores

En la pantalla “Bombas, Compresores y generadores”, Figura N°47, muestra el resumen de estados de las bombas y los enclaves shutdown de Compresores y Generadores. Además, se encuentra la información del nivel de tanque de incendio y la presión en la línea de incendio.

Figura N°47

Pantalla Bombas, Compresores y generadores.

INICIO	TABLERO	Sirena, Baliza, ESD	FUEGO	MEZCLA	PULSADOR	BOMBAS COMPRESORES	STATUS BOMBAS	STATUS BAT-FUENTE	LOGIN	User:DESKTOP-DK4*	
<b>STATUS BOMBAS</b>											
YL_001A	OK	Senializacion de Marcha Bomba Principal #1			YL_002A	OK	Senializacion de FALLA Bomba Principal #1				
YL_001B	OK	Senializacion de Marcha Bomba Principal #2			YL_002B	OK	Senializacion de FALLA Bomba Principal #2				
YL_003A	OK	Senializacion de Marcha Bomba Jockey #1			YL_004A	OK	Senializacion de FALLA Bomba Jockey #1				
YL_003B	OK	Senializacion de Marcha Bomba Jockey #2			YL_004B	OK	Senializacion de FALLA Bomba Jockey #2				
<b>RELES SAFETY COMPRESORES</b>						<b>RELES SAFETY GENERADORES</b>					
ESD-MC-01A	OK	Paro Compresor GN 01A				ESD-MG-01A	OK	Paro Generador 01A			
ESD-MC-01B	OK	Paro Compresor GN 01B				ESD-MG-01B	OK	Paro Generador 01B			
ESD-MC-02A	OK	Paro Compresor GN 02A				ESD-MG-01C	OK	Paro Generador 01C			
ESD-MC-02B	OK	Paro Compresor GN 02B				<b>Medidor de Nivel del Tanque de Incendio</b> LT-001 0.00 % Nivel de Tanque de Incendio  <b>Medidor de Transmisor de Presion en Linea de Incendio</b> PT-001 0.00 % Transmisor de presion en linea de incendio					
ESD-MC-03A	OK	Paro Compresor GN 03A									
ESD-MC-03B	OK	Paro Compresor GN 03B									
ESD-MC-05A	OK	Paro Compresor Propano 05A									
Mezcla Exp: EHH E H SIR HH SIR H OBHH OB H F BPO BPM Det Llama: ED SIR OB F BPO BPM											Pulsadores: ED SIR OB F BPO BPM Det Humo: ED SIR OB F BPO BPM
12/4/2022 13:26:10 ABCDE FGHIJK LMNOPQ RSTUV WXYZ ABCDE FGHIJK LMNOPQ RSTUV WXYZ										HISTORIAL ALARMAS 12/4/2022 13:26:20	

Nota. Detalle de Pantalla Bombas, Compresores y generadores con todas sus partes.

### 3.6.7 Pantalla Status Baterías - Fuente

En la Figura N°48, muestra las señales de fallas de las fuentes, estados de las UPS y fallas de los diodos.

Figura N°48

Pantalla Status Baterías-Fuente

INICIO	TABLERO	Sirena, Baliza, ESD	FUEGO	MEZCLA	PULSADOR	BOMBAS COMPRESORES	STATUS BOMBAS	STATUS BAT-FUENTE	LOGIN	User:DEFAULT
<b>STATUS BATERIAS - FUENTE</b>										
FTE-01	OK	Falla de Fuente-01								
FTE-02	OK	Falla de Fuente-02								
FTE-03	OK	Falla de Fuente-03								
UPS-01/14	OK	Descarga de Batería OFF								
UPS-01/24	OK	Descarga de Batería ON								
UPS-02/14	OK	Descarga de Batería OFF								
UPS-02/24	OK	Descarga de Batería ON								
DR-01	OK	Falla de DR-01								
DR-02	OK	Falla de DR-02								
Mezcla Exp: EHH E H SIR HH SIR H OBHH OB H F BPO BPM Det Llama: ED SIR OB F BPO BPM						Pulsadores: ED SIR OB F BPO BPM Det Humo: ED SIR OB F BPO BPM				
12/4/2023 13:11:41										HISTORIAL ALARMAS 12/4/2023 13:11:41

Nota. Detalle de Pantalla Status Baterías-Fuente con todas sus partes.

### 3.6.8 Pantalla Historial de Alarmas

Todos los eventos de alarma que se generan en el sistema, son registrados en la memoria de la aplicación, y pueden consultarse en la pantalla de MENÚ PRINCIPAL en el botón de HISTORICO DE ALARMAS.

El mensaje de alarma presenta la siguiente información:

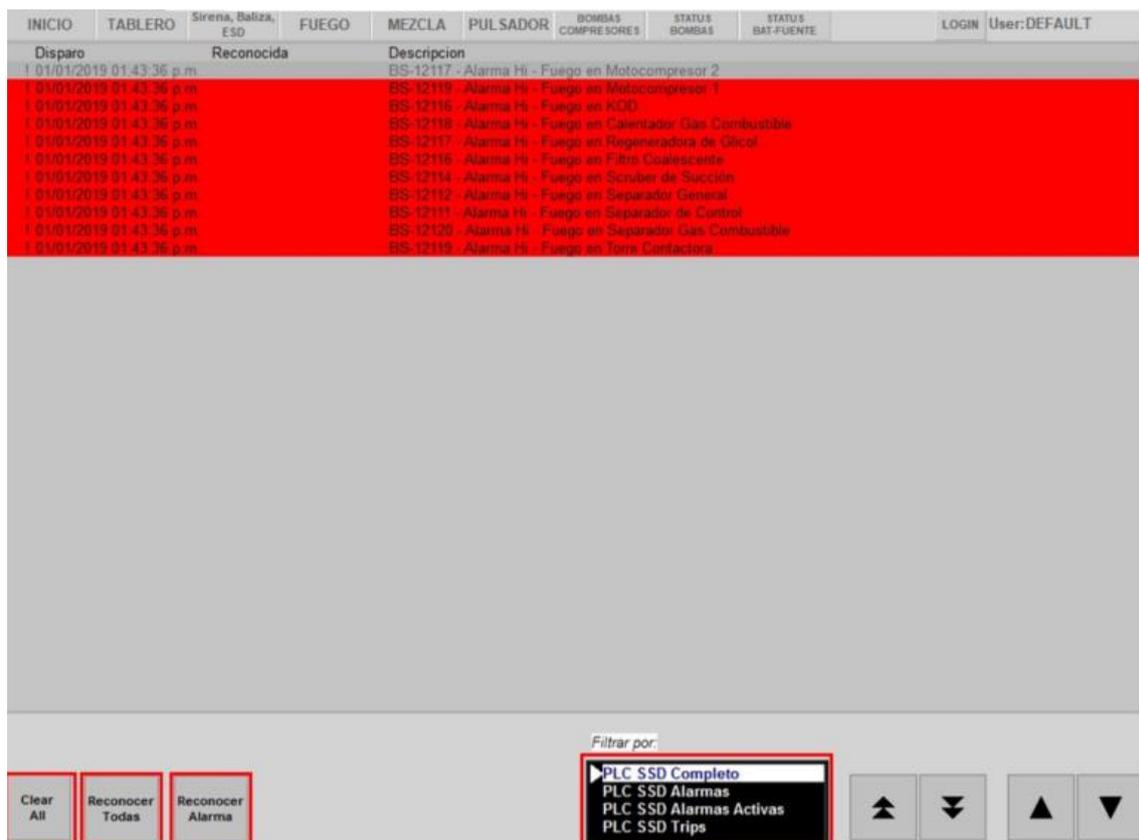
1. Hora y Fecha en cual se generó la Alarma.
2. TAG de la alarma.
3. Descripción de la alarma

El histórico de alarmas posee los siguientes comandos:

- Botón Reconocer Alarma da por enterada la situación del evento seleccionado.
- Botón Reconocer Todas da por enteradas todas las alarmas que no hayan sido reconocidas.
- Botón Clear All Permite eliminar todo el historial de alarmas.

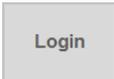
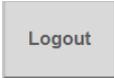
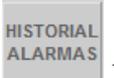
Figura N°49

Pantalla Histórico alarmas



Nota. Detalle de Pantalla Histórico alarmas con todas sus partes.

### 3.6.9 Botones Gráficos

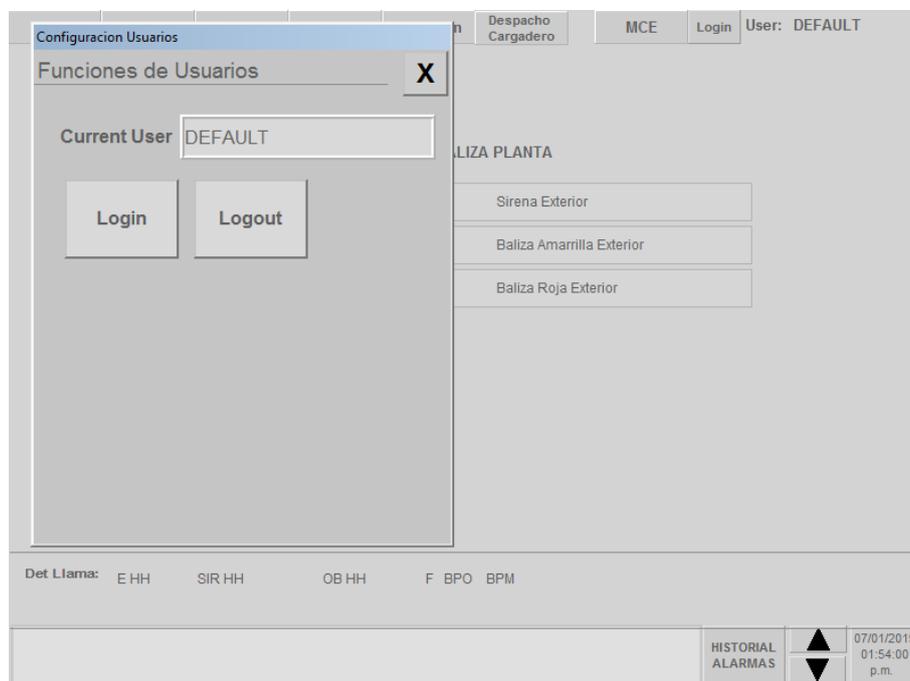
	Permite acceder la pantalla de acceso de usuarios (LOGIN).
	Permite salir de usuario logeado.
	Permite acceder a Historial de Alarmas.
	Permite desplazar y seleccionar de alarmero.
	Permite desplazar y seleccionar por Historial de Alarmas
	Permite desplazar y seleccionar filtro en el Historial de Alarmas.

### 3.6.10 Login y Niveles de seguridad

**LOGIN** Para ejecutar determinadas acciones o comandos, el sistema requiere que el usuario se registre ingresando su nombre y contraseña en la ventana **CONFIGURACIÓN USUARIOS**. La misma es accesible desde la pantalla de INICIO.

Figura N°50

*Pantalla usuarios.*



*Nota. Detalle de Pantalla usuarios con todas sus partes*

Esta ventana se despliega en el centro de la pantalla, y permite al usuario registrarse (**LOGIN**), cerrar su sesión (**LOGOUT**) o cambiar su contraseña (**CAMBIAR PASSWORD**), mediante un teclado en pantalla.

Los nombres de usuario son predefinidos en el sistema, no pudiendo crearse o eliminarse, y para cada uno está definido un nivel de seguridad. Existen 4 niveles de seguridad:

- **DEFAULT:** Se corresponde con el nivel de *Visualización del Sistema*.
- **OPERADOR:** Este nivel permite realizar las correspondientes actividades de operación.
- **SUPERVISOR:** Posee todas las características del nivel *Operador*, pudiendo adicionalmente comandar los forzados y los by-passes de instrumentos y alarmas.
- **SETUP/PROYD:** Es el máximo nivel de seguridad, posee todas las características del nivel *Supervisor*, pudiendo adicionalmente habilitar/deshabilitar instrumentos, borrar el histórico de alarmas, y acceder a las funciones administrativas del panelview.

Todas las acciones que se ejecutan en el sistema, incluyendo el *login* de un usuario, generan un evento de tipo informativo que se registra en el histórico de alarmas del panel. Transcurridos 10 minutos sin que se registre actividad en el panel, se produce un *logout* automático y el sistema retorna a la pantalla de inicio.

### 3.6.11 Faceplates

**Instrumentación digital:** Al presionar el objeto de una salida digital se accede al faceplate correspondiente, Figura N°51, que permite operar sobre el instrumento.

Figura N°51

Faceplate salida digital



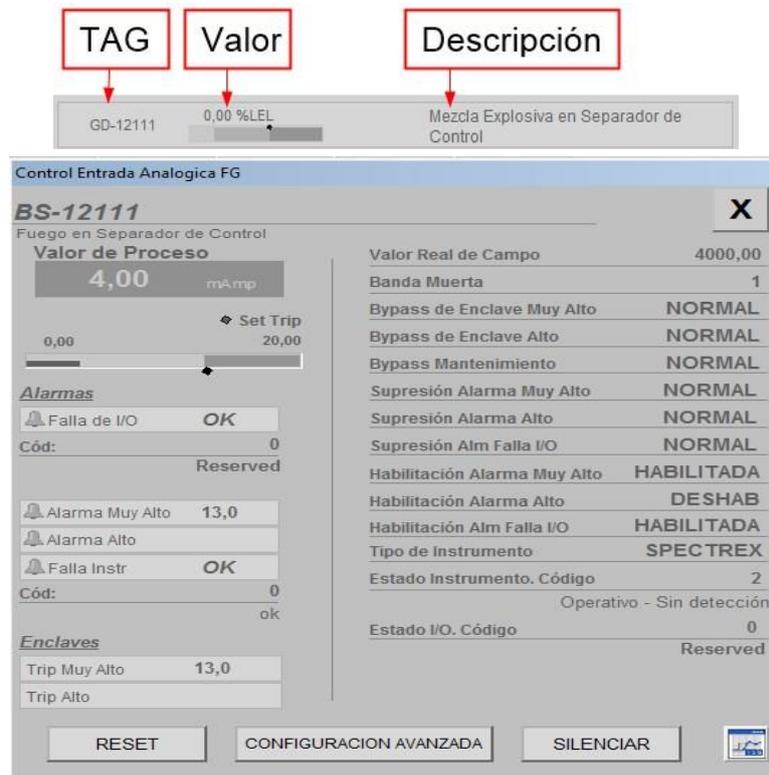
*Nota.* Detalle de Faceplate salida digital con todas sus partes

### 3.6.12 Instrumentación analógica

Al presionar el objeto de una entrada analógica, se accede al faceplate correspondiente, Figura N°52, que permite operar sobre el instrumento.

Figura N°52

Faceplate Instrumento analógico



*Nota.* Detalle de Faceplate Instrumento analógico con todas sus partes

### 3.7 Configurar historial de alarmas y actuaciones.

El historial de alarmas y actuaciones cumple un rol fundamental en un sistema de seguridad F&G, ya que se obtiene un registro histórico del funcionamiento del sistema de control. Para realizar el mismo, necesitamos la siguiente información relacionada al instrumento o equipo que queremos incluir en el historial:

- Zona en la que está ubicado
- Tipo de instrumento o equipo
- Disparador de la Alarma
- Prioridad
- El mensaje que saldrá al producirse la alarma

Tabla N°5

Alarmero Z1

ZONA	INST	Trigger	Prioridad	(HMI) ALARMAS		
				Mensaje	Identify	Display
Z1	AT-01	{{SSD}GD_Z1[0].AIS.Out.EHH}	1	AT-01: Muy Alto Nivel de Mezcla Explosiva en MC 1	1	1
		{{SSD}GD_Z1[0].AIS.Out.AH}	1	AT-01: Alto Nivel de Mezcla Explosiva en MC 1	1	1
		{{SSD}GD_Z1[0].AIS.Out.AF}	1	AT-01: Falla en Detector de Mezcla Explosiva en MC 1	1	1
		{{SSD}GD_Z1[0].AIS.Out.BP}	1	AT-01: Bypass en Detector de Mezcla Explosiva en MC 1	1	1
	AT-02	{{SSD}GD_Z1[1].AIS.Out.EHH}	1	AT-02: Muy Alto Nivel de Mezcla Explosiva en MC 2	1	1
		{{SSD}GD_Z1[1].AIS.Out.AH}	1	AT-02: Alto Nivel de Mezcla Explosiva en MC 2	1	1
		{{SSD}GD_Z1[1].AIS.Out.AF}	1	AT-02: Falla en Detector de Mezcla Explosiva en MC 2	1	1
		{{SSD}GD_Z1[1].AIS.Out.BP}	1	AT-02: Bypass en Detector de Mezcla Explosiva en MC 2	1	1
	AT-03	{{SSD}GD_Z1[2].AIS.Out.EHH}	1	AT-03: Muy Alto Nivel de Mezcla Explosiva en MC 3	1	1
		{{SSD}GD_Z1[2].AIS.Out.AH}	1	AT-03: Alto Nivel de Mezcla Explosiva en MC 3	1	1
		{{SSD}GD_Z1[2].AIS.Out.AF}	1	AT-03: Falla en Detector de Mezcla Explosiva en MC 3	1	1
		{{SSD}GD_Z1[2].AIS.Out.BP}	1	AT-03: Bypass en Detector de Mezcla Explosiva en MC 3	1	1
	AT-04	{{SSD}GD_Z1[3].AIS.Out.EHH}	1	AT-04: Muy Alto Nivel de Mezcla Explosiva en MC 4	1	1
		{{SSD}GD_Z1[3].AIS.Out.AH}	1	AT-04: Alto Nivel de Mezcla Explosiva en MC 4	1	1
		{{SSD}GD_Z1[3].AIS.Out.AF}	1	AT-04: Falla en Detector de Mezcla Explosiva en MC 4	1	1
		{{SSD}GD_Z1[3].AIS.Out.BP}	1	AT-04: Bypass en Detector de Mezcla Explosiva en MC 4	1	1
	AT-05	{{SSD}GD_Z1[4].AIS.Out.EHH}	1	AT-05: Muy Alto Nivel de Mezcla Explosiva en MC 5	1	1
		{{SSD}GD_Z1[4].AIS.Out.AH}	1	AT-05: Alto Nivel de Mezcla Explosiva en MC 5	1	1
		{{SSD}GD_Z1[4].AIS.Out.AF}	1	AT-05: Falla en Detector de Mezcla Explosiva en MC 5	1	1
		{{SSD}GD_Z1[4].AIS.Out.BP}	1	AT-05: Bypass en Detector de Mezcla Explosiva en MC 5	1	1
	AT-06	{{SSD}GD_Z1[5].AIS.Out.EHH}	1	AT-06: Muy Alto Nivel de Mezcla Explosiva en MC 6	1	1
		{{SSD}GD_Z1[5].AIS.Out.AH}	1	AT-06: Alto Nivel de Mezcla Explosiva en MC 6	1	1
		{{SSD}GD_Z1[5].AIS.Out.AF}	1	AT-06: Falla en Detector de Mezcla Explosiva en MC 6	1	1
		{{SSD}GD_Z1[5].AIS.Out.BP}	1	AT-06: Bypass en Detector de Mezcla Explosiva en MC 6	1	1
	AT-07	{{SSD}GD_Z1[6].AIS.Out.EHH}	1	AT-07: Muy Alto Nivel de Mezcla Explosiva en MC 7	1	1
		{{SSD}GD_Z1[6].AIS.Out.AH}	1	AT-07: Alto Nivel de Mezcla Explosiva en MC 7	1	1
		{{SSD}GD_Z1[6].AIS.Out.AF}	1	AT-07: Falla en Detector de Mezcla Explosiva en MC 7	1	1
		{{SSD}GD_Z1[6].AIS.Out.BP}	1	AT-07: Bypass en Detector de Mezcla Explosiva en MC 7	1	1

Nota. Detalle de alarmas producidas por detectores de mezcla en Zona 1

Tabla N°6

Alarmero ZC

ZONA	INST	Trigger	Prioridad	(HMI) ALARMAS		
				Mensaje	Identify	Display
ZC	BSH-001	{{SSD}BE_ZC[0].DIS.Out.ED}	1	BSH-001: Detección de Fuego en Cargadero Combustible	1	1
		{{SSD}BE_ZC[0].DIS.Out.AF}	1	BSH-001: Falla en Detector de Fuego en Cargadero Combustible	1	1
		{{SSD}BE_ZC[0].DIS.Out.BP}	1	BSH-001: Bypass en Detector de Fuego en Cargadero Combustible	1	1
	BSH-002	{{SSD}BE_ZC[1].DIS.Out.ED}	1	BSH-002: Detección de Fuego en Cargadero Combustible	1	1
		{{SSD}BE_ZC[1].DIS.Out.AF}	1	BSH-002: Falla en Detector de Fuego en Cargadero Combustible	1	1
		{{SSD}BE_ZC[1].DIS.Out.BP}	1	BSH-002: Bypass en Detector de Fuego en Cargadero Combustible	1	1
	BSH-003	{{SSD}BE_ZC[2].DIS.Out.ED}	1	BSH-003: Detección de Fuego en Cargadero Propano	1	1
		{{SSD}BE_ZC[2].DIS.Out.AF}	1	BSH-003: Falla en Detector de Fuego en Cargadero Propano	1	1
		{{SSD}BE_ZC[2].DIS.Out.BP}	1	BSH-003: Bypass en Detector de Fuego en Cargadero Propano	1	1
	BSH-004	{{SSD}BE_ZC[3].DIS.Out.ED}	1	BSH-004: Detección de Fuego en Cargadero Propano	1	1
		{{SSD}BE_ZC[3].DIS.Out.AF}	1	BSH-004: Falla en Detector de Fuego en Cargadero Propano	1	1
		{{SSD}BE_ZC[3].DIS.Out.BP}	1	BSH-004: Bypass en Detector de Fuego en Cargadero Propano	1	1
	GD-001	{{SSD}GD_ZC[0].AIS.Out.EHH}	1	GD-001: Muy Alto Nivel de Mezcla Explosiva ME 001	1	1
		{{SSD}GD_ZC[0].AIS.Out.AH}	1	GD-001: Alto Nivel de Mezcla Explosiva ME 001	1	1
		{{SSD}GD_ZC[0].AIS.Out.AF}	1	GD-001: Falla en Detector de Mezcla Explosiva ME 001	1	1
		{{SSD}GD_ZC[0].AIS.Out.BP}	1	GD-001: Bypass en Detector de Mezcla Explosiva ME 001	1	1
	GD-002	{{SSD}GD_ZC[1].AIS.Out.EHH}	1	GD-002: Muy Alto Nivel de Mezcla Explosiva ME 002	1	1
		{{SSD}GD_ZC[1].AIS.Out.AH}	1	GD-002: Alto Nivel de Mezcla Explosiva ME 002	1	1
		{{SSD}GD_ZC[1].AIS.Out.AF}	1	GD-002: Falla en Detector de Mezcla Explosiva ME 002	1	1
		{{SSD}GD_ZC[1].AIS.Out.BP}	1	GD-002: Bypass en Detector de Mezcla Explosiva ME 002	1	1

Nota. Detalle de alarmas producidas por detectores de mezcla y llama en Zona C

Como se puede apreciar en las imágenes anteriores, el trigger cambia dependiendo del tipo de instrumento. Para los detectores de mezcla analógicos, los disparadores son:

- Una detección de muy alto nivel de mezcla explosiva (AIS.OUT.EHH)
- Una detección de alto nivel de mezcla explosiva (AIS.OUT.EH)
- Falla en el detector de mezcla explosiva (AIS.OUT.AF)
- Bypass en el detector de mezcla explosiva (AIS.OUT.BP)

Para los detectores de llama digitales, los disparadores son:

- Detección de fuego (DIS.OUT.ED)
- Falla en el detector de llama (DIS.OUT.AF)
- Bypass en el detector de fuego (DIS.OUT.BP)

### 3.8 FAT eléctrica y lógica.

El objetivo de las pruebas FAT fue demostrar que el equipo y el software cumplía con todas las especificaciones que habían solicitado, tanto de diseño, funcionamiento, equipo, seguridad, aislación, etc.

Las mismas fueron presenciadas por 2 representantes del cliente, los cuales eran supervisores del sector de control de la PTG.

#### Se realizaron las siguientes evaluaciones:

##### 3.8.1 Inspección visual del tablero

Se evaluó cantidad, marca y modelo, calidad constructiva, accesorios, conexionado-aislación y PAT, identificación y reservas.

De los siguientes puntos:

##### Gabinete:

- Estructura + laterales + piso
- Placa/s de montaje
- Contrafrente/s
- Zócalo

##### Montaje:

- Cable canal
- Riel DIN
- Barras de distribución
- Aisladores/Soportes

##### Servicios:

- Ventilación
- Iluminación

##### Alimentación:

- Seccionadores / Interruptores 220Vca
- Seccionadores / Interruptores 24Vcc }
- Fuentes
- UPS
- Baterías
- Orings
- Diodos

##### Borneras:

- Distribución 220 Vca
- Distribución 24 Vcc
- Auxiliares

- Frontera

PAT:

- Bornes
- Barras

### 3.8.2 Inspección de aislación y protección

Se evaluó aislación, continuidad, protecciones eléctricas y protecciones mecánicas.

De los siguientes puntos:

- Distribución 220Vca – Fase
- Distribución 220Vca – Neutro
- Distribución 24Vcc (+)
- Distribución 24Vcc (-)
- Tierra
- Tierra de instrumentos

### 3.8.3 Inspección eléctrica

Se evaluó Presencia de fase, tensión medida, conmutación y protecciones.

De los siguientes puntos:

Distribución 380Vca:

- Barra Fase R
- Barra Fase S
- Barra Fase T

Distribución 220Vca:

- TM (Gral.)-220V
- ID-220V
- TM (toma corriente)-220V

Fuentes:

- FTE-01
- FTE-02
- FTE-03

UPS:

- UPS-01
- UPS-02

Diodos:

- DR-01
- DR-02

#### Distribución 24 Vcc:

- TM-BAT
- TM-24GRAL
- TM24-01
- TM24-02
- TM24-03

### **3.8.4 Inspección de señales:**

Evaluamos todas las señales que van al PLC, de los cuales se verifico la correcta ubicación de las mismas, rango, condición de falla, unidades y alarmas.

Las mismas provenientes de:

- FTE-01, FTE-02, FTE-03
- UPS-01, UPS-02, UPS-03
- Los 11 Módulos de señales digitales de entrada XDI-01, XDI-02, ..., XDI-11
- Los 11 Módulos de señales analógicas de entrada XAI-01, XAI-02, ..., XAI-11
- Los 7 Módulos de señales digitales de salida XDO-01, XDO-02, ..., XDO-11

Para identificar el correcto funcionamiento de los canales de las señales analógicas de entrada **AI**, se inyecta corriente por el canal que se está ensayando, en el rango que se necesita verificar el funcionamiento. En este caso de 0% correspondiente a 4mA a 100% correspondiente a 20mA. También se verificaron las condiciones de falla del instrumento, las cuales corresponden al rango entre 0 y 4mA.

Para identificar el correcto funcionamiento de los canales de las señales digitales de entrada **DI**, se puentean los 24V en la bornera correspondiente y se verifica desde el PLC la activación de dicha señal.

Para identificar el correcto funcionamiento de los canales de las señales digitales de salida **DO**, se habilita cada una de las salidas de 24V desde el PLC simulando dicha salida y se verificó con un voltímetro digital la existencia de dicha magnitud.

### **3.8.5 Inspección de lógica de control**

En este punto se evaluó el funcionamiento de la programación, el uso del estándar, rutinas estándar y safety, enclaves, identificaciones, tags, mapeo de variables, bloques, conectividad, seguridad, escalado de instrumentos y configuración de módulos.

Para esto, se probó individualmente y en conjunto (Por ejemplo, hay detectores de mezcla que activan salidas cuando se produce la activación de 2 o más) cada una de las entradas del sistema y se verificaban las actuaciones de las mismas. Corroborando con la matriz causa-efecto.

### 3.8.6 HMI

Se evaluó la operatividad, navegación, código de colores, cumplimiento de estándar, claridad.

De los siguientes puntos:

#### Pantallas:

- Inicio
- Tablero
- Sirenas, Balizas, ESD
- Fuego en Zonas 3, 4, 5, 6 y motocompresores
- Mezcla explosiva en Zonas 1, 2, 7 y motocompresores
- Pulsadores
- Bombas-Compresores
- XS

#### Faceplates:

- Señales analógicas
- Señales digitales
- Controladores PID
- Válvulas
- Equipos

#### Seguridad:

- Usuarios (login / logout / password)
- Permisos usuario operador
- Permisos usuario supervisor
- Permisos usuario administrador

#### Tendencias:

- Listado de variables
- Visualización de variables

#### Alarmas:

- Listado de alarmas
- Indicación de alarmas

### 3.8.9 Observaciones

Una vez finalizada la FAT, estas fueron las modificaciones solicitadas para la configuración y para las pantallas del HMI:

- Realizar una reorganización de zonas según equipos:  
En un principio como no tenía información detallada sobre las zonas, les asigne un valor numérico del 1 al 7. Lo cual se solicitó que se cambie por el nombre de los equipos asociados a las mismas. Ej: Zona MC, Zona EC.
- Corregir descripciones de instrumentos que habían sido cargadas de forma incorrecta.
- Corregir la utilización de bloques para señales digitales.
- Cambiar descripción de detectores de mezcla y llama para que quede en relación con las zonas aclaradas en el primer inciso.
- Modificar el delay en los instrumentos analógicos.
- Cambiar colores por alto nivel de mezcla en instrumentos analógicos.

Toda esta información se detalla en un *Punchlist* (Lista de tareas pendientes) y se le entrega al cliente una copia firmada. En caso de una “No Conformidad” de una magnitud significativa, se abre un proceso documentado de la desviación, en la que se registra la incidencia, la causa raíz, la acción correctiva y el plazo de ejecución. Corregida la desviación se vuelve a realizar la prueba correspondiente de acuerdo al protocolo aprobado.

### 3.9 Cronograma estimativo de tareas en planta

#### Migración del Sistema de F&G y RCI de PTG-ADLA.

- Trabajos:
  - Desmontaje de los tableros viejos.
  - Montaje del tablero nuevo.
  - Cableado
  - Conexionado
  - Prueba de la configuración (MCE, PEM, etc).
- Personal: 4
- Lugar de Trabajo: Salas de Control y Auxiliar.
- Cantidad de días: 5

**Lunes:**

Traslado de tablero – Taller

Tareas varias de desmontaje, montaje y conexonado – Conexionistas e Ingenieros Jr.

Tareas Montaje/Comisionado HMI PLANTA – Conexionistas e Ingenieros Jr.

**Martes:**

Conexonado tablero F&G y MARSHALLING - Conexionistas e Ingenieros Jr.

Comisionado HMI PLANTA – Ingenieros Jr.

**Miércoles:**

Comisionado F&G - Conexionistas e Ingenieros Jr.

Comisionado HMI PLANTA – Ingenieros Jr.

**Jueves:**

Comisionado F&G - Conexionistas e Ingenieros Jr.

Comisionado HMI PLANTA – Ingenieros Jr.

**Viernes:**

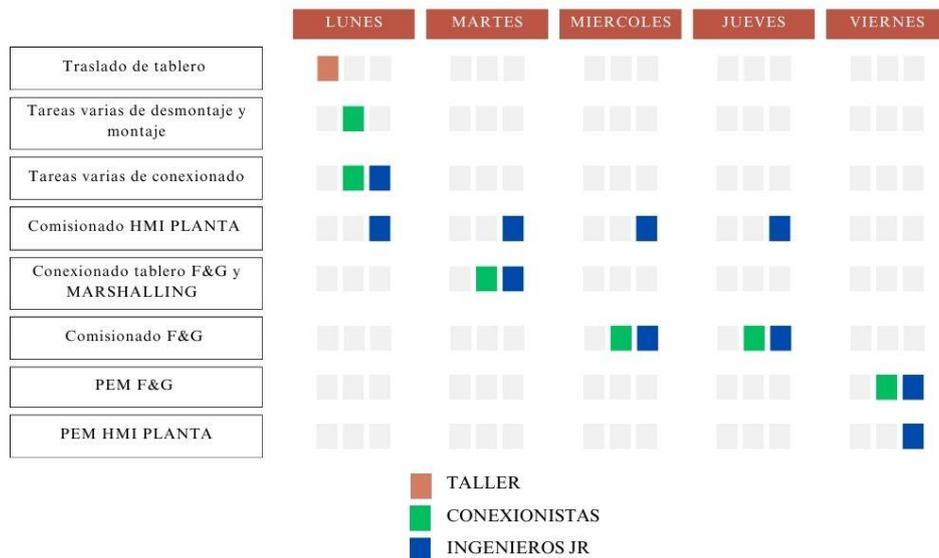
PEM F&G - Conexionistas e Ingenieros Jr.

PEM HMI PLANTA – Ingenieros Jr.

**Figura N°53**

*Cronograma estimativo de tareas en planta*

## Cronograma estimativo de tareas en planta



*Nota. Detalle de las tareas a realizar por equipos y días de la semana*

### 3.10 Montaje del tablero en planta.

Una vez realizadas las FAT correspondientes y llegada la fecha del paro de planta, se trasladó e instaló el nuevo tablero del sistema de control en el cuarto (*shelter*) correspondiente. Con el tablero montado, se realizaron las inspecciones pertinentes, ya que, durante el traslado de la base a la planta, el tablero podría haber sufrido inconvenientes debido al estado del camino y las vibraciones. Posteriormente, se procedió a migrar todo el conexionado de señales de campo al nuevo tablero.

### 3.11 Identificación, verificación y conexionado de señales en campo.

En esta etapa, se debió contrastar los tags de las señales con la documentación generada previamente, y se encontró que muchos tags de las señales no existían, eran erróneos y una gran parte de las señales no estaba identificada.

Figura N°54

*Tags antiguos*



*Nota. Señales existentes con Tags de identificación antiguos*

Por lo que se renovaron los tags coincidentes con la lista de señales y asignaciones, y se procedió a identificar la procedencia de las señales sin identificación o con tags no coincidentes.

**Tabla N°7**

*Recorte de lista de señales y asignaciones*

TAG	DESCRIPCION	TIPO	BORNERA	BORNE
AT-01	Mezcla Explosiva en MC 01A	AI	XAI-01	1
AT-02	Mezcla Explosiva en MC 01B	AI	XAI-01	2
AT-03	Mezcla Explosiva en MC 02A	AI	XAI-01	3
AT-04	Mezcla Explosiva en MC 02B	AI	XAI-01	4
AT-05	Mezcla Explosiva en MC 3A	AI	XAI-02	1
AT-06	Mezcla Explosiva en MC 3B	AI	XAI-02	2
AT-07	Mezcla Explosiva en EC 4	AI	XAI-02	3
AT-08	Mezcla Explosiva en CP 1	AI	XAI-02	4
AT-09	Mezcla Explosiva en Skid Frio	AI	XAI-03	1
AT-10	Mezcla Explosiva en MG 1	AI	XAI-03	2
AT-11	Mezcla Explosiva en MG 2	AI	XAI-03	3
AT-12	Mezcla Explosiva en MG 3	AI	XAI-03	4
AT-13	Mezcla Explosiva en Cargadero Propano	AI	XAI-04	1
AT-14	Mezcla Explosiva en Cargadero Propano	AI	XAI-04	2
LT-001	Nivel de Tanque de Incendio	AI	XAI-04	3
PT-001	Transmisor de presión en línea de Incendio	AI	XAI-04	4

*Nota.* Lista de señales asignadas a los módulos analógicos XAI-01, XAI-02, XAI-03, XAI-04

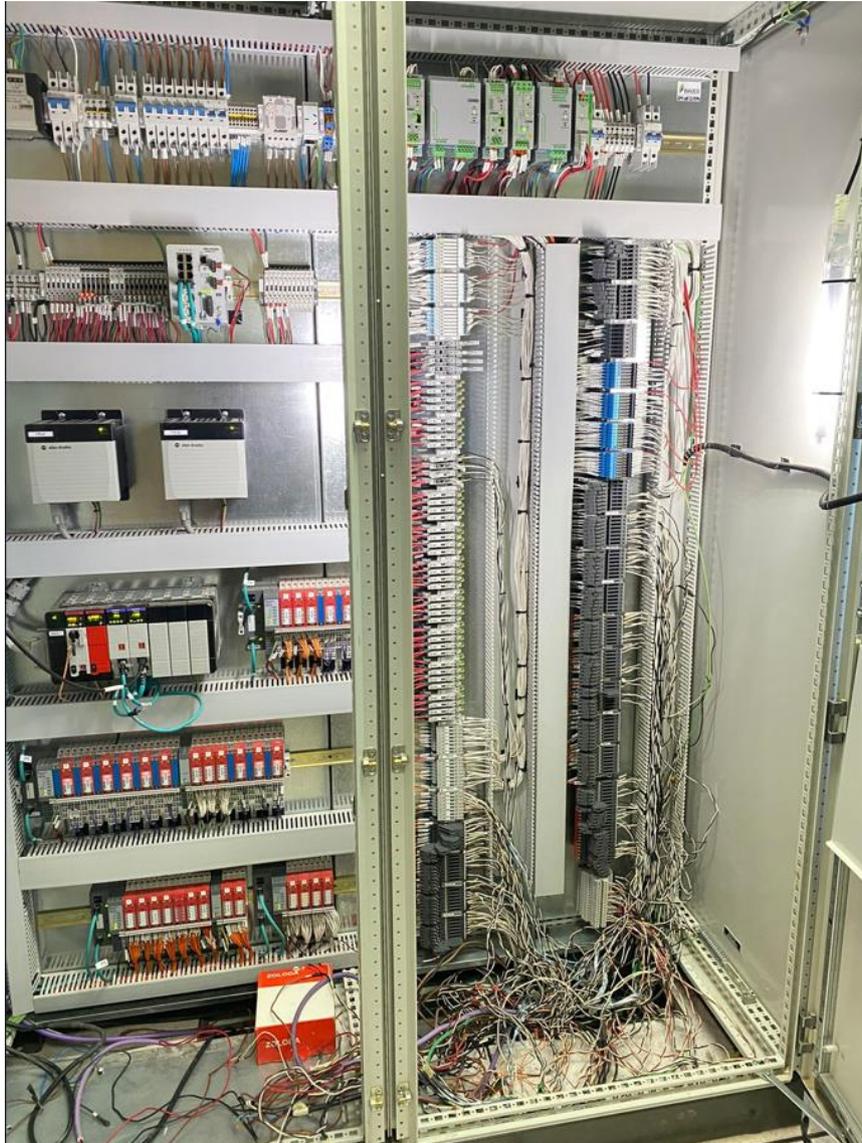
Para esto el grupo necesitó trabajar de forma coordinada comunicando los estados con sistemas push-to-talk, analizando e identificando las señales de las JB (cajas de conexión) que están distribuidas en la planta.

Desde el tablero de control y en conjunto con el grupo de campo, se mide la continuidad de los conductores de señal, utilizando un multímetro.

Todas las verificaciones se realizaron con las borneras seccionadas y equipos desconectados.

Figura N°55

*Nuevo tablero de control instalado en planta*



*Nota. Tablero de control en planta en proceso de conexión e identificación de señales.*

### 3.11.1 Comisionado de señales e instrumentos.

Una vez que la totalidad de las señales fueron identificadas y conectadas se procede a realizar el comisionado de señales e instrumentos asociados al sistema de control F&G.

Para esto se realizó una planilla de comisionado, en la cual se analiza:

- Tipo de señal
- Ubicación (Tarjeta y canal)
- Rango: ON-OFF, 0 a 100%
- Configuración
- HMI
- Disparos o activaciones (HH, H, L, LL, ON, OFF)

- Alarmas
- Fallas
- SCADA
- Prueba en proceso

Para esto se trabajó en conjunto con otra empresa, la cual estaba encargada de ensayar los instrumentos en campo. Trabajando en coordinación con sus operarios verificamos cada una de las señales e instrumentos.

Ya que los detectores estaban ubicados a diferentes alturas y se necesitaba montar equipos de andamios.

Para los detectores de mezcla explosiva, se expuso el detector a un gas modelo y se confirmó el correcto funcionamiento desde el sistema de control. Cuando no estaban expuestos al gas, el PLC y HMI mostraban una devolución correcta; al exponerse progresivamente al gas, se apreciaba un aumento en el porcentaje. Se realizó un ensayo de 0 a 100%, lo que corresponde a 4 mA a 20 mA. Además, estos detectores analógicos envían diferentes señales de falla en el rango de 0 mA a 4 mA, por ejemplo, 2 mA si el detector o lente del instrumento se encuentra sucio. Esto es posible gracias a que se utilizaron módulos analógicos de entrada del tipo Safety, que permiten al PLC trabajar fuera del rango estándar de 4 mA a 20 mA y así identificar estas magnitudes que están entre 0mA y 4 mA.

Para los detectores de llama, se expone una fuente de calor dentro del rango del instrumento y se confirma el correcto funcionamiento del mismo desde el sistema de control. Cuando no estaban expuestos a la fuente de calor, en el PLC y HMI se podía apreciar una devolución correcta de los mismos, y cuando se exponían a la fuente se podía apreciar la activación del mismo.

**Figura N°56**

*Recorte de Planilla de comisionado - Parte A*

TAG SEÑAL	DESCRIPCIÓN	SIST. CTRL.	TIPO SEÑAL	U SIST.CTRL		RANG/EU
				CARD	CH	
BSH-004	Detector de Llama en Cargadero Propano	F&G	DI	XDI-10	6	ON-OFF
AT-01	Mezcla Explosiva en MC 01A	F&G	AI	XAI-01	0	0-100%LEL

*Nota. Recorte de planilla de comisionado parte A. Con detector de llama y detector de mezcla como ejemplo.*

**Figura N°57**

*Recorte de Planilla de comisionado – Parte B*

TAG SEÑAL	SCTRL			ALARMAS						DISPAROS					SCADA	COMISIONADO (PRUEBA EN PROCESO)	FECHA
	CONF IG.	HMI	ALARMA PV	HH	H	L	LL	ON	OFF	HH	H	L	LL	ON			
BSH-004	OK	OK	OK	-	-	-	-	OK	-	-	-	-	OK	-	OK	OK	25/01/2023
AT-01	OK	OK	OK	60%LEL	20%LEL	-	-	-	-	50%LEL	20%LEL	-	-	-	OK	OK	27/01/2023

*Nota. Recorte de planilla de comisionado parte B. Con detector de llama y detector de mezcla como ejemplo.*

### 3.11.2 Observaciones

Como se expuso en el cronograma, el comisionado es una tarea tediosa que requiere un tiempo considerable debido a la cantidad de señales y a la dificultad de llegar a cada uno de los instrumentos.

Debido a problemas asociados a disponibilidad de personal y equipos, no se pudieron comisionar:

- 3 detectores de llama (Falta de andamios)
- 1 detector de mezcla explosiva (Problema con el conexionado de campo)
- 2 detectores de llama (Faltaba montar los equipos, pero la señal estaba ok)
- 4 señales de falla no se pudieron generar desde bombas Jockey, por lo tanto, no se pudo identificar el cambio de estado en el PLC/HMI.
- Pulsador de emergencia en Zona moto compresores recibía la alimentación correspondiente pero no prendía la sirena.
- Pulsador de emergencia en Zona de Compresores de frio quemaba el fusible más grande permitido en su activación.

Todos estos pendientes se solucionaron post puesta en marcha de la planta.



### 3.14 Puesta en marcha

Durante el período de paro de planta, se realizaron actividades de mantenimiento e inspección para garantizar la integridad y el rendimiento de los equipos y sistemas de la planta de tratamiento de gas. Las actividades de mantenimiento e inspección incluyen la limpieza, reparación, reemplazo, prueba y calibración de los componentes e instrumentos, así como la verificación de corrosión, erosión, grietas, fugas u otros defectos.

Una vez finalizadas todas las tareas en su totalidad, tanto las nuestras como las de personal de procesos, mantenimiento, comunicaciones, etc. Los encargados de la planta procedieron a comenzar con el plan de puesta en marcha de la planta, en la cual nos correspondía estar presentes en caso de algún imprevisto relacionado con el sistema de control F&G.

La puesta en marcha incluyó la secuencia de acciones para llenar, presurizar, calentar y poner en marcha los equipos y las tuberías, así como las medidas de seguridad y precauciones para evitar peligros, como incendios, explosiones o fugas. Para su éxito fue fundamental la coordinación y trabajo en equipo de todas las partes interesadas, como los operadores, el personal de mantenimiento, los reguladores, personal de sistema de control, etc.

Una vez finalizada, se realizaron 15 días de guardia en caso de que se produjera alguna contingencia.

#### 4. Conclusiones

La migración del sistema de control Fire and Gas (F&G) de la planta de tratamiento de gas concluyó exitosamente.

El tablero del sistema de control F&G quedo de la siguiente manera:

#### Figura N°60

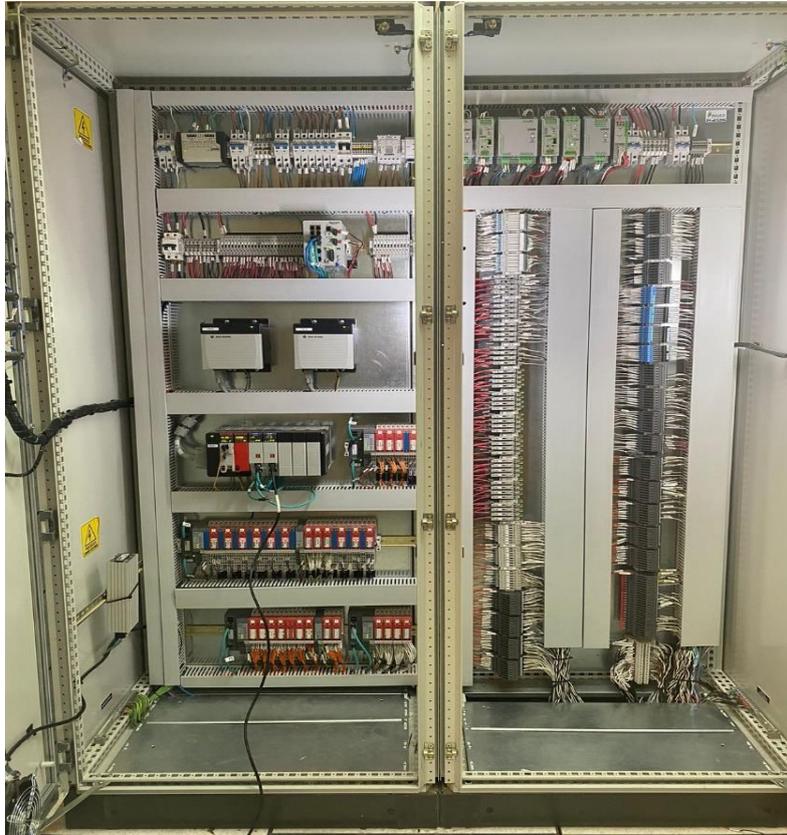
*Nuevo tablero F&G - Frente*



*Nota. Frente del Nuevo tablero F&G con la Planta en funcionamiento*

Figura N°61

*Nuevo tablero F&G - Interno*



*Nota. Nuevo tablero F&G internamente con la Planta en funcionamiento*

Pasados 30 días, realizamos una visita de seguimiento a la planta para efectuar unas pequeñas modificaciones solicitadas por los encargados del sistema de control. Durante esta visita, recibimos comentarios muy positivos sobre el trabajo realizado en la migración.

### **Resultados y Beneficios Observados:**

#### *Mejora en la Velocidad de Respuesta y Eficiencia:*

Los encargados del sistema notaron mejoras sustanciales en la velocidad de respuesta del sistema y en su eficiencia operativa. Estos avances han optimizado significativamente la gestión de emergencias y la operación diaria de la planta.

#### *Satisfacción de los Operarios:*

Los operarios de la planta expresaron su conformidad con el nuevo sistema, destacando especialmente la incorporación de funciones de alarma y preaviso en varios detectores que anteriormente estaban deshabilitados y causaban inconvenientes. La habilitación de estas funciones ha mejorado la seguridad y la confiabilidad del sistema.

Interfaz HMI Amigable e Intuitiva:

La nueva interfaz **HMI** (Human-Machine Interface) fue muy bien recibida por los operarios, quienes la encontraron amigable e intuitiva. Esta interfaz ha facilitado la identificación y resolución de situaciones de manera mucho más rápida y efectiva, mejorando la eficiencia y reduciendo el tiempo de inactividad.

Comentarios Adicionales:

Los encargados del sistema también destacaron la robustez y la fiabilidad del nuevo sistema, subrayando que la migración ha fortalecido significativamente la capacidad de la planta para manejar situaciones críticas y garantizar la continuidad de las operaciones.

El éxito en este proyecto fue el puntapié inicial para comenzar la migración del sistema de control de procesos y de seguridad de la planta, el cual se está llevando a cabo al día de la fecha.

## **5. Comentarios finales**

Participar de este proyecto fue una experiencia muy enriquecedora a nivel personal y profesional. Ya que pude incorporar conocimientos en diseño, gestión, operatividad, coordinación y manejo de recursos, y aplicar los ya adquiridos académicamente.

Afrontar la constante toma de decisiones que necesitaban una resolución inmediata, fue un desafío que me permitió desarrollar y mejorar mis habilidades de resolución de problemas y toma de decisiones bajo presión.

Esta experiencia no solo me ayudó a consolidar mis conocimientos, sino que también me brindó la oportunidad de trabajar en equipo y liderar diversas tareas, fortaleciendo así mis capacidades de liderazgo y comunicación.

Además, colaborar con profesionales de distintas disciplinas me permitió comprender mejor las diferentes perspectivas y enfoques dentro del proyecto, enriqueciendo mi visión global y mi capacidad para integrar soluciones multidisciplinarias. El entorno desafiante y dinámico del proyecto, me impulsó a adaptarme y ser proactivo constantemente, cualidades esenciales en el ámbito profesional actual.

Finalmente, el éxito del proyecto y los aprendizajes obtenidos me han dejado una gran satisfacción personal y una fuerte motivación para seguir enfrentando nuevos retos con confianza y entusiasmo. Estoy convencido de que esta experiencia será un pilar fundamental en mi desarrollo profesional y me preparará para futuras oportunidades y desafíos en mi carrera.

## 5. BIBLIOGRAFIA

[1] Integrated fire and gas solution - making plants safer and more productive. Sivanath Sutti, P.Eng.PMP

[2] Integrating Fire and Gas Safety with Process Control Systems. Det-Tronics

[3] Ingeniería básica para el diseño sistema de monitoreo, detección y alarma, humo, fuego y gas (f&g) de las estaciones de compresión de gas de la transportadora de gas internacional tg. sergio eduardo gualdrón palacios.

[4] Performance-based Fire and Gas Systems Engineering Handbook. Austin Bryan, Elizabeth Smith, Kevin Mitchell.

[5] Sistemas de control, La automatización como el motor del desarrollo. Cristian D. Cegelski, Sergio E. Katogui, Héctor A. Stoisa, Leandro J. Corrado, Manuel F. Nuñez.

[6] Manual de usuario: GuardPLC Controller Systems

[7] STD-FYG: Standard fire and gas

[8] Filosofía de operación

[9] ET: Detector de llama Spectrex 40

[10] ET: Detector Mezcla Explosiva Dräger PIR 7000

[11] Windows Network Architecture and the OSI Model