UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

DISEÑO PARA LA OPTIMIZACION DE UN SISTEMA CONTROL, MONITOREO Y SEGURIDAD DE LA ESTACIÓN INTERMEDIA DE TRANSPORTE DE COMBUSTIBLE "CORAZÓN"

PROYECTO DE TESIS

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRÓNICO

PRESENTADO POR:

LLANOS DIAZ, JUAN ANTONIO
PAREDES CORNEJO, LUIS ENRIQUE

ASESOR:

Ing. CARLOS LEONARDO OBLITAS VERA

LAMBAYEQUE - PERÚ
2016

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO

FACULTAD DE CIENCIAS FISICAS Y MATEMATICAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

PROYECTO DE TESIS

DISEÑO PARA LA OPTIMIZACION DE UN SISTEMA CONTROL, MONITOREO Y SEGURIDAD DE LA ESTACION INTERMEDIA DE TRANSPORTE DE COMBUSTIBLE "CORAZON"

PRESENTADO POR:

LLANOS DIAZ, JUAN ANTONIO-PAREDES CORNEJO, LUIS ENRIQUE

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRÓNICO

ASESOR

Ing. Carlos Leonardo Oblitas Vera

LAMBAYEQUE – PERÚ 2016

Tesis profesional sustentada por:

LLANOS DIAZ, JUAN ANTONIO **PAREDES CORNEJO, LUIS ENRIQUE**

Como requisito para obtener el título profesional de INGENIERO ELECTRÓNICO

Aceptada por el Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica

Ing. Manuel Ramírez Castro
Presidente

Ing. Víctor Olegario Jara Sandoval
Secretario

Ing. Hugo Chiclayo Padilla
Vocal

Dedicatoria

Dedico a mi familia por su constate apoyo en este objetivo.

Juan Antonio Llanos Díaz

Dedico este trabajo a mi familia que gracias a su apoyo incondicional he logrado llevar a cabo este proyecto.

Luis Enrique Paredes Cornejo

Agradecimientos

Al Ing. Eduardo Alejandro Vásquez Díaz por su soporte en este proyecto.

Los Autores

UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"
OFICINA CENTRAL DE BIBLIOTECA
PROCESOS TECNICOS
Nº DE INGRESO:
COD. DE CLASIFICACION:

Contenidos

Dedicatoria 3
Agradecimientos 4
Contenidos 5
I. ASPECTOS GENERALES 9
1.1. Generalidades de la empresa 9
1.1.1. Situación Problemática 9
1.2. Diagnóstico de la situación actual 10
1.3. Delimitación del proyecto 10
1.3.1. Formulación del problema 10
1.3.2. Hipótesis 10
1.3.3. Objetivos 11
1.3.4. Justificación e importancia 11
II. MARCO TEORICO 12
2.1. Control 12
2.1.1. Sistemas de Control 12
2.1.2. Autómatas Programables PLC's 14
2.1.3. Sistema Scada (Supervisory control anda data acquisition) 18
2.1.4. Interfaz Hombre-Máquina – HMI 22
2.2. Consideraciones de diseño Sistema Integrado de Control y Seguridad 24
2.2.1. Diseño de Sistema de Control de Procesos (BPCS) 25
2.2.2. Diseño del Sistema Instrumentado de Seguridad (SIS) 26
2.2.3. Consideraciones para equipamiento de Entradas y Salidas (I/O`S) 28
2.2.4. Consideraciones de Software de Programación 30
2.2.5. Consideraciones Dispositivos "Foundation Fielbus" 31
2.1. Definición de codificación para la Instrumentación 31
III. PROCESO DE TRANSPORTE DE DERIVADOS DE PETROLEO 33
3.1. Beneficios del petróleo y sus derivados_ 33
3.2. Transporte del petróleo y sus derivados 34
3.3. Sistema de transporte a través de Poliductos 35
3.4. Estaciones de Bombeo 39

IV. PLANTEAMIENTO DEL SISTEMA DE CONTROL Y MONITOREO 40
4.1. Condición de Actual Estación de Bombeo 40
4.1.1. Ingreso a la Estación y Trampa Receptora 40
4.1.2. Sistema de Bombeo Actual 41
4.1.3. Descarga y Trampa lanzadora 42
4.2. Modernización diseño mecánico e instrumentación en la estación de bombeo 42
4.2.1. Ingreso a la Estación y Trampa Receptora 43
4.2.2. Sistema de Bombeo Actual 44
4.2.3. Sistema de Bombeo Nuevo 44
4.2.4. Descarga y Trampa lanzadora 46
4.3. Propuesta de Arquitectura de control 46
4.3.1. Instrumentación de Campo 47
4.3.2. Controladores 47
4.3.3. Red de comunicación de campo 48
4.3.4. Red de comunicación de Supervisión 48
4.3.5. Servidores y estaciones 48
4.4. Selección de Equipamiento 48
4.4.1. Selección del Sistema de Control 48
4.4.2. Selección de Controladores: 51
4.4.3. Selección de Módulos de Entradas y Salidas 52
4.4.4. Redes de control industrial 53
4.4.5. Selección de Equipos 54
4.4.6. Arquitectura de Control con equipamiento propuesto 55
4.5. Programación Controladores desarrollo aplicación de supervisión 56
4.5.1. Estrategia de Control 56
4.5.2. Variables del Sistema de Control 56
4.5.3. Lenguaje de programación 59
4.5.4. Módulos de control 59
4.5.5. Ventanas de módulos de control (Faceplate) 62
4.5.6. Control de Proceso 73
V. INVERSION 79
5.1. Presupuesto del Proyecto 79

VI. CONCLUSIONES 81
VII. RECOMENDACIONES 82
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS 83
IX. GLOSARIO 84
X. ANEXOS 85

Índice d Tablas

Tabla 1Controlaldor Lógico Programable 15
Tabla 2 Codificación de los Intrumentos 32
Tabla 3 Comparación Técnica de Soluciones 50
Tabla 4 Comparación Comercial de soluciones 51
Tabla 5 Selección de Módulos de Entradas y Salidas 52
Tabla 6 Variables SIS 57
Tabla 7 Variables BPCS 59
Tabla 8 Indicador de Fallas de Válvula de Recirculación 65
Tabla 9 Indicador del Estado de Válvula de Recirculación 66
Tabla 10 Indicador de Válvula de Recirculación 66
Tabla 11 Indicadores de Estado de la Válvula Motorizada 68
Tabla 12 Indicador del Estado de la Bomba 69
Tabla 13 Indicador del Estado de las Bombas 70
Tabla 14 Indicador del Estado de las Válvulas 70
Tabla 15 Indicador del Estado de la Bomba 71
Tabla 16 Indicador del estado de funcionamiento de la bomba 1 72
Tabla 17 Indicador del estado del funcionamiento de la bomba 2 72
Tabla 18 Indicador del estado del funcionamiento de la bomba 3 73

Índice de Figuras

Fig. 1 Estación Intermedia "Corazón" Quito-Ecuador 9
Fig. 2 Sistema de control 12
Fig. 3 Componentes de un Sistema 12
Fig. 4 Sistema de Control en Lazo Cerrado 14
Fig. 5 Componentes básicos de un PLC 17
Fig. 6 Logotipo de Labviewxx 20
Fig. 7 Logotipo de Intouch 21
Fig. 8 Logotipo de Factory Talk View SE 21
Fig. 9 Logotipo de Vijeo Designer 22
Fig. 10 Codificación de Instrumentación del Proyecto 32

Fig. 11Poliducto 36
Fig. 12 Ducto 38
Fig. 13 Condición Actual de la Estación de Bombeo 40
Fig. 14 Ingreso a la Estación y Trampa Receptora 40
Fig. 15 Sistema de Bombeo Actual 41
Fig. 16 Descarga y Trampa Lanzadora 42
Fig. 17 Diseño Mecánico e Instrumentación en la Estación de Bombeo 43
Fig. 18 Ingreso a la Estación y Trampa Receptora 44
Fig. 19 Sistema de Bombeo Actual 44
Fig. 20 Sistema de Bombeo Nuevo 45
Fig. 21 Descarga y Trampa Lanzadora 46
Fig. 22 Arquitectura de Control 47
Fig. 23 Arquitectura de Control con equipamiento propuesto 55
Fig. 24 Variables del Sistema de Control 56
Fig. 25Señales Análogas 59
Fig. 26 Señales Digitales 60
Fig. 27 Válvulas de Recirculación 60
Fig. 28 Válvulas Motorizadas 61
Fig. 29 Válvulas de Cierre 61
Fig. 30 Unidades de Bombeo 62
Fig. 31 Indicador de Entrada Analógica 62
Fig. 32 Faceplate de señal Analógica 63
Fig. 33 Indicador de Estado de la Bomba 64
Fig. 34 Indicador de Señal Discreta 64
Fig. 35 Faceplate de Señal discreta 64
Fig. 36 Indicador de Válvula de Recirculación 64
Fig. 37 Faceplate de Válvula de Recirculación 65
Fig. 38 Indicador de Válvula Motorizada 66
Fig. 39 Faceplace de Válvula Motorizada 66
Fig. 40 Faceplace de Válvula Motorizada 67
Fig. 41Indicador de Falla de la Válvula Motorizada 67
Fig. 42 Indicador de Control de Flujo 68
Fig. 43 Flaceplate de Control de Flujo 68
Fig. 44 Representación de la Válvula Hart. 69
Fig. 45 Facelate de la Válvula Hart 69
Fig. 46 Tipos de Bombas: En la parte izquierda se muestra Una Bomba Antigua, en el centro Una Bomba actual y a la derecha la representación en los diagramas PDF. 70
Fig. 47 Faceplate de la Bomba 71
Fig. 48 Estación de Bombeo Actual 73
Fig. 49 Pantalla Grupo de Bombeo Principal 74
Fig. 50 Autoselector 78

I. ASPECTOS GENERALES

1.1. Generalidades de la empresa

1.1.1. Situación Problemática

El rápido incremento de la necesidad de combustibles derivados del petróleo es una realidad presente en Latinoamérica, Ecuador no está ajeno a esta necesidad y la enfrenta desde su principal empresa pública: PetroEcuador. Esta empresa tiene el monopolio ecuatoriano para la refinación, transporte y almacenamiento de los derivados del petróleo en Ecuador.

Uno de los principales objetivos de PetroEcuador es incrementar la capacidad de transporte de los derivados del petróleo en los principales poliductos que interconectan las refinerías con los centros de distribución para asegurar la demanda de combustible.

Como parte de esta iniciativa de modernización de los sistemas de transporte, además de incrementar las capacidades de la estaciones de bombeo, se requiere implementar sistemas de seguridad alineados a estándares internacionales.

El primer paso en el poliducto Esmeraldas-Quito es la estación intermedia "Corazón", ubicada de acuerdo al siguiente gráfico:

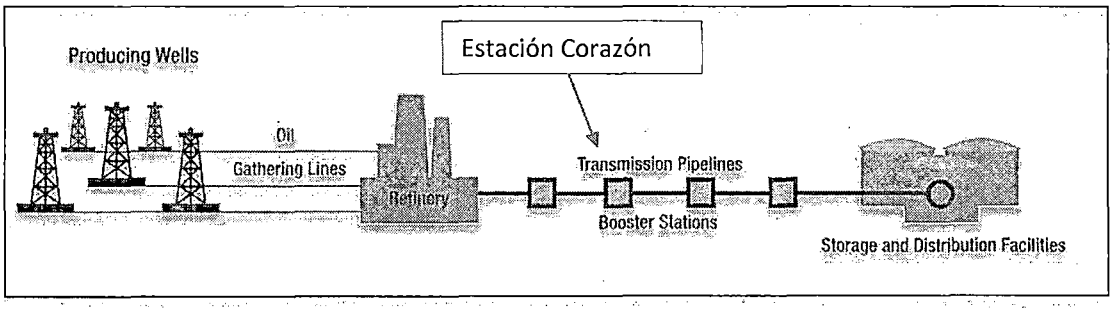


Fig. 1 Estación Intermedia "Corazón" Quito-Ecuador

La modernización de la estación Corazón empieza con los diseños alineados de las disciplinas Civil, mecánica, eléctrica y de Instrumentación y Control.

1.2. Diagnóstico de la situación actual

Desde poco después del inicio de las operaciones de la estación Corazón se ha visto la necesidad de incrementar el volumen transportado debido al rápido aumento de demanda de combustibles en el país. Debido a esta premura, se realizaron variadas modernizaciones en el sistema de instrumentación y control hasta llegar al punto donde se requiere actualizar la mayor parte del equipamiento para cumplir con las necesidades de producción. Las principales características del sistema actual son las siguientes;

- La estación cuenta con un arreglo de bombas de impulsión, en serie y controladas a través de variadores de velocidad, que son manejados por un operador de acuerdo a la información que recibe los transmisores de presión mediante señales de 4 a 20 mA y basados en la comunicación telefónica constante con otras estaciones respecto a paradas imprevistas, cambio de producto o cualquier hecho que pueda afectar la operación.
- La mayor parte de instrumentación de campo cuenta con enlace al sistema de supervisión sin embargo solo cuentan con capacidad de control para algunos actuadores por tanto la secuencias automáticas son muy limitadas.
- En relación con la prevención de fallas en los equipos o en la operación que pueden afectar la seguridad de la operación o de las personas, las estaciones solo cuentan con procedimientos manuales para asegurar una parada de la operación frente a un evento inesperado.

1.3. Delimitación del proyecto

1.3.1. Formulación del problema

Cómo diseñar el sistema control y monitoreo para la optimización de la estación intermedia de transporte de combustible "Corazón" ubicada en Quito, Ecuador?

1.3.2. Hipótesis

El diseño de un sistema de control y monitoreo permitirá optimizar la etapa de transporte de petróleo y sus derivados en una estación de bombeo.

1.3.3. Objetivos

1.3.3.1. Objetivo General

Diseñar un sistema de control y monitoreo para optimizar la etapa de transporte de petróleo y derivados en un modelo de estación de bombeo.

1.3.3.2. Objetivos Específicos

- Estudiar el funcionamiento de un modelo de estación de bombeo.
- Plantear el diseño para el sistema de control y monitoreo a detalle.
- Realizar la selección de equipos,
- Simulación del diseño de control y monitoreo.

1.3.4. Justificación e importancia

El siguiente proyecto tiene como objetivo plantear un diseño que pretende ser utilizado como sistema para la modernización de estaciones de bombeo convencionales. Se hará el estudio de la modernización de estaciones de bombeo usando equipos con tecnología de punta, para así brindar facilidades como seguridad, flexibilidad y administración. Además de mejorar la productividad, proteger al personal y al medio ambiente, alargar la vida de los equipos. Con el sistema a diseñar se ha modernizado la mayor parte de las tareas manuales que deben realizar los operadores de las estaciones de bombeo de los diferentes poliductos, pudiendo así evitar los errores humanos así también el cuidado del medio ambiente.

II. MARCO TEORICO

2.1. Control

2.1.1. Sistemas de Control

Sistema de control es el conjunto de dispositivos que actúan juntos para lograr un objetivo de control.

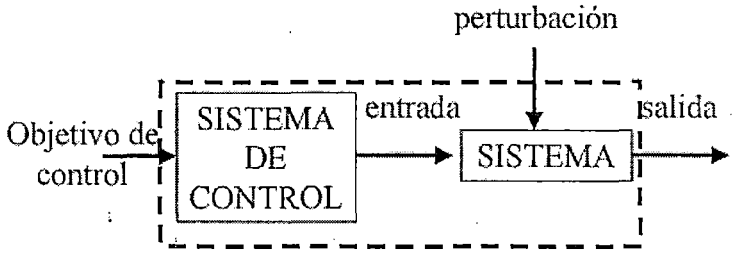


Fig. 2 Sistema de control

En la actualidad y gracias al avance de la tecnología, se han desarrollado sistemas de control digitales con los cuales se logra un funcionamiento óptimo de los procesos industriales. [2]
A continuación se definen alguna terminología básica.

2.1.1.1. Sistema

Es la combinación de componentes que actúan conjuntamente y cumplen un determinado objetivo.

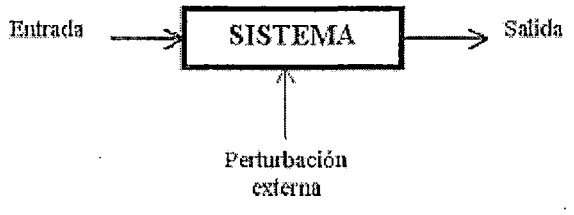


Fig. 3 Componentes de un Sistema

2.1.1.2. Variable de entrada

Es una variable del sistema tal que una modificación de su magnitud o condición puede alterar el estado del sistema.

2.1.1.3. Variable de salida

Es una variable del sistema cuya magnitud o condición se mide.

2.1.1.4. Perturbación

Es una señal que tiende a afectar el valor de la salida de un sistema. Si la perturbación se genera dentro del sistema se la denomina interna, mientras que una perturbación externa se genera fuera del sistema y constituye una entrada.

2.1.1.5. Señal de Referencia

Es el valor que se desea que alcance la señal de salida, también es conocido como punto de ajuste.

2.1.1.6. Error

Es la diferencia entre la señal de referencia y la señal de salida real.

2.1.1.7. Proceso

Operación que conduce a un resultado determinado.

2.1.1.8. Sistema de Control en Lazo Abierto (Directo)

Funciona sin retroalimentación y genera directamente la salida en respuesta a una señal de entrada.

Características

- No se compara la salida del sistema con el valor deseado de la salida del sistema (referencia).
- Para cada entrada de referencia le corresponde una condición de operación fijada.
- La exactitud de la salida del sistema depende de la calibración del controlador.
- En presencia de perturbaciones estos sistemas de control no cumplen su función adecuadamente.

Obsérvese que cualquier sistema de control que opere con una base de tiempo está en lazo abierto. Por ejemplo, el control de tráfico mediante señales operadas con una base de tiempo es otro ejemplo de control en lazo abierto. [2]

2.1.1.9. Sistema de Control en Lazo Cerrado

Es aquel que utiliza una medida de la señal de salida y una comparación con la salida deseada para generar una señal de error que se aplica al actuador.

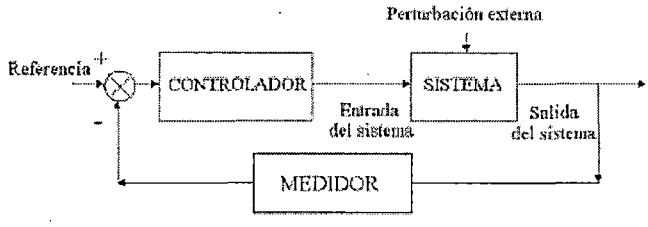


Fig. 4 Sistema de Control en Lazo Cerrado

2.1.1.10. Sistema de Control en Lazo Abierto

2.1.9.1. Clasificación

- Manuales: controlador operador humano
- Automático: controlador dispositivo Neumático, hidráulico, eléctrico, electrónico o digital (microprocesador)

2.1.9.2. Elementos de un lazo de control

- Sistema a controlar
- Controlador
- Actuador (puede incluirse en el sistema a controlar)
- Medidor: sensor + transductor

2.1.9.3. Funciones de un lazo de control

- Medir el valor de la variable controlada (medida y transmisión).
- Detectar el error y generar una acción de control (decisión).
- Usar la acción de control para manipular alguna variable en el proceso de modo que tienda a reducir el error (manipulación)

2.1.2. Autómatas Programables PLC's

La utilización de "autómatas programables" o controladores lógicos programables (PLC's), en los sistemas de control de plantas se ha extendido tan rápido en los ´últimos años que, en la actualidad, es difícil encontrar una industria en la que no se manejen. Estos tipos de

dispositivos de control electrónico, son sistemas que han evolucionado a un grado de versatilidad considerable. Se puede afirmar que casi todo tipo de control de procesos, que se requiera, se puede realizar con un PLC. Y ésta es, justamente, la razón de que sean tan populares en la actualidad.

2.1.2.1. Historia

En 1969 la División Hydramatic de la General Motors instaló el primer PLC para reemplazar los sistemas inflexibles alambrados usados entonces en sus líneas de producción. El dispositivo fue llamado controlador lógico programable PLC, nombre que resaltaría su característica más importante: el hecho de que es programable. Esta cualidad permitiría que el equipo pueda ser utilizado en una gran diversidad de procesos, ofreciendo a la industria flexibilidad y adaptabilidad a los cambios.

CARACTERÍSTICAS	SISTEMA CABLEADO	AUTÓMATA PROGRAMABLE
Flexibilidad de adaptación al proceso	Baja	Alta
Hadware estándar para distintas aplicación	No	Sí
Posibilidades de ampliación	Bajas	Altas
Interconexiones y cableado exteriores	Mucho	Poco
Tiempo de desarrollo del proyecto	Largo	Corto
Posibilidades de modificación	Difícil	Fácil
Mantenimiento	Difícil	Fácil
Herramientas de prueba	No	Sí
Stocks de mantenimiento	Medios	Bajos
Modificaciones sin parar el proceso ("on line")	No	Sí
Coste para pequeñas series	Alto	Bajo
Estructuración en bloques independientes	Difícil	Fácil

Tabla 1Controlaldor Lógico Programable

2.1.2.2. Definición

Según la "NEMA"2 un controlador programable es: "Un aparato electrónico operado digitalmente, que usa una memoria programable para el almacenamiento interno de instrucciones l´ogicas3 para implementar funciones específicas, tales como lógica, secuencia, registro y control de tiempos, conteo y operaciones aritméticas para controlar, a través de módulos de entrada/salida digitales (ON/OFF) o analógicos (15 VDC, 4-20 mA, etc.), varios tipos de máquinas o procesos".

2.1.2.3. Componentes

El PLC es un dispositivo electrónico basado en un microprocesador y que contiene algunos otros circuitos adicionales que interactúan con ´este. Entre sus componentes principales se encuentran los siguientes:

- **Fuente de poder:** Proporciona energía (DC) a los circuitos electrónicos que conforman al controlador. Su entrada puede ser AC o DC, con valores de voltaje típicos como 220V, 115V, 24V ´o 12V.
- **Unidad Central de Proceso (CPU):** Realiza las operaciones aritméticas y lógicas, y además controla la secuencia de ejecución del programa, coordina la comunicación requerida entre los diversos circuitos, entre otras funciones.
- **Módulos de entrada:** Reciben las señales eléctricas directamente de los dispositivos primarios de control.
- **Módulos de salida:** Envían señales a los elementos finales de control, controlado así el estado que estos mantengan.
- **Batería:** Mantiene energizada la memoria RAM que almacena el programa mientras el PLC permanece des-energizado. El PLC, con batería, generalmente puede mantener el programa durante alrededor de tres meses. [1] La vida útil de la batería, varía de 1 a 3 años. En aquellos PLC's que contienen memoria no volátil (ROM o de cualquier otro tipo), la batería no es indispensable.
- **Memoria o módulo de memoria:** Almacena el programa de la aplicación. Esta puede ser de tipo volátil o no volátil (RAM o ROM).

- **Puerto de comunicaciones:** Permite al PLC establecer comunicación e intercambiar información con dispositivos externos, ya sea otros PLC's, interfaz (HMI), unidades de programación, periféricos, o alguna otra unidad conectada en red.

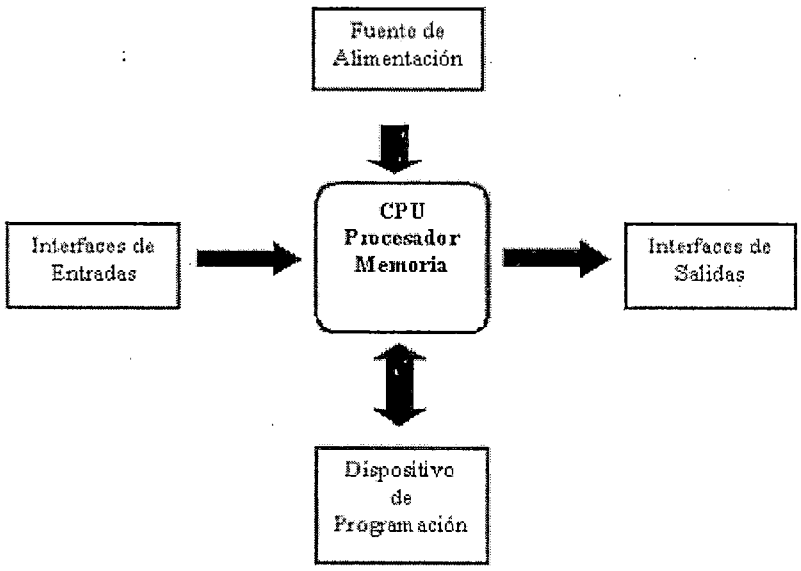


Fig. 5 Componentes básicos de un PLC

2.1.2.4. Clasificación de los PLC's

Las características del PLC dependen de cada uno de sus componentes. Existen aquellos compuestos de una sola unidad, llamados integrados o compactos, así como los modulares, esto es, se componen de varios módulos. Esta característica (que se puede integrar por módulos) le provee de una gran flexibilidad al usuario final, puesto que puede seleccionar cada uno de los módulos con las características específicas que requiere. De aquí que el fabricante siempre nos ofrece un conjunto amplio de alternativas y enlista las especificaciones de cada producto.

• **Modelos integrados:** Es completo, aunque para aplicaciones de tamaño pequeño, e integra todos los componentes descritos en el punto 2.3.3, en una sola unidad. Se le conoce como PLC para aplicaciones pequeñas ´o SLC. El CPU, el módulo de memoria, los puntos de entrada y salida, la batería, generalmente la fuente, y en muchas ocasiones hasta el cable de

comunicación y el software de interfaz para computadora, forman parte del mismo paquete comercial; aunque, desde luego, estos últimos no están integrados en la unidad.

- **Modelos modulares:** Se componen de diversos elementos capaces de agruparse con otros semejantes, denominados módulos. Estos se seleccionan y se integran en una unidad (configuran) de acuerdo a la necesidad del usuario final, puesto que su diseño ofrece las opciones de agrupación, en gran diversidad. Aun cuando los módulos componentes sean semejantes, sus características pueden cambiar de manera radical. Un sistema modular típico se compone de: la tarjeta madre ("chasis" o "rack"), el CPU o procesador, el módulo de memoria, y los módulos de entrada y los de salida, que pueden ser digitales o analógicos y con un amplio rango de diferencias entre ellos. Pueden adicionarse módulos especializados, que realizan una tarea de control específica y compleja.

2.1.2.5. Lenguajes de Programación

El PLC puede ser programado, usando diferentes lenguajes. Estos, difieren de acuerdo a las características particulares de cada modelo de PLC con que se trabaja. Programación en diagrama de escalera o lenguaje ladder: Este es el método más usual, diseñado para permitir una programación de manera sencilla basada en símbolos y esquemas con los que el personal técnico está familiarizado, pues se basa en símbolos del diagramas de control electromecánico.

2.1.3. Sistema Scada (Supervisory control anda data acquisition)

Un sistema SCADA (Sistema de Control, Supervisión y Adquisición de Datos) es un sistema de control, medición y monitoreo que consiste en una estación maestra (MTU), una o más unidades remotas para control y recolección de datos de campo (RTUs) y un conjunto de paquetes de software usados para monitorear y controlar a los elementos remotamente localizados. Un sistema SCADA provee toda la información que se genera en el proceso productivo a los diversos usuarios.

2.1.3.1. Características

- Adquisición y almacenado de datos, para recoger, procesar y almacenar la información recibida de forma continua y confiable.

- Representación gráfica y animada de variables de proceso y monitorización de éstas por medio de alarmas.
- Ejecutar acciones de control, para modificar la evolución del proceso, actuando bien sobre los reguladores autónomos básicos (consignas, alarmas, menús, etc.), bien directamente sobre el proceso mediante las salidas conectadas.
- Arquitectura abierta y flexible con capacidad de ampliación y adaptación.
- Conectividad con otras aplicaciones y bases de datos, locales o distribuidas en redes de comunicación (i.e. MS Excel, SQL)
- Supervisión, para observar desde un monitor la evolución de las variables de control.
- Transmisión de información con dispositivos de campo y otros PC.
- Base de datos, gestión de datos con bajos tiempos de acceso. Suele utilizar ODBC. Presentación, representación gráfica de los datos. Interfaz del Operador o HMI (Human Machine Interface).
- Explotación de los datos adquiridos para gestión de la calidad, control estadístico, gestión de la producción y gestión administrativa y financiera.
- Alertar al operador de cambios detectados en la planta, tanto aquellos que no se consideren normales (alarmas) como cambios que se produzcan en la operación diaria de la planta (eventos). Estos cambios pueden ser almacenados en el sistema para su posterior análisis.

2.1.3.2. Elementos de un sistema Scada

Básicamente está constituido por los siguientes componentes

- Interfaz Humano – Maquina
- Unidad Maestra (MTU)
- Canales o Medios de Comunicación
- Unidades Remotas
- Transductores

2.1.3.3. Estructura del sistema Scada

La implantación de un sistema SCADA requiere trabajar a tres niveles dentro del entorno piramidal de automatización integrada, permitiendo el intercambio de información entre los elementos de la propia capa o de niveles inmediatamente superior o inferior.

2.1.3.4. Nivel de supervisión

Aquel que nos permite monitorear el proceso, fijándonos el rendimiento, funcionalidad, entre otros; con lo cual podemos garantizar el correcto funcionamiento.

2.1.3.5. Nivel de control

En este nivel se encuentran todo aquello que controla el proceso como son los PLC, controladores PID, etc.; estos están diseñados para manejar el proceso de manera correcta según convenga.

2.1.3.6. Nivel de Proceso

Aquí encontramos a todos los elementos que tienen un contacto directo con el proceso como son los sensores y actuadores, los cuales ejecutan acciones o captan señales que intervienen en el sistema.

2.1.3.7. Principales softwares

Existen actualmente muchos programas capaces de generar un sistema SCADA, los más conocidos son:

• **Labview:** De la empresa National Instruments, es una plataforma de programación gráfica que ayuda a ingenieros a escalar desde el diseño hasta pruebas y desde sistemas pequeños hasta grandes sistemas.

Fig. 6 Logotipo de Labview

• **Wonderware InTouch:** Software robusto capaz de realizar monitoreo continuo. Integración con controles Microsoft ActiveX y controles .NET, librería extensible con más de 500 de objetos y gráficos prediseñados, "inteligentes" y personalizables.

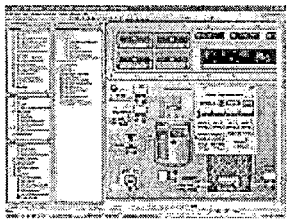


Fig. 7 Logotipo de Intouch

• **Factory Talk View SE:** Perteneciente a la empresa Rockwell Automation, es un software HMI a nivel de supervisión para el seguimiento y control de las aplicaciones de servidor distribuido / multiusuario. Proporciona una imagen completa y precisa de las operaciones, la satisfacción de las demandas de múltiples partes interesadas, incluyendo la ingeniería, mantenimiento, operaciones y producción de tecnología de la información (IT).

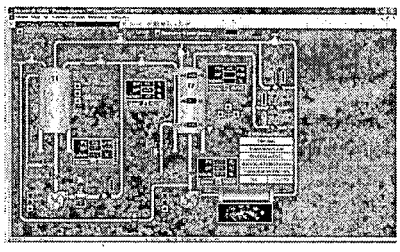


Fig. 8 Logotipo de Factory Talk View SE

• **Vijeo Designer:** De la empresa Schneider Electric, dedicado a la configuración de HMI Magelis, el software Vijeo Designer tiene un rendimiento destacado. Este SCADA es óptimo para el trabajo con los plc de esta empresa como los Modicon.

Innovaciones:

- Visualización de video y función de grabación
- Vea sus imágenes en tiempo real desde una cámara conectada a Magelis XBT GT/GK y GTW o iPC

- Codificación/decodificación de sus secuencias con grabación a pedido en formato MPEG en su Magelis XBT GT/GK y GTW, o en formato AVI en su Magelis iPC.´

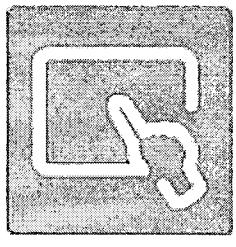


Fig. 9 Logotipo de Vijeo Designer

2.1.4. Interfaz Hombre-Máquina – HMI

HMI es una interfaz que nos permite la interacción entre un humano y una máquina, las cuales varían ampliamente, desde paneles de control para plantas nucleares hasta botones de entrada en un celular. Una interfaz hombre maquina es la que permite que el usuario u operador del sistema de control o supervisión, interactué con los procesos.

Dos componentes son necesarios en una interfaz hombre máquina:

- Primero está la entrada, un usuario humano necesita de algún medio para decirle a la máquina que hacer, hacerle peticiones o ajustarla.
- Segundo la interfaz requiere de una salida, que le permita a la maquina mantener al usuario actualizado acerca del progreso de los procesos, o la ejecución de comandos en un espacio físico.

2.1.4.1. Características básicas de las HMI

Los aspectos esenciales que se realizan en la comunicación hombre maquina son:

Indicación del estado del proceso:

Para ello se pueden utilizar: equipos convencionales, terminales de video, impresoras, registradores, diodos emisores de luz (LED). Para la selección en pantallas se pueden emplear: mouse, teclado, lápiz óptico, touch screen.

Tratamiento e indicación de alarmas

Buscan informar al operador de una situación anormal

Las alarmas se pueden representar:

- En la propia pantalla, mediante símbolos que aparecen intermitentemente, cambios repetidos de color en el nombre de alguna variable o grupo, intermitencia de textos, mensajes etc.
- Mediante el uso de videos específicos.
- Mediante indicación sonora.
- Utilizando impresoras para imprimir los mensajes de alarma.

Ejecución de acciones de mando:

Estas se pueden realizar por técnicas convencionales (pulsadores, interruptores, potenciómetros, etc.), o mediante teclados, lápiz óptico, mouse, pantallas táctiles, etc.

Las características del puesto de mando deben estudiarse cuidadosamente. Con el puesto de mando se debe buscar comodidad para el operador: temperatura estable, presión atmosférica ligeramente superior al exterior, muebles cómodos y funcionales, buena iluminación.

2.1.4.2. Tipos de HMI

Interfaz de manipulación directa es el nombre de una clase general de interfaces de usuario, que permiten a los usuarios manipular los objetos que se les presenten, con las acciones que correspondan al menos vagamente con el mundo físico, antiguamente solo consistía en un panel con pulsadores e indicadores analógicos, más actualmente con ayuda de la tecnología, han evolucionado en gran manera.

Los siguientes tipos de interfaz de usuario son los más comunes en la actualidad:

- Las interfaces gráficas de usuario (GUI) aceptan la entrada a través de un dispositivo como el teclado de la computadora y el ratón, y proporcionar una salida gráfica en la pantalla del ordenador. Hay por lo menos dos principios diferentes utilizados en el diseño de interfaz gráfica de usuario: Interfaces de usuario orientada a objetos (OOUIs) e Interfaces orientadas a aplicaciones.
- Interfaces basadas en Web de usuario o interfaces de usuario web (IUF), son una subclase de interfaces gráficas de usuario que aceptan una entrada y proporcionar

una salida mediante las páginas web que se transmiten a través de internet y vistos por el usuario mediante un navegador web.

- Las pantallas táctiles son dispositivos que aceptan una entrada a través del tacto de los dedos o un lápiz. Se utiliza en una amplia cantidad de dispositivos móviles y muchos tipos de punto de venta, procesos industriales y máquinas, máquinas de autoservicio, etc.
- Las interfaces de línea de comandos, donde el usuario proporciona la entrada al escribir una cadena de comando con el teclado del ordenador y el sistema proporciona una salida de impresión de texto en la pantalla del ordenador. Utilizado por los programadores y administradores de sistemas, en los ambientes científicos y de ingeniería, y por los usuarios de computadoras personales de tecnología avanzada.
- Las interfaces de voz del usuario, que acepta la entrada y proporcionar una salida mediante la generación de mensajes de voz. La entrada del usuario se realiza pulsando las teclas o botones, o responder verbalmente a la interfaz.
- Multi-pantalla de interfaces, el empleo de múltiples pantallas para proporcionar una interacción más flexible. Esto se emplea a menudo en la interacción de juegos de ordenador, tanto en las galerías comerciales y, más recientemente, etc.

2.2. Consideraciones de diseño Sistema Integrado de Control y Seguridad

Las prácticas actuales de diseño y operación de estaciones de transporte de derivados del petróleo, se orientan a centralizar el sistema de control, monitoreo y seguridad en un sistema integrado de control y seguridad (ICSS de acuerdo a sus siglas en ingles).

El sistema integrado está conformado por 2 Sub-Sistemas:

- Sistema Básico de Control de Procesos (BPCS).
- Sistema Instrumentado de Seguridad (SIS).

De acuerdo a la envergadura y el dimensionamiento del sistema ICSS completo se define si es necesario contar con Sistemas BPCS y SIS independientes o se confirma la viabilidad de considerar ambos sistemas en el mismo hardware.

La interfaz para el control y la supervisión se deben realizar desde un cuarto de control y utilizando un software que unifique la información y la muestre representaciones gráficas del proceso en las pantallas de una computadora utilizada como terminal de supervisión y control, para la implementación de este sistema es necesaria la selección de un arreglo de servidores y computadoras.

Adicionalmente el Sistema Integrado debe contar con dos redes de comunicación, la primera destinada a la comunicación entre servidores y controladores, y la segunda dedicada a la comunicación de los controladores y los equipos de campo como gabinetes concentradores de entradas y salidas de campo.

2.2.1. Diseño de Sistema de Control de Procesos (BPCS)

El BPCS es el sistema responsable de integrar todas las funciones de control requeridas para las operaciones normales de control en una estación.

El Sistema Básico de Control de Procesos (BPCS) permitirá el control automático requerido para la operación normal de la estación considerando las siguientes premisas:

2.2.1.1. Consideraciones básicas de controlador

Controladores en Redundancia, entendiéndose como redundancia: chasis independiente deberán estar físicamente separados, fuentes de poder independiente para alimentar a cada chasis, procesador y tarjetas de comunicación en cada chasis. Esto con la finalidad de minimizar el potencial de fallas de causa común.

El sistema BPCS debe incluir diagnóstico automático, en línea, para probar todos los componentes del equipo (hardware) y del sistema o programa (software), de manera de permitir que las fallas sean identificadas y debidamente reportadas.

El BPCS deberá ser responsable de realizar el monitoreo, control y secuencia de los procesos de la estación, entre los componentes del sistema, los instrumentos de campo, los sistemas de bombeo y las unidades paquete.

2.2.1.2. Capacidad de Expansión.

El sistema será escalable, es decir la expansión del sistema deberá ser posible sin afectar el funcionamiento de aquellos controladores que ya están operando, así mismo no debe requerir configuraciones extensas ni complejas para asignar una nueva dirección de red a un controlador o que se requiera añadir al sistema y por ende a la red.

2.2.1.3. Revisiones al Software

El sistema de control deberá permitir actualizaciones del software del sistema operativo de todos los módulos del sistema en línea, sin necesidad de tener que producir una parada del mismo, ni perder la intervención del operador o acceso a cualquiera de las funciones de control.

El software de aplicación deberá ser diseñado de manera tal, que no requiera modificaciones al sistema operativo y que futuras revisiones y actualizaciones del sistema operativo no afecten su funcionamiento.

2.2.1.4. Disponibilidad

Los controladores del BPCS deberán ser diseñados con una integridad tolerante a fallas, de manera tal que una falla simple de cualquiera de sus componentes no ocasione la pérdida de capacidad de operación de más de un lazo.

El sistema debe contar con la capacidad de remoción de módulos en caliente.

El BPCS debe ser diseñado para una disponibilidad, seguridad e integridad no menor a 99,9%, para lo cual es mandatario el uso de Controladores en Chasis Redundante y Protocolos de Comunicación de campo redundantes.

2.2.2. Diseño del Sistema Instrumentado de Seguridad (SIS)

El Sistema Instrumentado de Seguridad (SIS) es un sistema cuya función es garantizar la operación segura de los equipos, proteger al personal y al ambiente; contendrá al sistema de parada de emergencia.

El Sistema Instrumentado de Seguridad SIS debe estar diseñado de tal manera que garantice:

- Alta integridad de acción para proveer protección a las instalaciones, al personal y al ambiente
- Operación confiable para minimizar las paradas falsas.
- Mínima posibilidad de errores humanos en el diseño, operación o mantenimiento que creen situaciones de peligro.

Considerará las siguientes premisas:

2.2.2.1. Consideraciones básicas

- Los componentes del Controlador de Seguridad deben ser certificados por una entidad autónoma independiente al fabricante del equipo, para uso en SIS con nivel de integridad de hasta SIL 2 inclusive.

- El sistema tendrá un diseño altamente confiable y una disponibilidad operacional sobre el 99,9%. El diseño del sistema brindará reparaciones no disruptivas del equipo defectuoso y expansión de campo no disruptiva en línea del sistema. La redundancia y el cumplimiento de las Certificaciones SIL 2 se basarán en el sistema y será modular.

- El Sistema Instrumentado de Seguridad (SIS) estará compuesto por dos Controladores en Redundancia en cuanto a chasis, procesador, fuentes de poder y tarjetas de comunicación, para asegurar máxima confiabilidad.

- El Sistema Instrumentado de Seguridad (SIS) debe permitir producir paradas automáticas de emergencia de equipos o de las estaciones, una vez detectadas las condiciones de anormalidad que representen peligro.

2.2.2.2. Capacidad de Expansión.

- La expansión del sistema debe ser posible sin afectar el funcionamiento de aquellos controladores que ya están funcionando, así mismo no debe requerir configuraciones extensas ni complejas para asignar una nueva dirección de red a un controlador o que se requiera añadir al sistema y por ende a la red

- El controlador electrónico será escalable, tendrá la capacidad para incluir más señales y puntos de comunicación sin interferir en la configuración básica.

- El controlador electrónico debe ser capaz de permitir la inclusión y/o remoción de dispositivos y unidades de control en "caliente" (hot swap).

2.2.2.1. Autodiagnóstico

- El controlador electrónico debe contar con un sistema de autodiagnóstico para: diagnóstico de arranque, verificación de memoria, configuración, verificación del programa (software) y verificación de comunicación, incluyendo alarmas de falla de autodiagnóstico con posibilidad de ser supervisadas y corregidas de forma local y/o remota.

2.2.3. Consideraciones para equipamiento de Entradas y Salidas (I/O`S)

El equipamiento para el manejo de las entradas y salidas (I/O´s) desde campo, hacia los controladores se debe realizar mediante módulos o tarjetas que se puedan instalarse en unidades como chasis comunicados a través de una red de comunicación industrial hacia los controladores. Las características principales son las siguientes:

- Lo módulos o tarjetas de I/O´s para señales analógicas y discretas, deberán incluir la capacidad de diagnóstico mediante falla a tierra, circuito abierto o corto circuito.

- Toda la circuitería del subsistema de I/O deberá estar protegida contra sobrecargas de manera que de producirse, no produzcan daños en ellas o degradación del sistema en general.

- El software de configuración deberá ser capaz de reconocer automáticamente el tipo de módulo I/O (analógico, digital o serial) una vez conectado.

- Los instrumentos que utilicen "Foundation Fieldbus" como medio de trasferencia/recepción de información se conectarán a dispositivos que permitirán la comunicación hacia el BPCS a través de una red industrial.

2.2.3.1. Módulos de Entrada Analógica

Los módulos deben soportar las entradas analógicas de procesos listadas a continuación:

- 4-20 mA DC más Hart para transmisores inteligentes.
- Entradas de pulso.

Los módulos deberán garantizar los siguientes valores:

- Repetitividad de + 0.05% del span.
- Exactitud de + 0.1% del span.

2.2.3.2. Módulos de Entrada Digital

Los módulos tendrán la capacidad de diagnóstico de falla a tierra, circuito abierto y corto circuito. El sistema deberá ser capaz de soportar de entradas digitales de 24VDC, 120VAC o 240VAC digitales con una estampa de tiempo menor a 1 segundo o mejor:

2.2.3.3. Módulos de Salidas Analógicas

Los módulos tendrán la capacidad de diagnóstico de falla a tierra, circuito abierto y corto circuito. Además deberán ser capaces de manejar señales analógicas de 4-20 mA DC más HART para instrumentación inteligente. Estos módulos deberán garantizar los siguientes valores:

- Repetitividad de + 0.1% del span.
- Exactitud de + 0.25% del span.

2.2.3.4. Módulos de Salidas Discretas

El sistema debe soportar los siguientes tipos:

- Encendido / Apagado salidas de 24 VDC
- Momentánea con ancho configurable
- Contactos secos.

2.2.3.5. Módulos Foundation Fieldbus I/O

El Sistema debe contar con dispositivos para enviar/recibir la información de la instrumentación con protocolo "Foundation Fieldbus", capaces de soportar el control tanto en el instrumento propiamente como en el controlador. Cada segmento H1 deberá suministrar alimentación a la instrumentación de campo asociada a él. Cada módulo deberá tener indicación de alimentación, condición de error y estatus.

Cada dispositivo deberá soportar un mínimo de dos segmentos y a cada segmento se podrá asociar 10 instrumentos "Foundation Fieldbus".

La comunicación de los Segmentos Foundation Fieldbus con el controlador deberá hacerse usando una red industrial hacia los controladores de Proceso y Seguridad.

2.2.3.6. Módulos de Medición de flujo configurable.

Se deberá suministrar dispositivos para la medición de caudal de alta velocidad, que pueda ser colocado en un slot del RIOB. Su trato de señal debe ser independiente del resto del sistema con lo que se tiene una medida más real. Cada módulo debe tener indicación de alimentación, condición de error y status.

2.2.4. Consideraciones de Software de Programación

2.2.4.1. Lenguajes de programación

Es necesario contar con la opción de utilizar diferentes lenguajes de programación asociados al ambiente de programación de los controladores.

Los lenguajes recomendados son los siguientes:

- Diagrama de Bloque de Función, para ser utilizados en los procesos continuos.
- Gráfico de Función Secuencial, para manejo de la secuencia de control y del proceso.
- Texto Estructurado, para algoritmos de ciclo personalizado y matemáticos complejos.
- Diagrama en Escalera, para el control secuencial en base al estado. Será utilizado para el Control del Encendido de Equipos Eléctricos.

Todos los tipos de programación deben coexistir entre sí en el controlador de forma simple, tener la habilidad de interactuar entre sí y soportar la edición en línea.

2.2.4.2. Manejo de Fallas

El sistema tendrá la capacidad de diagnóstico de falla, ante lo cual se deberá generar Estatus de valor inválido para las entradas y salidas, adicionalmente se generará la validación de las variables calculadas, un valor será declarado inválido si se da cualquiera de las siguientes condiciones:

- El valor está fuera de rango.
- Si el valor no puede ser medido o calculado.
- Si el valor es declarado inválido por un programa de aplicación.
- Si el valor es declarado inválido por el instrumento de origen.

2.2.4.3. Modos de Control

El sistema de control debe contar con diferentes modos de operación de un lazo de control individual como es en modo manual y el modo automático.

En modo manual el operador de la estación prácticamente controla la salida de un lazo de control a su criterio de procesos, mientras que en modo automático el propio controlador lo realiza de acuerdo a una consigna asignada.

2.2.4.4. Control Discreto

El sistema debe contar con la posibilidad de utilizar funciones lógicas (AND, OR, NOT, NAND, NOR, XOR), Detección de cambio de estado, temporizadores y contadores, entre otros.

2.2.4.5. Control Secuencial

El sistema debe ser capaz de ejecutar controles secuenciales sin hacer modificaciones al software estándar, considerando lo siguiente:

- Facilidades necesarias para control en tiempo real de procesos secuénciales.
- Posibilidad de modificar lógica de los programas mientras otras secuencias están activas.

2.2.4.6. Auto Sintonización

El software debe contar con la opción de realizar la auto-sintonización de los lazos PID parte del sistema de control de proceso y seguridad. Esta auto-sintonización cuenta con la opción para procesos con dinámica lenta y rápida.

2.2.5. Consideraciones Dispositivos "Foundation Fielbus"

Se establece que los instrumentos instalados cuenten con el protocolo "Foundation Fieldbus", este protocolo requiere cumplir se deberá cumplir con las siguientes condiciones:

- En las troncales de los segmentos "Foundation Fieldbus" requie "signal terminator".
- Se recomienda el diseño de la red "Foundation Fieldbus" utilizando la topología de árbol, rama o una combinación de ambas si aplica.
- Es recomendable que los dispositivos "Foundation Fieldbus" que intercambien data para cálculos o control estén conectados en el mismo segmento.
- Es recomendable que la alimentación a cada segmento "Foundation Fieldbus" sea provista a través de acondicionador de manera de prevenir que la señal de comunicación sea atenuada por la fuente de poder y eliminar así problemas de causados por bajo voltaje entre los segmentos a través de una fuente de poder común.
- La topología tipo rama será usada para conectar dispositivos individuales a un segmento "Foundation Fieldbus".

Se usarán hasta 10 instrumentos por segmento H1, cantidad que dependerá de la distancia y/o ubicación del instrumento.

2.1. Definición de codificación para la Instrumentación

Se plantea la siguiente codificación para ser utilizada en el proyecto:

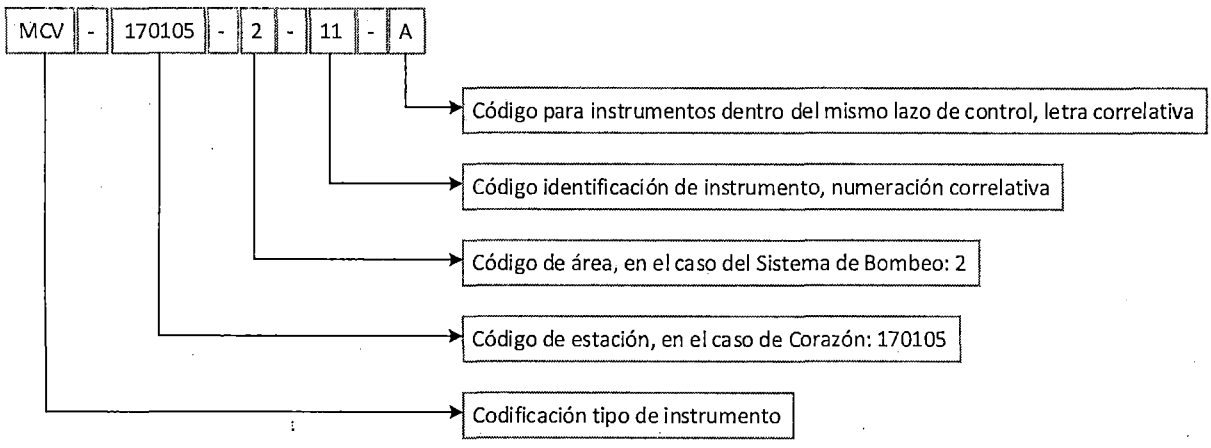


Fig. 10 Codificación de Instrumentación del Proyecto

Así mismo la codificación de los principales instrumentos, es la siguiente:

Codificación Instrumentación	Descripción
MCV	Válvula de control motorizada
PSV	Válvula de alivio de presión
LSL	Interruptor de Nivel Bajo
LSH	Interruptor de Nivel Alto
DIT	Transmisor indicador de densidad por Coriolisis
FV	Válvula de control neumática
FIT	Transmisor indicador de flujo
PI	Indicador de presión
PIT	Transmisor indicador de presión

Tabla 2 Codificación de los Intrumentos

III. PROCESO DE TRANSPORTE DE DERIVADOS DE PETROLEO

3.1. Beneficios del petróleo y sus derivados

El petróleo es un recurso natural no renovable que aporta el mayor porcentaje del total de la energía que se consume en el mundo, corresponde al energético más importante en la historia de la humanidad.

La historia del petróleo como elemento vital y factor estratégico de desarrollo es relativamente reciente, de menos de 200 años.
Lo comercializó por vez primera bajo el nombre de "aceite de roca" o "petróleo. en el año 1850, Samuel Kier, un boticario de Pittsburg, Pennsylvania (EE.UU.), (VASALLO J., HERRERA DESMIT M. U.N.Co.; 2002).

A partir de entonces se puede decir que comenzó el desarrollo de la industria del petróleo y el verdadero aprovechamiento de un recurso que indudablemente ha contribuido a la formación del mundo actual.

El petróleo contiene tal diversidad de componentes que difícilmente se encuentran dos tipos idénticos. Existen parámetros internacionales, como los del Instituto Americano del Petróleo (API) que diferencian sus calidades y, por tanto, su valor. Así, entre más grados API tenga un petróleo, mejor es su calidad.

Los petróleos de mejor calidad son aquellos que se clasifican como "livianos" y/o "suaves" y "dulces". Los llamados "livianos" son aquellos que tienen más de 26 grados API. Los "intermedios" se sitúan entre 20º y 26º API, y los "pesados" por debajo de 20º API.

En la actividad petrolera, las disposiciones y el manejo habitual de hidrocarburos y combustibles, en algunos casos conlleva a la contaminación del suelo cuando tanques, oleoductos y diversas instalaciones sufren pérdidas. Los líquidos migran hacia el suelo y subsuelo (zona vadosa), hacia al agua subterránea (zona saturada – acuífero) o superficialmente hacia un bajo topográfico o curso de agua.

No solo las contaminaciones se producen por roturas de los sistemas de almacenaje o de transporte, sino que el mal manejo del producto puede provocar impactos negativos en la ecología regional, como por ejemplo derrames desde oleoductos en mal estado, mal funcionamiento de válvulas, etc.

El petróleo en el suelo, que pasa a considerarse como un contaminante, se convierte en un riesgo para la salud humana y el ecosistema. En algunos casos, la contaminación no solo provoca problemas de toxicidad, sino que además puede ocasionar grandes riesgos de accidentes (explosiones) debido a las acumulaciones de gases en el suelo.

El petróleo es una mezcla muy compleja que contiene principalmente hidrocarburos (compuestos que contienen moléculas con átomos de carbono e hidrogeno), compuestos con heteroátomos (compuestos que contienen moléculas con átomos de carbono e hidrógeno con heteroátomos tales como azufre, nitrógeno, u oxígeno), y bajas concentraciones de constituyentes metálicos. La complejidad del petróleo y sus derivados se incrementa con el número de carbonos. La gasolina tiene un bajo número de componentes así como el diesel.

Por ejemplo, hay solamente 75 posibles combinaciones para moléculas que contienen 10 átomos de carbono, pero hay 366.319 combinaciones posibles para moléculas que contienen 20 átomos de carbono. Es imposible identificar todos los componentes, así el petróleo y sus derivados son caracterizados en términos de su rango de ebullición y su número de carbono aproximado.

3.2. Transporte del petróleo y sus derivados

El transporte en la actividad económica es fundamental para el desarrollo de los distintos agentes económicos. Posibilita el movimiento de personas y bienes entre distintos puntos del planeta, por lo anterior se constituye en uno de los pilares del impulso del comercio exterior en cada nación.

Las áreas básicas de influencia del sector transporte son el sistema de transporte ferroviario, aéreo, por vía marítima y por supuesto el transporte a través del autos y camiones de pasajeros y de carga. El sector transporte contribuyó con alrededor del 7% del Producto Interno Bruto nacional en el 2008 y es base para el desarrollo de prácticamente todas las actividades económicas.

Para la industria de los hidrocarburos, el transporte es una parte básica de su cadena de valor y parte sustantiva en la distribución de los derivados del petróleo a los centros del consumo, pero sobre todo es un elemento fundamental en la creación de valor en la empresa.
En general, el transporte es el vínculo entre las operaciones de explotación y proceso de hidrocarburos, y entre estas y los consumidores de los mismos. Incluso, es base en las actividades de explotación, porque permite llevar los productos de los pozos a las estaciones de recolección y separación.

En esta cadena productiva, uno de los elementos que juegan un papel indispensable y estratégico es el transporte de diversos productos, ya sea el petróleo crudo o gas extraídos de los pozos o sus productos derivados obtenidos en las diferentes refinerías y centros procesadores.

Lo anterior hace necesario contar con una red de transporte distribuida a lo largo y ancho del país, pasando por terrenos desérticos como por poblaciones y ciudades, esto para satisfacer de manera oportuna el abastecimiento de hidrocarburos.

En los inicios de la industria petrolera el crudo y sus productos se almacenaron, transportaron y distribuyeron en barriles o bidones, causando grandes gastos de mano de obra y pérdidas considerables de producto. Con ello, se vio la necesidad de crear un sistema eficiente de transporte que disminuyera gastos, tiempo y pérdidas.

Esta red de transporte está constituida por oleoductos o buque tanques que transportan por mar el aceite crudo desde el yacimiento a las refinerías nacionales y al mercado internacional, según sea el caso. También se cuenta con el transporte por ferrocarril por medio de vagones cisterna, el transporte por carretera, mediante auto tanques con características especiales en su construcción por transportar productos inflamables.

Por supuesto, por ductos terrestres, ya que es el método de transporte más barato, seguro y eficiente, aunque requiere de mantenimiento y supervisión de las condiciones físicas y mecánicas de la infraestructura involucrada para que cumpla al cien por ciento su finalidad.

Por su complejidad e importancia, el transporte ha sido apoyado por el sector privado, esta participación incluye el mantenimiento de la infraestructura involucrada en la distribución de hidrocarburos. Ésta puede ser realizada por el gobierno y el sector privado, en ambos casos existen ventajas y desventajas.

Una de las ventajas de que el sector privado realice estas actividades es la aplicación de tecnologías de punta para garantizar la integridad de los ductos y la desventaja es la dependencia que se crea, porque el gobierno no ha sido capaz de realizar estas actividades al 100% y de manera eficaz, además de no darle la importancia requerida, debido a la limitada visión de los gobernantes para impulsar esas diligencias básicas.

3.3. Sistema de transporte a través de Poliductos

El transporte de los productos del petróleo puede dividirse en dos etapas generales; la primera trata del transporte del crudo desde los yacimientos a la refinería, y la segunda, desde la refinería a los centros de distribución (The Institute of Petroleum, Londres, 1963).

La distribución y comercialización de los productos derivados del petróleo se hace a través de poliductos, camiones cisterna, tanques petroleros y o barcazas, hasta los

distribuidores o grandes consumidores, como las centrales generadoras de energía eléctrica e industrias.

Un ducto es una tubería para el transporte de crudo o gas natural entre dos puntos, ya sea tierra adentro o tierra afuera. Los ductos también pueden clasificarse de acuerdo al producto que transportan; el oleoducto es un conducto de grandes dimensiones, provisto de estaciones de bombas situadas de trecho en trecho, que sirve para transportar el petróleo crudo desde los campos petrolíferos hasta las refinerías o puertos, o desde una u otros hasta los centros de consumo de distribución.

Un gasoducto es una tubería de gran diámetro que sirve para transportar el gas natural y a veces el gas de hulla, desde el sitio donde se extrae o produce hasta los centros de distribución, de utilización o de transformación.

Los poliductos son conducto de tubería de grandes dimensiones, provisto de estaciones de bombas, que sirve para transportar refinados de petróleo desde las refinerías hasta los puertos o hasta los centros de consumo y distribución.

Los auto tanques o pipas son vehículos fabricados bajo altas Normas de Calidad y de Seguridad. Se utilizan para transportar productos refinados y petroquímicos. Los "carro tanques" son tanques especiales para transportar hidrocarburos por ferrocarril. Otro medio de transporte comúnmente usado para transportar grandes cantidades de productos del petróleo son los "buque tanques". La siguiente imagen se muestra un poliducto:

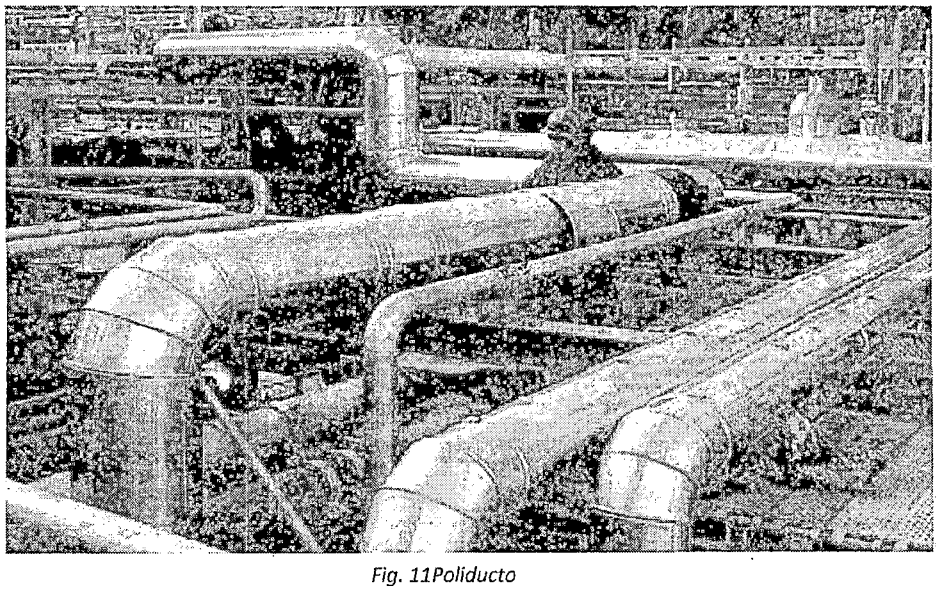


Fig. 11Poliducto

3.4. Características físicas de los ductos

Un ducto es un sistema de tubería con diferentes componentes tales como válvulas, bridas, accesorios, espárragos, dispositivos de seguridad o alivio, etc., por medio del cual se transportan los hidrocarburos (líquidos o gases). Estos ductos pueden ser enterrados, aéreos, sumergidos, de recolección, o de transporte.

Los ducto de transporte son tubería que conducen hidrocarburos en una fase o multifases, entre estaciones y/o plantas para su proceso, bombeo, compresión y almacenamiento.

Los ductos pueden encontrarse como líneas enterradas o líneas aéreas, dependiendo de las características del terreno, y del tipo de población de la región.

Normalmente, en un país de gran densidad de población no se pueden tender oleoductos sobre la superficie del terreno, ya que estos tienen otros usos, en los terrenos altamente poblados las líneas aéreas obstruyen el paso y atentan contra la seguridad de las personas. En los terrenos rocosos vale la pena considerar tender la línea superficialmente.

Para el terreno donde se alojan los ductos se ocupa un concepto de suma importancia, denominado derecho de vía, este concepto describe el área requerida para la construcción, operación, mantenimiento e inspección de los sistemas para el transporte y distribución de hidrocarburos.

El derecho de vía constituye un problema por el crecimiento de la mancha urbana y por la falta de legislación adecuada, que en algunas ocasiones no permiten realizar los trabajos necesarios de mantenimiento a los ductos. Es necesario garantizar que los particulares no impidan el acceso a las instalaciones, para garantizar la integridad de este sistema de transporte de hidrocarburos.

Las líneas enterradas trabajan en condiciones más estables de temperatura que las líneas aéreas, pero están expuestas al ataque corrosivo del suelo, sin embargo, con procesos de recubrimiento y con técnicas de control de corrosión, no hay ninguna razón por la que la vida útil de una línea enterrada no sea igual a la de una aérea.

En el diseño de los ductos se evalúan las condiciones que puedan causar esfuerzos mayores a los permisibles y que puedan causar fallas al sistema. Todo ello para garantizar el mejor funcionamiento y minimizar probabilidad de siniestros.

Las líneas de diámetro moderado, hasta 18 pulgadas, se colocan con desviaciones de seis grados a intervalos de 70 a 120 metros, dependiendo del diámetro, en forma de zigzag, esto para evitar que el movimiento ondulatorio de la línea de lugar a su rotura, esto se aplica en terrenos de naturaleza salina. Las líneas se pueden tender en forma recta, en terrenos lisos y libres sobre polines lo suficientemente espaciados para evitar el pandeo.

Los costos de instalación de polines, anclajes, guías, etc., de las líneas superficiales se compensan frente al ahorro de excavaciones, recubrimiento y protección catódica de las líneas enterradas (TheInstitute of Petroleum, Londres, 1963).

Un hidrocarburo amargo es transportado a una presión de operación mayor de 0,45 MPa, megapascal, (65 psia, "pounds per squareinchabsolute", libras por pulgada cuadrada absoluta), que contiene agua en fase líquida o vapor y ácido sulfhídrico (H2S). Para transportar hidrocarburos amargos se requiere un tipo de tubería, con cierta especificación, grado, diámetro nominal, espesor nominal de pared, longitud nominal, acabado de los extremos, recubrimiento y temperatura mínima de diseño del ducto.

Hidrocarburo no amargo es transportado a una presión de operación menor a 0,45 MPa (65 psia), o transportado a una presión mayor de ésta, contiene ácido sulfhídrico pero no contiene agua en fase líquida. La siguiente imagen muestra un ducto:

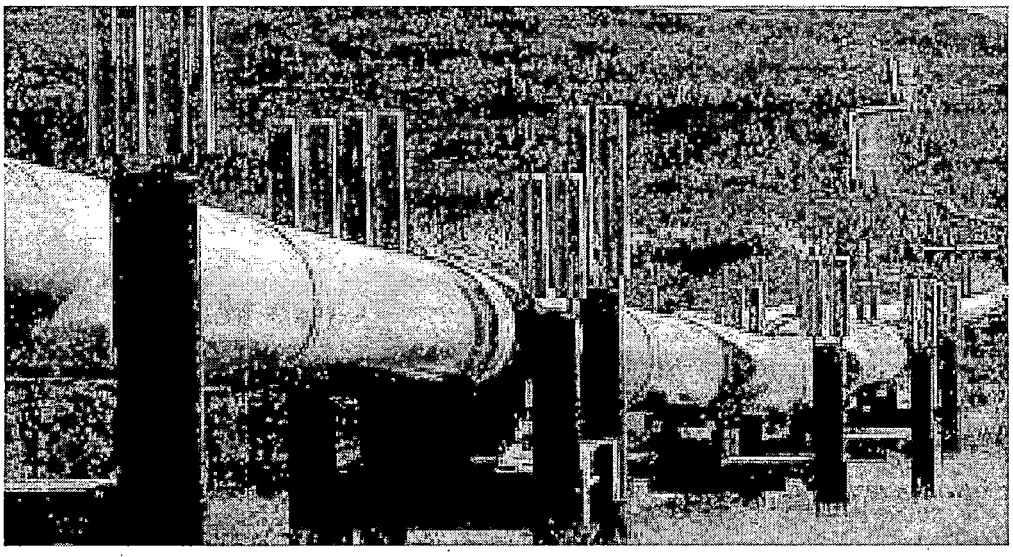


Fig. 12 Ducto

3.5. Estaciones de Bombeo

El crudo recibido en las estaciones de bombeo, pasa inicialmente por un proceso de filtrado a través del cual los sólidos que vienen en el fluido no afecten los diferentes equipos con los que entrará en contacto durante su recorrido.

Posteriormente, de ser necesario, el crudo es calentado a través de los intercambiadores de calor (hornos), con objetivo de reducir su viscosidad.

Finalmente, el crudo ingresa a las bombas centrífugas, las mismas que le dan la energía necesaria para que el fluido sea desplazado hasta la siguiente estación de bombeo. Estas bombas centrífugas funcionan a través de motores de combustión interna que usan como combustible: petróleo.

Para que los motores y las bombas principales funcionen correctamente es necesario disponer de sistemas auxiliares que cumplen varias funciones:

- Compresores de aire para todos los instrumentos.
- Combustible tratado (filtrado y calentado)
- Agua de enfriamiento de los motores.
- Generadores de electricidad.
- Sistemas de medición de crudo.
- Sistemas de drenajes y tratamiento de las aguas aceitosas

IV. PLANTEAMIENTO DEL SISTEMA DE CONTROL Y MONITOREO

4.1. Condición de Actual Estación de Bombeo

La estación de bombeo tiene la función de recibir e impulsar el derivado de petróleo que se transporta a través del poliducto, adicionalmente debe tener la capacidad de recibir y enviar la herramienta de limpieza del poliducto.

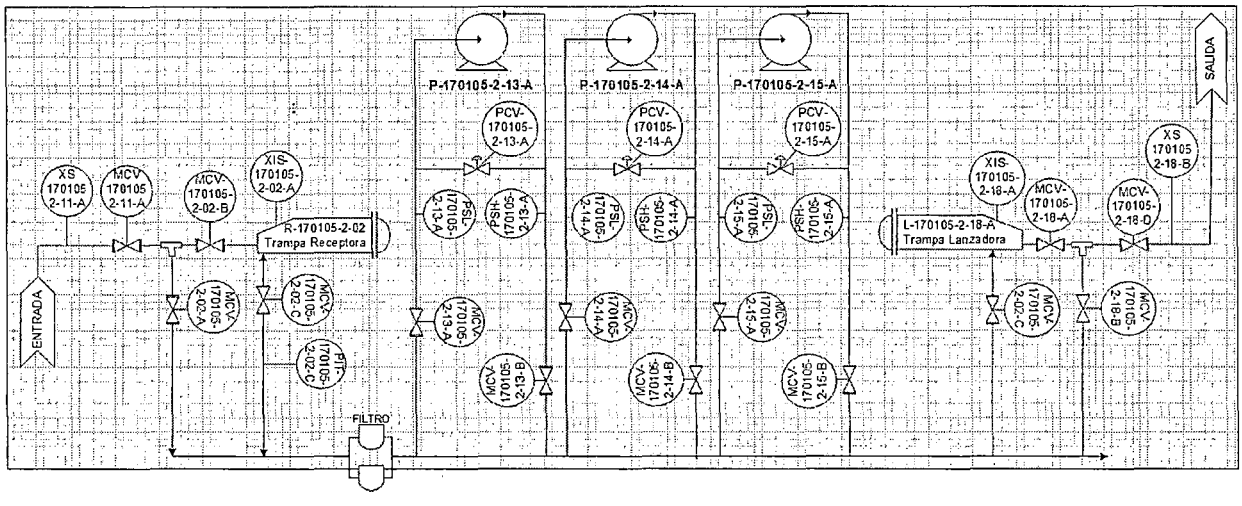


Fig. 13 Condición Actual de la Estación de Bombeo

4.1.1. Ingreso a la Estación y Trampa Receptora

La zona de ingreso a la estación se compone de un indicador de paso y una válvula para permitir el ingreso del producto.

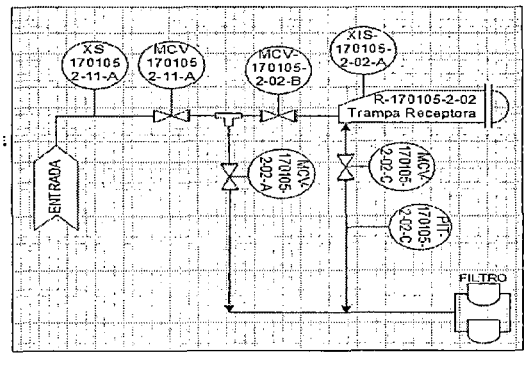


Fig. 14 Ingreso a la Estación y Trampa Receptora

- XS-170105-2-11-A Indicador de paso de raspador
- MCV-170105-2-11-A Válvula motorizada

La trampa receptora R-170105-2-02-A para recepción de la herramienta de limpieza del poliducto; en la trampa receptora se encuentra la siguiente instrumentación.

- MCV-170105-2-02-A Válvula motorizada
- MCV-170105-2-02-B Válvula motorizada
- MCV-170105-2-02-C Válvula motorizada
- XIS-170105-2-02-A Indicador de paso de herramienta
- PIT-170105-2-02-C Transmisor indicador de presión

4.1.2. Sistema de Bombeo Actual

Previo al transporte de fluido se cuenta con un sistema de filtros para retener posibles impurezas que puedan afectar el funcionamiento de las bombas de transferencia.

Luego que el producto ha sido filtrado, este pasa a las unidades de bombeo principales. La línea principal cuenta con válvulas de seguridad para el alivio de sobre presiones en las líneas.

La estación está constituida de tres unidades de bombeo P-170105-2-13-A, P-170105-2-14-A y P-170105-2-15-A. Estas bombas están impulsadas por motores a diésel y están alineadas para operación en serie, el funcionamiento es dos bombas operativas mientras que una permanece como back up.

Cada una de las bomba posee una línea de recirculación de producto para el arranque, en la que se encuentra las válvulas de control PCV-170105-2-13-A, PCV-170105-2-14-A y PCV-170105-2-15-A respectivamente, las cuales, funcionan con aire comprimido del sistema neumático. Cada una de las bombas tiene una válvula de compuerta accionada con motor eléctrico en la línea de succión, y una válvula de compuerta accionada con motor eléctrico en la línea de descarga. Dichas válvulas permiten la habilitación de las líneas para el funcionamiento de las bombas.

Cada bomba, posee protecciones a la entrada como un interruptor de baja presión en el caso de tener una presión de succión muy baja, y un interruptor de presión de alta en la descarga.

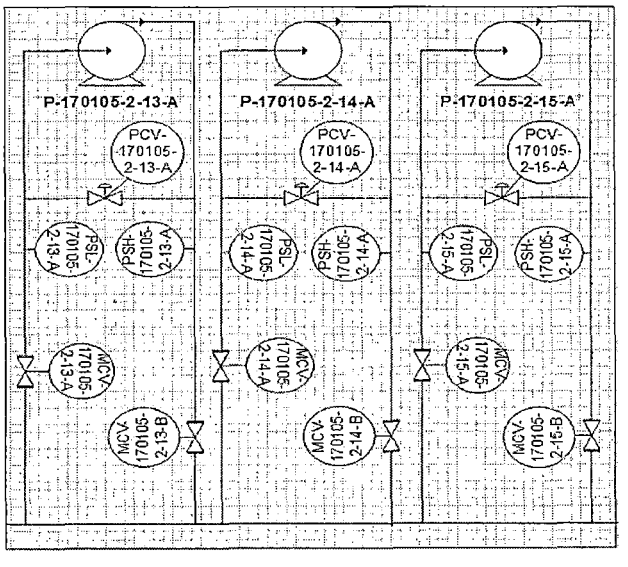


Fig. 15 Sistema de Bombeo Actual

- P-170105-2-13-A / 14-A / 15-A Unidad de Bombeo
- PCV-170105-2-13-A / 14-A / 15-A Válvula de recirculación
- PSL-170105-2-13-A / 14-A / 15-A Interruptor de baja presión
- PSH-170105-2-14-A / 14-A / 15-A Interruptor de alta presión
- MCV-170105-2-13-A / 14-A / 15-A Válvula motorizada
- MCV-170105-2-13-B / 14-B / 15-B Válvula motorizada

4.1.3. Descarga y Trampa lanzadora

La descarga del sistema de bombeo es dirigida hacia una terminal de despacho, la línea cuenta con una trampa lanzadora denominada L-170105-2-18-A, esta cuenta con lo siguiente a fin de permitir el envío de la herramienta de limpieza cuando se requiere una operación de limpieza del ducto.

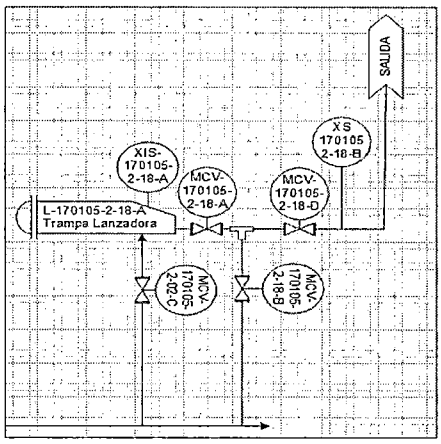


Fig. 16 Descarga y Trampa Lanzadora

- XIS-170105-2-18-A Indicador de paso de herramienta
- MCV-170105-2-18-A Válvula motorizada
- MCV-170105-2-18-B Válvula motorizada
- MCV-170105-2-18-C Válvula motorizada

La descarga de la estación considera los siguientes elementos:

- MCV-170105-2-18-D Válvula motorizada
- XS-170105-2-18-B Indicador de paso de raspador

4.2. Modernización diseño mecánico e instrumentación en la estación de bombeo

La finalidad del nuevo diseño es incluir un nuevo sistema de bombeo provisto de un sistema de control y seguridad que asegure la operación de la estación considerando el incremento del volumen del producto transportado.

Una premisa para la mejora del sistema es que el sistema de bombeo actual permanezca en principio como respaldo del nuevo sistema de bombeo. El mismo podrá entrar en funcionamiento en caso de falla de la energía eléctrica, al contar con el beneficiando de trabajar en base a diésel.

Así mismo se adicionará mejoras en las zonas de entrada y descarga de la estación.

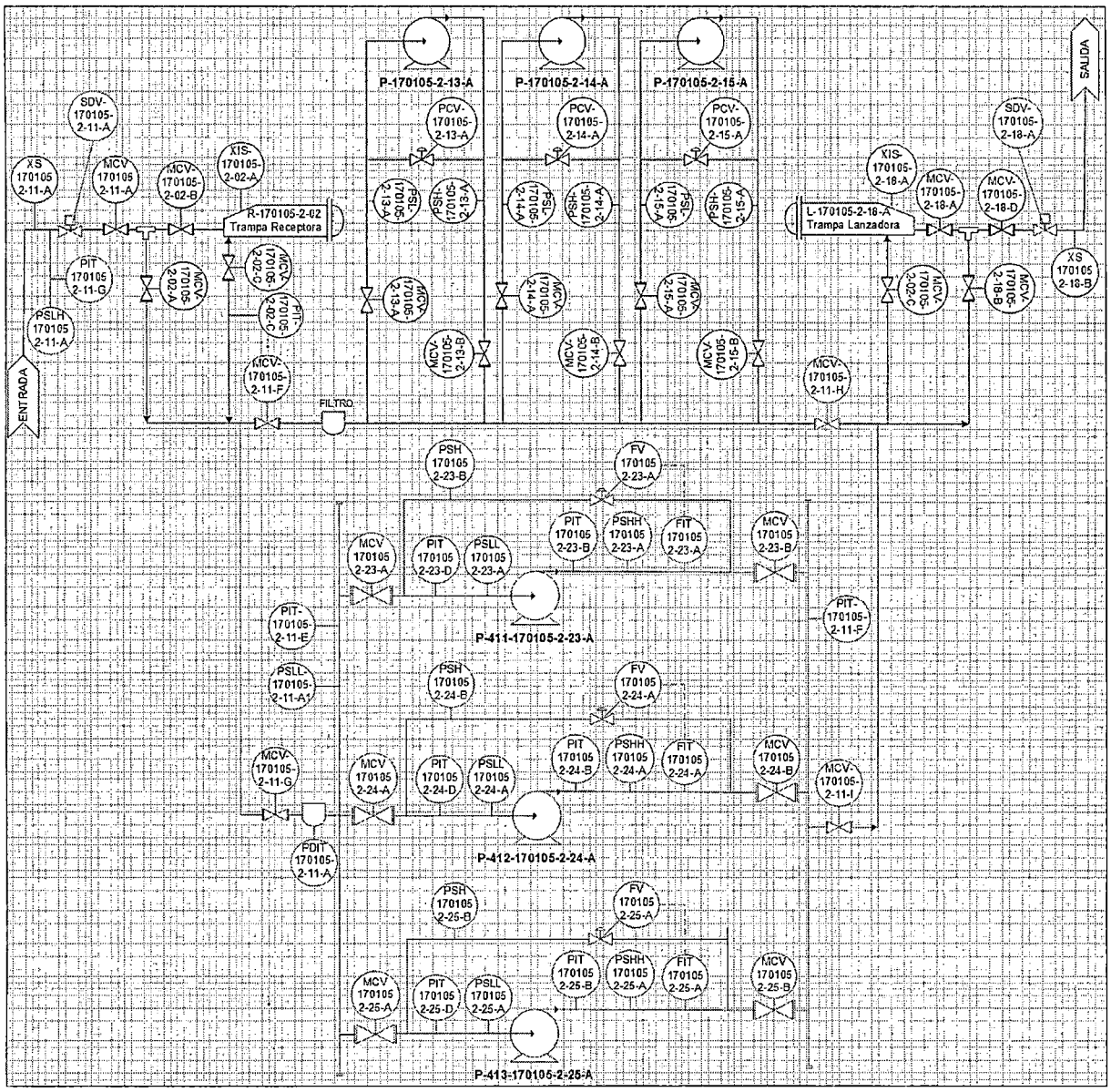


Fig. 17 Diseño Mecánico e Instrumentación en la Estación de Bombeo

4.2.1. Ingreso a la Estación y Trampa Receptora

Como sistema de seguridad de ingreso a la estación, se incluirá una válvula de cierre y equipos para el control de la presión de entrada.

- SDV-170105-2-11-A Válvula de cierre
- PIT-170105-2-11-G Transmisor de presión
- PSLH-170105-2-11-A Interruptor de alta y baja presión

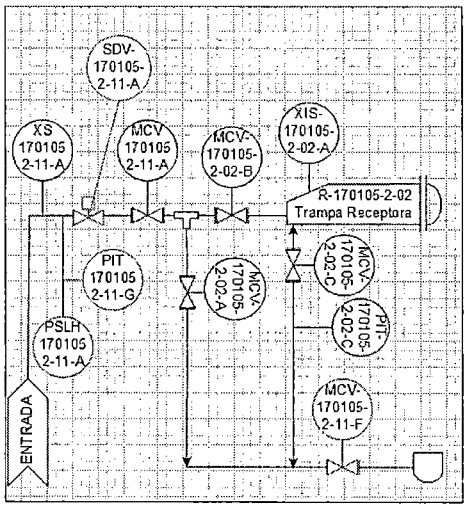


Fig. 18 Ingreso a la Estación y Trampa Receptora

4.2.2. Sistema de Bombeo Actual

El sistema de bombeo actual permanecerá como back up del nuevo sistema de bombeo. El mismo podrá entrar en funcionamiento en caso de falla de la energía eléctrica.

- MCV-170105-2-18-F Válvula motorizada
- MCV-170105-2-18-H Válvula motorizada
-

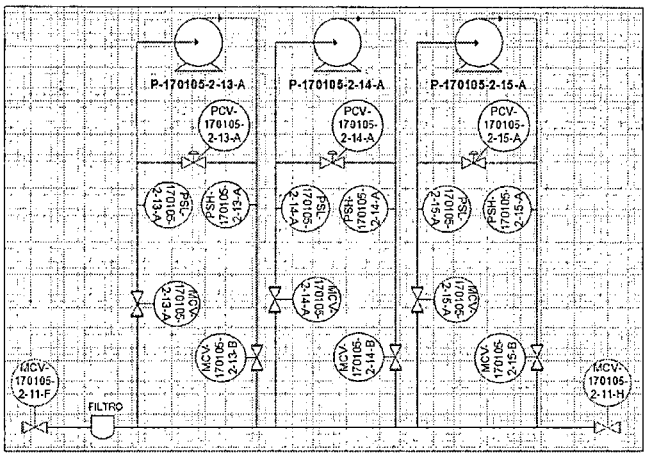


Fig. 19 Sistema de Bombeo Actual

4.2.3. Sistema de Bombeo Nuevo

Se instalará un nuevo sistema de bombeo provisto de tres unidades de bombeo (dos operativas simultáneamente), cada una dispondrá de bomba centrifuga y motor eléctrico las cuales trabajarán en paralelo. El arranque y control de velocidad de las mismas se realizará por medio de variadores de velocidad.

Se considera una válvula motorizada en la línea de succión y descarga de cada unidad de bombeo, dichas válvulas permiten la habilitación de las líneas para el funcionamiento de las bombas.

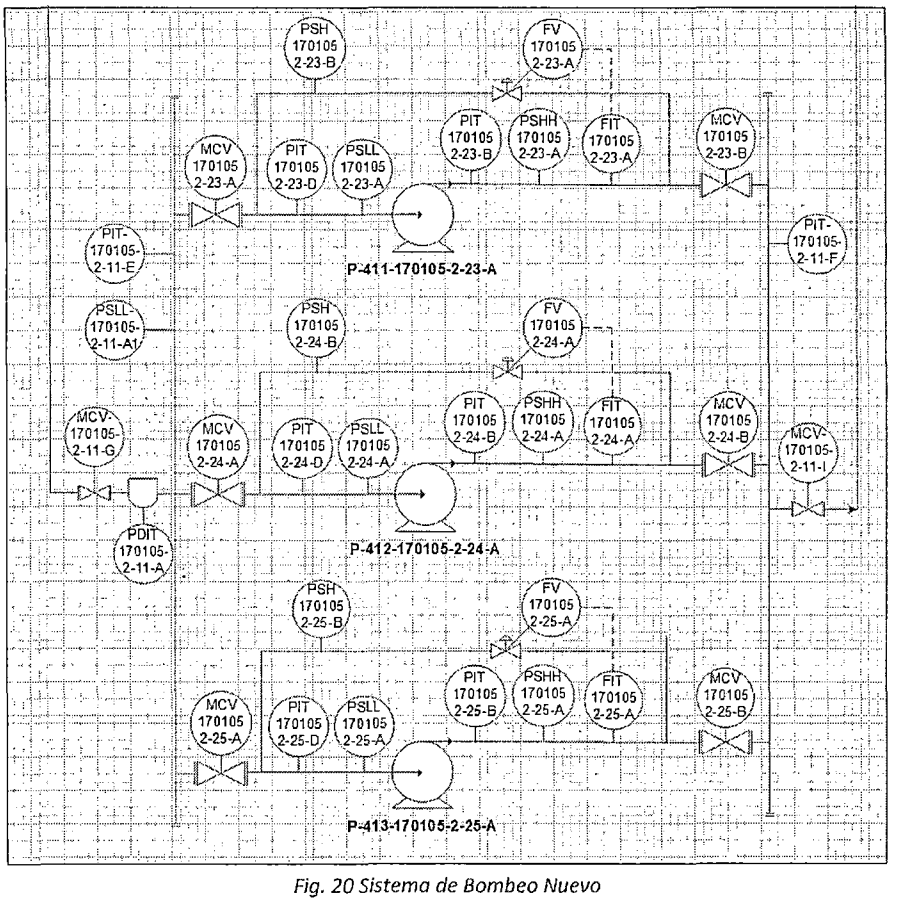


Fig. 20 Sistema de Bombeo Nuevo

- P-170105-2-23-A Unidad de Bombeo
- P-170105-2-24-A Unidad de Bombeo
- P-170105-2-25-A Unidad de Bombeo

Cada una de las unidades de bombeo dispondrá de:

- MCV-170105-2-23-G Válvula motorizada
- MCV-170105-2-23-I Válvula motorizada

- XV-170105-2-23-A / 24-A / 25-A — Variador de frecuencia
- FV-170105-2-23-A / 24-A / 25-A — Válvula de control de recirculación individual
- FIT-170105-2-23-A / 24-A / 25-A — Transmisor de flujo en la descarga de cada bomba
- MCV-170105-2-23-A / 24-A / 25-A — Válvula motorizada
- MCV-170105-2-23-B / 24-B / 25-B — Válvula motorizada
- PIT-170105-2-23-B / 24-B / 25-B — Transmisor de presión
- PSLL-170105-2-23-A / 24-A / 25-A — Interruptor de presión bajo bajo
- PSHH-170105-2-23-A / 24-A / 25-A — Interruptor de presión alto alto
- PIT-170105-2-23-D / 24-D / 25-D — Transmisor de presión
- PSH-170105-2-23-A / 24-A / 25-A — Interruptor de presión alto
- PIT-170105-2-23-E — Transmisor de presión
- PIT-170105-2-23-F — Transmisor de presión
- PSLL-170105-2-11-A1 — Interruptor de presión bajo bajo
- PDIT-170105-2-11-A — Transmisor de presión diferencial

4.2.4. Descarga y Trampa lanzadora

Como sistema de seguridad a la salida de la estación, se incluye una válvula de cierre.

- SDV-170105-2-18-A Válvula de cierre

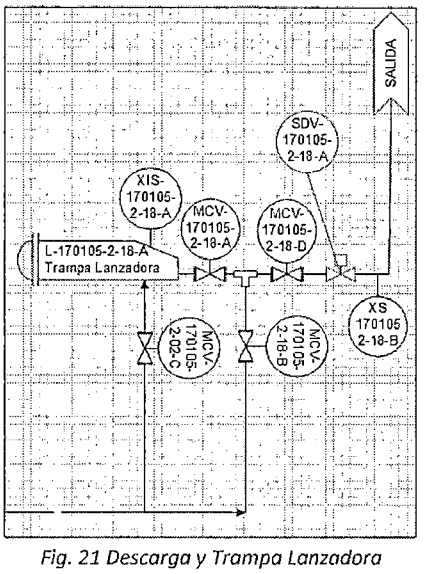


Fig. 21 Descarga y Trampa Lanzadora

4.3. Propuesta de Arquitectura de control

De acuerdo a las premisas de diseño para un sistema de control en una estación de transporte de petróleo se establece la siguiente arquitectura de control.

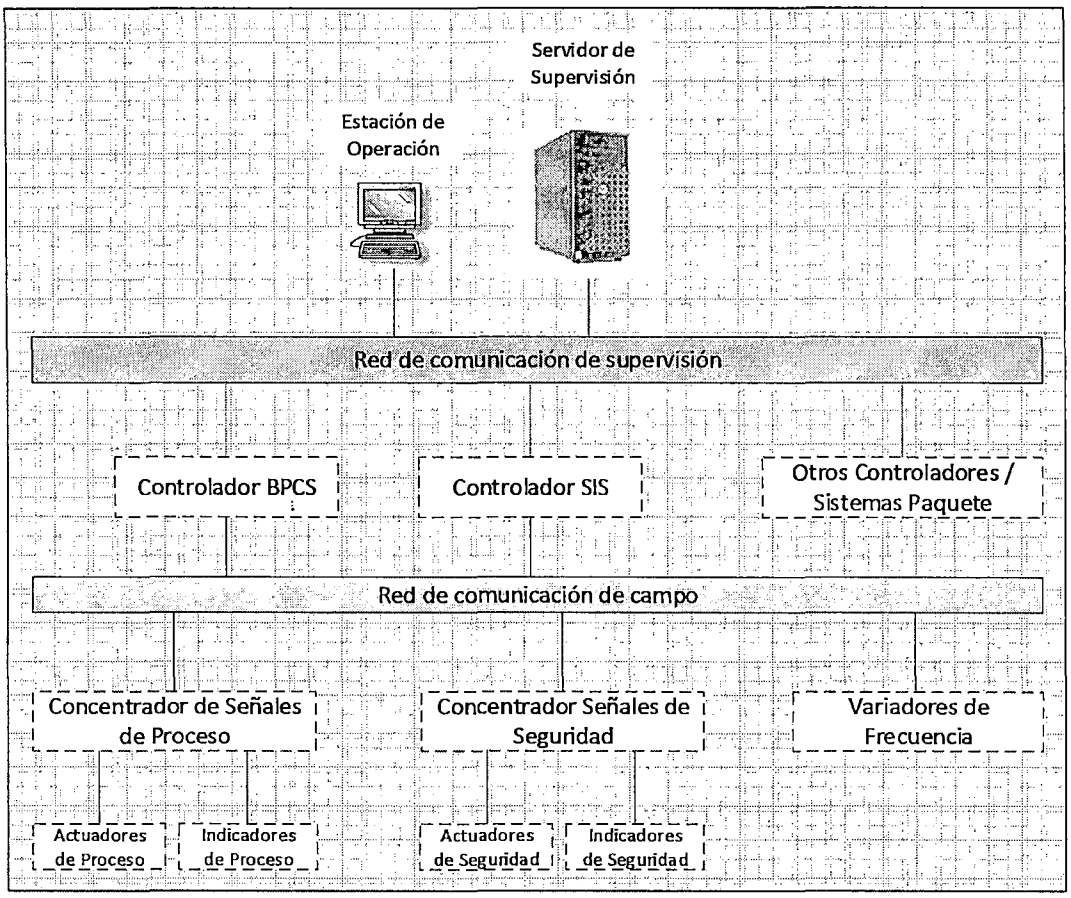


Fig. 22 Arquitectura de Control

4.3.1. Instrumentación de Campo

La información provista de la instrumentación de campo debe agruparse en concentradores cercanos a su ubicación física. En este sentido la instrumentación dedicada al proceso (Actuadores e indicadores) intercambia información con el "Concentrador de Señales de Proceso" y la instrumentación dedicada a la seguridad (Actuadores e indicadores) agrupa su información en el "Concentrador de Señales de Seguridad".

4.3.2. Controladores

Conforme las recomendaciones de diseño se consideran un "Controlador de Proceso" dedicado a la operación de la estación y denominado con las siglas BPCS (Sistema básico de control de proceso). Así mismo se considera un "Controlador de Seguridad" para asumir las

funciones de protección en caso de emergencia en la estación y denominado con las siglas SIS (Sistema instrumentado de seguridad).

4.3.3. Red de comunicación de campo

La "Red de comunicación de campo" tiene la finalidad de comunicar los controladores de la estación con los concentradores de señales, el "Controlador BPCS" intercambia información con el "Concentrador de Señales de Proceso", y el "Controlador SIS" intercambia información con el "Concentrador de Señales de Seguridad".

Adicionalmente está previsto que los variadores de frecuencia también se comuniquen a través de esta red debido a que requieren intercambiar información con los "Concentradores de Proceso y Seguridad" simultáneamente.

4.3.4. Red de comunicación de Supervisión

La "Red de comunicación de Supervisión" tiene por finalidad la comunicación entre los controladores del sistema y el sistema de supervisión, además también permite comunicar algunos equipos o unidades paquete que no dependan del sistema de control pero que deban enviar información a la supervisión de la estación.

4.3.5. Servidores y estaciones

El "Servidor de Supervisión" aloja la aplicación para el intercambio de datos con los controladores del sistema y además contiene los gráficos de proceso que permitirán el interfaz entre los operadores y el control de la operación de la estación.

La "Estación de Operación" sirve como cliente del "Servidor de Supervisión" para mostrar los gráficos de proceso, es el hardware de contacto con el personal de operación evitando la necesidad de manipular el servidor directamente.

4.4. Selección de Equipamiento

4.4.1. Selección del Sistema de Control

El primer paso para la definición del equipamiento que se requiere para el sistema de control de la estación es la definición de la solución definida por la marca y el modelo.

Se verificaron algunas características de 3 soluciones de control que pueden aplicarse al sistema de control de la estación.

Comunicaciones

- Red de supervisión,

  Red Propia, la solución utiliza un protocolo de comunicación propietario muy robusto que disponga de comunicación transparente solo para equipos de la marca

  Red Pública, la solución utiliza un protocolo de red, comúnmente Red Ethernet.

- Red de campo

  Red redundante, la implementación requiere considerar red de campo redundante para asegurar la disponibilidad de la comunicaciones.

- Conectividad a otros sistemas

  Se refiere a la facilidad de comunicarse con equipamiento de otras marcas o en un protocolo de red público.

Hardware

- Escalable

  Se refiere a la facilidad de incrementar funcionalidades a la solución, además de la posibilidad de realizarlo en caliente.

- Nivel Integridad,

  Se refiere a la certificación de la construcción de los equipos de acuerdo a los niveles de integridad SIL, donde SIL2 es requerido por el sistema y SIL3 excede los requerimientos.

- Redundante

  Se refiere a la característica de considerar dos controladores en simultáneo donde uno toma el control de proceso y el otro actúa como respaldo en línea.

Software

- Lenguaje programación

  Se refiere a la capacidad del sistema de permite realizar programación en diversos lenguaje de programación de acuerdo a la necesidad del proceso.

- Cambios en línea

Se refiere a la capacidad sistema de permite realizar modificaciones a la programación en línea con el proceso sin interrumpir la operación de la estación.

- Complejidad Programación

  Se refiere al nivel de capacitación que se requiere para realizar modificaciones a la configuración y programación requerida para la implementación de la solución.

4.4.1.1. Comparación técnica de soluciones

Comparación Soluciones de Sistemas de Control									
Sistemas de Control	Comunicaciones			Hardware			Software		
Marca / Modelo	Red de Supervi-sión	Red de campo	Conectiv. otros sistemas	Escalable	Nivel Integridad	Redund.	Lenguaje Program	Cambios en línea	Complej. Program.
Emerson / Delta V	Red Propia	Redundante	Media	Baja	SIL2/SIL 3	Si	Múltiple	Si	Alta
Allen Bradley / ControlLogix	Ethernet	Redundante	Alta	Alta	SIL2	Si	Múltiple	Si	Media
Siemens / PCS7	Red Propia	Redundante	Media	Alta	SIL2	Si	Múltiple	Si	Media

Tabla 3 Comparación Técnica de Soluciones

- Se considera que las 3 soluciones cumplen con los requerimientos necesarios para la implementación del sistema de control de la estación.

- La solución "Emerson – Delta V", se considera una solución muy robusta orientada principalmente a la seguridad del sistema, considera una red de supervisión propia de alta seguridad, se define como una solución orientada a procesos continuos de gran envergadura.

- La solución "Allen Bradley – ControlLogix" se considera muy flexible en cuando a la conectividad con otro sistema y con la capacidad de configurar las dimensiones de la solución de acuerdo a los requerimientos del sistema de control.

- La solución "Siemens – PCS7" se considera una solución escalable y con un requerimiento medio de capacitación para la programación de sus aplicaciones.

4.4.1.2. Comparación comercial de soluciones

Comparación Soluciones de Sistemas de Control							
Sistemas de Control	Repuestos			Soporte			Precio
Marca / Modelo	Repuestos en stock	Tiempo de entrega	Oficina de ventas local	Soporte Nacional	Soporte Telefónico	Redundante	Precio Local
Emerson / Delta V	Limitado	Medio-Alto	Si	Si	Si	Si	Alto
Allen Bradley / ControlLogix	Limitado	Medio-Alto	Si	Si	Si	Si	Medio- Alto
Siemens / PCS7	Limitado	Medio-Alto	Si	Si	Si	Si	Medio- Alto

Tabla 4 Comparación Comercial de soluciones

Solo se considera una pequeña diferencia en el precio promedio de los componentes de la solución.

4.4.1.3. Definición Sistema de Control

Se considera la solución de "Allen Bradley – ControlLogix" como base del sistema de control dela estación.

Se toma en consideración las siguientes características:

- La solución permite el escalamiento de la solución de acuerdo a la necesidad del sistema de control.
- La solución permite la conectividad con equipos de otras marcas soportándose en la utilización de redes de comunicaciones públicas.
- Se requiere un nivel de capacitación medio para soportar la programación luego de la implementación.

4.4.2. Selección de Controladores:

Tomando en consideración la selección de la solución de Allen Bradley y los requerimientos para este tipo de aplicaciones se determina emplear en el diseño el controlador de la familia

ControlLogix modelo 1756-L75, entre las características del controlador se puede identificar las siguientes:

- Redundancia de controladores: soportado.
- Opciones de comunicación: Ethernet/IP, ControlNet, etc.
- Memoria interna: 32Mb
- Máximo señales digitales: 128000
- Máximo señales analógicas: 4000
- Opciones programación: Lógica de escalera, texto estructurado, bloques de función, etc.

4.4.3. Selección de Módulos de Entradas y Salidas

El siguiente cuadro muestra la selección de módulos de entradas y salidas, de acuerdo a las consideraciones especificadas y a la compatibilidad con el procesador seleccionado en la plataforma ControlLogix de Allen Bradley.

Aplicación		Módulo seleccionado	Descripción	Características
1	Módulos de Entrada Analógica	1756-IF16H	Módulo de 16 entradas analógicas de corriente más Hart	- Resolución: 16...21 bits - Rango de entrada: 0....20 mA, 4...20 mA - Repetitividad: Mejor que 0.01% del rango - Precisión de Calibrado: Mejor que 0.1% del rango
2	Módulos de Entrada Digital	1756-IB16D	Módulo de 16 entradas digitales, 24VDC, con diagnósticos	- Estampa de tiempo: +/- 1 ms - Rango de voltaje de operación: 10...30Vdc
|3	Módulos de Salida Analógica	1756-OF8H	Módulo de 8 salidas analógicas de corriente/Voltaje masar	- Resolución: 15...16 bits - Rango de salida: +/-10.4v, 0....20 mA, 4...20 mA - Repetitividad: Mejor que 0.01% del rango
4	Módulos de Salida Discretas	1756-OB16D	Módulo de 16 salidas digitales 24VDC, con diagnóstico	- Precisión de Calibrado: Mejor que 0.1% del rango - Estampa tiempo: +/- 1 ms - Rango de voltaje de operación: 19.2...30Vdc

Tabla 5 Selección de Módulos de Entradas y Salidas

4.4.4. Redes de control industrial

Las redes seleccionadas para el presente diseño son las siguientes:

4.4.4.1. Red de comunicación de supervisión

Se considera utilizar la red Ethernet/IP, esta red proporciona sistemas de red a nivel de toda la planta con el uso de tecnologías de conexión en red abiertas y estándar del sector industrial. Además permite control de información en tiempo real en aplicaciones discretas y de proceso continuo como el caso de la estación de bombeo. Adicionalmente admite comunicaciones no industriales e industriales en una infraestructura de red común.

Características de la Red Ethernet:

Topología:

- Estrella, árbol, anillo de interruptores y otras de alta disponibilidad

Distancia:

- Cien metros entre dispositivos para cableado de par trenzado de cobre
- El cableado de fibra permite mayores distancias (depende del diseño)

Capacidad:

- La única restricción son las limitaciones de comunicación de los dispositivos en la red

Segmentación:

- Permite dividir una red grande en redes más pequeñas para eficiencia de la protección o la administración con métodos de segmentación estándar tales como subredes y VLAN
- Permite el encaminamiento selectivo de control en tiempo real y otro tráfico a través de los segmentos

4.4.4.2. Red de comunicación de campo

Se considera red ControlNet para los equipos de campo y los concentradores de entradas y salidas, el medio físico seleccionado es el cable coaxial debido a su capacidad de transmisión de información de hasta un kilómetro, adicionalmente los equipos utilizados para comunicación en ControlNet y el medio físico cuentan con los requerimientos para desempeñarse en procesos de nivel de seguridad SIL requerido para este tipo de aplicaciones.

La característica de la comunicación sobre la Red ControlNet que la distingue de otro buses de campo de similar aplicación es su capacidad determinística, esto representa que la

transmisión de mensajes ejecutados en una red ControlNet están asegurados en un tiempo dado, esto genera la confiabilidad necesaria para la seguridad en la operación de una estación de transporte de combustible, sin embargo esta propiedad, requiere mucho cuidado en el diseño e implementación pues una vez que la red está en funcionamiento cuenta con limitada flexibilidad a cambios.

Características de la Red ControlNet:

Topología:

- Línea troncal, línea de derivación, estrella, árbol y anillo

Distancias:

- La distancia máxima depende del número de nodos en la red, en el caso de cable coaxial puede ser de hasta 1 kilómetro.
- Use repetidores para lograr mayores distancias

Capacidad:

- Cada red ControlNet admite hasta 99 nodos

Conexiones:

- La distancia máxima depende del número de nodos en la red

4.4.5. Selección de Equipos Informáticos

4.4.5.1. Servidores del Sistema.

Se considera utilizar el software de supervisión "FactoryTalk View Site Edition" de marca Rockwell Software con plena compatibilidad con la plataforma de equipamiento utilizada en la solución, de acuerdo a la características del software se requiere considerar los siguientes equipos.

4.4.5.2. Servidor de Supervisión.

Estos servidores albergarán todas las pantallas de operación para que los usuarios finales tengan acceso a ellas.

- Manufacture: Servidor DELL, Formato: Servidor Rack o Torre
- Procesador: Intel I7 2.5 GHz. ,Utilización recomendada del CPU: Menor a 50%
- Memoria: 8 GB RAM.
- Almacenamiento: Controlador RAID 1.

El servidor debe contar con las siguientes licencias de software:

- Sistema Operativo Windows Server 2008 OS
- FactoryTalk View SE Server: Capacidad de despliegue de 70 a 100 pantallas.

4.4.5.3. Estación de Operación

Estas consolas están dedicadas a efectuar la interfaz con el operador, proporcionando un vínculo entre el usuario y todas las funciones del sistema.

La Estación de operación debe tener las siguientes características:

- Formato: Computador para Escritorio.
- Procesador: Intel I5 2Hz
- Memoria: 4 GB RAM
- Almacenamiento: Disco 300 GB o más.
- Tarjeta de Video capacidad 1 Gb
- Periféricos: Monitor 21" Resolución 1440x900.

La estación debe contar con las siguientes licencias de software:

- Sistema Operativo Windows 7 Professional
- FactoryTalk View SE Cliente.

4.4.6. Arquitectura de Control con equipamiento propuesto

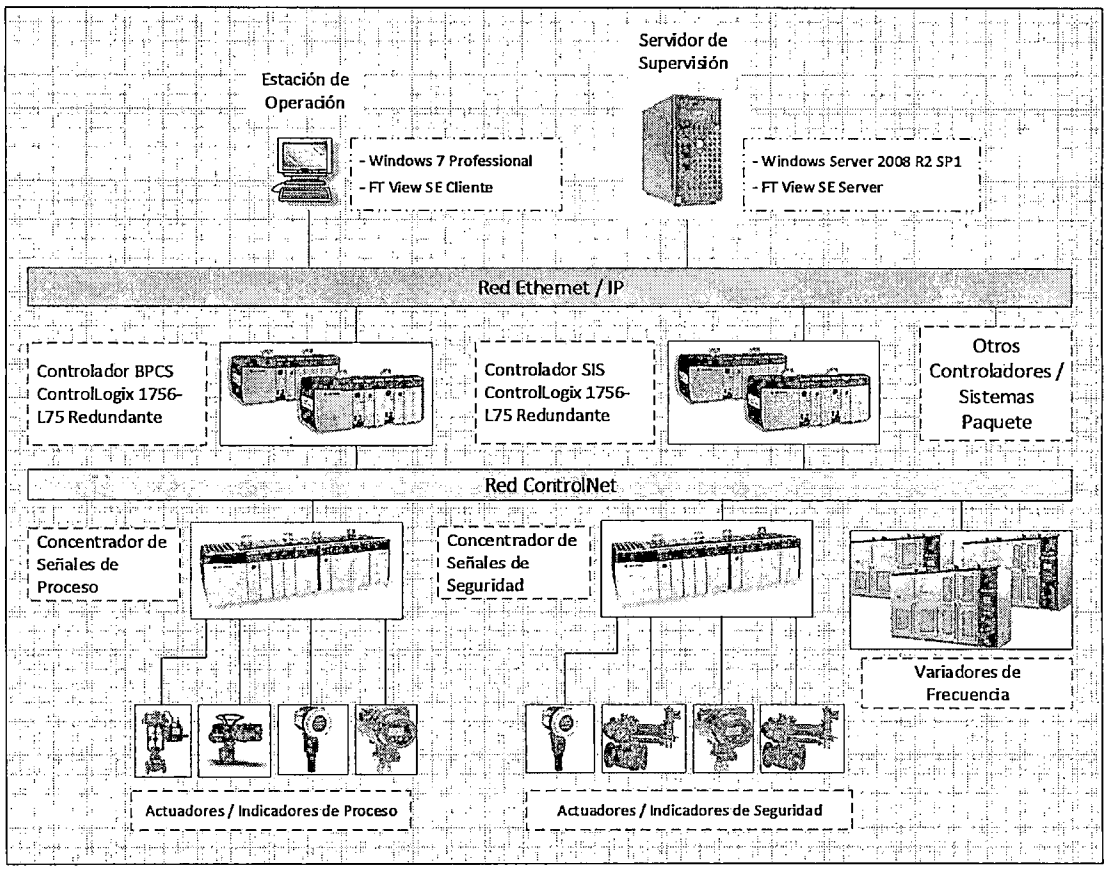


Fig. 23 Arquitectura de Control con equipamiento propuesto

4.5. Programación de Controladores y desarrollo aplicación de supervisión

4.5.1. Estrategia de Control

4.5.1.1. Controlador Sistema instrumentado de seguridad

El SIS recibe las entradas de campo que indican un riesgo para la operación y el personal involucrado, estas entradas corresponden a señales digitales provenientes de interruptores de seguridad o señales análogas provenientes de transmisores que sobrepasan un valor de seguridad establecido, así mismo, la respuesta del SIS se manifiesta a través de actuadores como válvulas de cierre.

Cuando el controlador SIS recibe un estado que indica un riesgo de operación informa de esta situación al controlador BPCS a través de la red de control. Una vez recibida la información, el BPCS inicia las secuencias de paro requeridas por el estado informado por el SIS, sin embargo en situaciones de mayor riesgo, el SIS debe actuar sobre las válvulas de cierre seguro a fin de evitar situaciones peligrosas.

Presente documento considera la entradas y salidas SIS correspondientes al sistema de bombeo de la estación, sin embargo el controlador del SIS puede considerar recibir otras señales de seguridad de un sistema de monitoreo de energía, sistema de detección de fuego y gas, sistema contra incendios, etc. Las cuales no son parte de este desarrollo.

4.5.1.1. Controlador Sistema básico de control de proceso

El controlador del sistema BPCS considera las señales de campo y envía los comandos requeridos para la operación de la estación, este controlador contiene la programación requerida para ejecutar las secuencias de operación y realiza el control de los valores para la operación del proceso a través de los lazos de control.

4.5.2. Variables del Sistema de Control

Las etiquetas a considerar en la programación de los controladores corresponden a la misma codificación de los instrumentos.

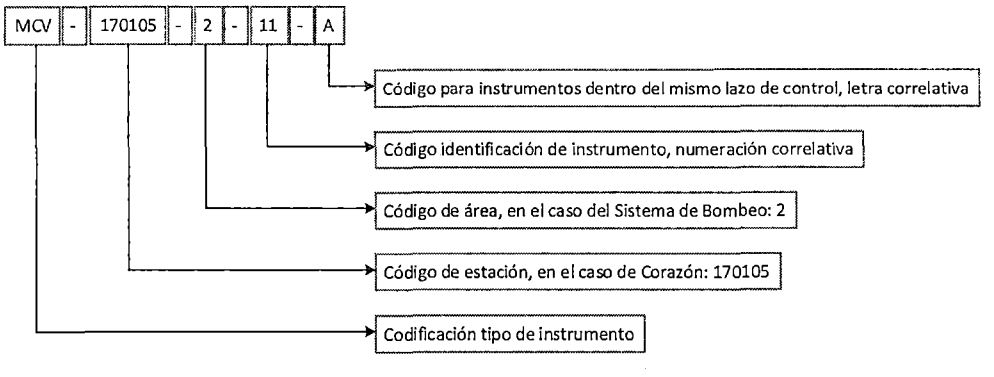


Fig. 24 Variables del Sistema de Control

4.5.2.1. Variables SIS

Las siguientes señales se considerar como variables de seguridad.

Variables de Seguridad			
Area	**Etiqueta**	**Equipo/Instrumento**	**Función**
Ingreso/Trampa Recep.	SDV-170105-2-11-A	Vávula de Cierre	Cierre de seguridad de ingreso de producto a la estación
Ingreso/Trampa Recep.	PIT-170105-2-11-G	Transmisor de presión	Monitoreo de presión a la entrada de la estación
Ingreso/Trampa Recep.	PSLH-170105-2-11-A	Interruptor alta/ baja presión	Detector de alta y baja presión en la entrada a la estación
Sist. de Bombeo Nuevo	PSLL-170105-2-23-A	Interruptor de presión bajo bajo	Detector muy baja presión ingreso unidad 23-A
Sist. de Bombeo Nuevo	PSLL-170105-2-24-A	Interruptor de presión bajo bajo	Detector muy baja presión ingreso unidad 24-A
Sist. de Bombeo Nuevo	PSLL-170105-2-25-A	Interruptor de presión bajo bajo	Detector muy baja presión ingreso unidad 25-A
Sist. de Bombeo Nuevo	PSHH-170105-2-23-A	Interruptor de presión alto alto	Detector muy alta presión descarga unidad 23-A
Sist. de Bombeo Nuevo	PSHH-170105-2-24-A	Interruptor de presión alto alto	Detector muy alta presión descarga unidad 24-A
Sist. de Bombeo Nuevo	PSHH-170105-2-25-A	Interruptor de presión alto alto	Detector muy alta presión descarga unidad 25-A
Sist. de Bombeo Nuevo	PSLL-170105-2-11-A1	Interruptor de presión bajo bajo	Detector muy baja presión manifold ingreso unidades bombeo nuevas
Descarga/Trampa Lanz.	SDV-170105-2-18-A	Vávula de Cierre	Cierre de seguridad salida de producto estación

Tabla 6 Variables SIS

4.5.2.2. Variables BPCS

Las siguientes señales se considerar como variables de proceso.

Variables de Proceso			
Area	**Etiqueta**	**Equipo/Instrumento**	**Función**
Ingreso/Trampa Recep.	XS-170105-2-11-A	Interruptor de paso	Detector entrada de herramienta de limpieza a estación
Ingreso/Trampa Recep.	MCV-170105-2-11-A	Válvula motorizada	Apertura/Cierre de proceso de ingreso de producto a la estación
Ingreso/Trampa Recep.	MCV-170105-2-02-A	Válvula motorizada	Apertura/Cierre de derivación trampa receptora
Ingreso/Trampa Recep.	MCV-170105-2-02-B	Válvula motorizada	Apertura/Cierre de ingreso a trampa receptora
Ingreso/Trampa Recep.	MCV-170105-2-02-C	Válvula motorizada	Apertura/Cierre de salida a trampa receptora
Ingreso/Trampa Recep.	XIS-170105-2-02-A	Interruptor de paso	Detector de entrada de herramienta de limpieza a trampa receptora
Ingreso/Trampa Recep.	PIT-170105-2-02-C	Transmisor indicador de presión	Monitoreo de presión a la salida de trampa receptora
Selec. Sist. de Bombeo	MCV-170105-2-18-F	Válvula motorizada	Permite entrada de producto hacia sistema de bombeo actual
Selec. Sist. de Bombeo	MCV-170105-2-18-H	Válvula motorizada	Permite salida de producto hacia sistema de bombeo actual
Selec. Sist. de Bombeo	MCV-170105-2-18-G	Válvula motorizada	Permite entrada de producto hacia sistema de bombeo actual
Selec. Sist. de Bombeo	MCV-170105-2-18-I	Válvula motorizada	Permite salida de producto hacia sistema de bombeo actual
Sist. de Bombeo Actual	P-170105-2-13-A	Unidad de Bombeo Actual	Unidad de Bombeo Diesel 13-A
Sist. de Bombeo Actual	P-170105-2-14-A	Unidad de Bombeo Actual	Unidad de Bombeo Diesel 14-A
Sist. de Bombeo Actual	P-170105-2-15-A	Unidad de Bombeo Actual	Unidad de Bombeo Diesel 15-A
Sist. de Bombeo Actual	PCV-170105-2-13-A	Válvula de control	Control de recirculación individual 13-A
Sist. de Bombeo Actual	PCV-170105-2-14-A	Válvula de control	Control de recirculación individual 14-A
Sist. de Bombeo Actual	PCV-170105-2-15-A	Válvula de control	Control de recirculación individual 15-A

Sist. de Bombeo Actual	PSL-170105-2-13-A	Interruptor de baja presión	Detector baja presión entrada unidad de bombeo 13-A
Sist. de Bombeo Actual	PSL-170105-2-14-A	Interruptor de baja presión	Detector baja presión entrada unidad de bombeo 14-A
Sist. de Bombeo Actual	PSL-170105-2-15-A	Interruptor de baja presión	Detector baja presión entrada unidad de bombeo 15-A
Sist. de Bombeo Actual	PSH-170105-2-13-A	Interruptor de alta presión	Detector alta presión descarga unidad de bombeo 13-A
Sist. de Bombeo Actual	PSH-170105-2-14-A	Interruptor de alta presión	Detector alta presión descarga unidad de bombeo 14-A
Sist. de Bombeo Actual	PSH-170105-2-15-A	Interruptor de alta presión	Detector alta presión descarga unidad de bombeo 15-A
Sist. de Bombeo Actual	MCV-170105-2-13-A	Válvula motorizada	Permite entrada de producto hacia unidad 13-A
Sist. de Bombeo Actual	MCV-170105-2-14-A	Válvula motorizada	Permite entrada de producto hacia unidad 14-A
Sist. de Bombeo Actual	MCV-170105-2-15-A	Válvula motorizada	Permite entrada de producto hacia unidad 15-A
Sist. de Bombeo Actual	MCV-170105-2-13-B	Válvula motorizada	Permite salida de producto desde unidad 13-A
Sist. de Bombeo Actual	MCV-170105-2-14-B	Válvula motorizada	Permite salida de producto desde unidad 14-A
Sist. de Bombeo Actual	MCV-170105-2-15-B	Válvula motorizada	Permite salida de producto desde unidad 15-A
Sist. de Bombeo Nuevo	P-170105-2-23-A	Unidad de Bombeo Nueva	Unidad de bombeo motor eléctrico 23-A
Sist. de Bombeo Nuevo	P-170105-2-24-A	Unidad de Bombeo Nueva	Unidad de bombeo motor eléctrico 24-A
Sist. de Bombeo Nuevo	P-170105-2-25-A	Unidad de Bombeo Nueva	Unidad de bombeo motor eléctrico 25-A
Sist. de Bombeo Nuevo	XV-170105-2-23-A	Variador de velocidad.	Control de velocidad unidad de bombeo 23-A
Sist. de Bombeo Nuevo	XV-170105-2-24-A	Variador de velocidad.	Control de velocidad unidad de bombeo 24-A
Sist. de Bombeo Nuevo	XV-170105-2-25-A	Variador de velocidad.	Control de velocidad unidad de bombeo 25-A
Sist. de Bombeo Nuevo	FV-170105-2-23-A	Válvula de control	Válvula de control recirculación individual unidad 23-A
Sist. de Bombeo Nuevo	FV-170105-2-24-A	Válvula de control	Válvula de control recirculación individual unidad 24-A
Sist. de Bombeo Nuevo	FV-170105-2-25-A	Válvula de control	Válvula de control recirculación individual unidad 25-A
Sist. de Bombeo Nuevo	FIT-170105-2-23-A	Transmisor de flujo	Control de flujo a la descarga de unidad de bombeo 23-A
Sist. de Bombeo Nuevo	FIT-170105-2-24-A	Transmisor de flujo	Control de flujo a la descarga de unidad de bombeo 24-A
Sist. de Bombeo Nuevo	FIT-170105-2-25-A	Transmisor de flujo	Control de flujo a la descarga de unidad de bombeo 25-A
Sist. de Bombeo Nuevo	MCV-170105-2-23-A	Válvula motorizada	Permite entrada de producto hacia unidad de bombeo 23-A
Sist. de Bombeo Nuevo	MCV-170105-2-24-A	Válvula motorizada	Permite entrada de producto hacia unidad de bombeo 24-A
Sist. de Bombeo Nuevo	MCV-170105-2-25-A	Válvula motorizada	Permite entrada de producto hacia unidad de bombeo 25-A
Sist. de Bombeo Nuevo	MCV-170105-2-23-B	Válvula motorizada	Permite salida de producto desde unidad de bombeo 23-A
Sist. de Bombeo Nuevo	MCV-170105-2-24-B	Válvula motorizada	Permite salida de producto desde unidad de bombeo 24-A
Sist. de Bombeo Nuevo	MCV-170105-2-25-B	Válvula motorizada	Permite salida de producto desde unidad de bombeo 25-A
Sist. de Bombeo Nuevo	PIT-170105-2-23-B	Transmisor de presión	Monitoreo de presión a la descarga de unidad de bombeo 23-A
Sist. de Bombeo Nuevo	PIT-170105-2-24-B	Transmisor de presión	Monitoreo de presión a la descarga de unidad de bombeo 24-A
Sist. de Bombeo Nuevo	PIT-170105-2-25-B	Transmisor de presión	Monitoreo de presión a la descarga de unidad de bombeo 25-A
Sist. de Bombeo Nuevo	PIT-170105-2-23-D	Transmisor de presión	Monitoreo de presión en el ingreso de unidad de bombeo 23-A
Sist. de Bombeo Nuevo	PIT-170105-2-24-D	Transmisor de presión	Monitoreo de presión en el ingreso de unidad de bombeo 24-A
Sist. de Bombeo Nuevo	PIT-170105-2-25-D	Transmisor de presión	Monitoreo de presión en el ingreso de unidad de bombeo 25-A
Sist. de Bombeo Nuevo	PSH-170105-2-23-A	Interruptor de presión alto	Detector de presión alta recirculación de unidad 23-A
Sist. de Bombeo Nuevo	PSH-170105-2-24-A	Interruptor de presión alto	Detector de presión alta recirculación de unidad 24-A
Sist. de Bombeo Nuevo	PSH-170105-2-25-A	Interruptor de presión alto	Detector de presión alta recirculación de unidad 25-A
Sist. de Bombeo Nuevo	PIT-170105-2-23-E	Transmisor de presión	Monitoreo presión manifold ingreso unidades de bombeo nuevas

Sist. de Bombeo Nuevo	PIT-170105-2-23-F	Transmisor de presión	Monitoreo presión manifold ingreso unidades de bombeo nuevas
Sist. de Bombeo Nuevo	PDIT-170105-2-11-A	Transmisor de presión diferencial	Monitoreo presión manifold ingreso unidades de bombeo nuevas
Descarga/Trampa Lanz.	XIS-170105-2-18-A	Interruptor de paso	Detector de salida de herramienta de limpieza a la estación
Descarga/Trampa Lanz.	MCV-170105-2-18-A	Válvula motorizada	Apertura/Cierre de salida a trampa lanzadora
Descarga/Trampa Lanz.	MCV-170105-2-18-B	Válvula motorizada	Apertura/Cierre de derivación trampa lanzadora
Descarga/Trampa Lanz.	MCV-170105-2-18-C	Válvula motorizada	Apertura/Cierre de ingreso a trampa lanzadora
Descarga/Trampa Lanz.	MCV-170105-2-18-D	Válvula motorizada	Apertura/Cierre de salida de producto a la estación
Descarga/Trampa Lanz.	XS-170105-2-18-B	Interruptor de paso	Detector de salida de herramienta de limpieza a la estación

Tabla 7 Variables BPCS

4.5.3. Lenguaje de programación

El controlador seleccionado permite la utilización de diversos lenguajes de programación, este desarrollo considera la utilización del lenguaje de escalera principalmente, sin embargo en algunos específicos es posible utilizar bloques o texto estructura, esto de acuerdo a la facilidad que brinda cada lenguaje de programación para un proceso en específico.

4.5.4. Módulos de control

Los módulos de control son los elementos más pequeños a utilizar en la programación, la finalidad de utilizarlos es definir un estándar para cada tipo de variable a controlar, esto se logra empaquetando la programación de una variable y definiendo las etiquetas que requiere para su control.

Los módulos de control requeridos para el control de la estación son los siguientes:

4.5.4.1. Señales Análogas

El módulo de control de señal analógica recibe la señal de campo del instrumento, permite el escalamiento a las unidades de medición correspondiente, además recibe una señal del módulo de entrada que indique la falla del canal y permite definir valores de alarma para la señal.

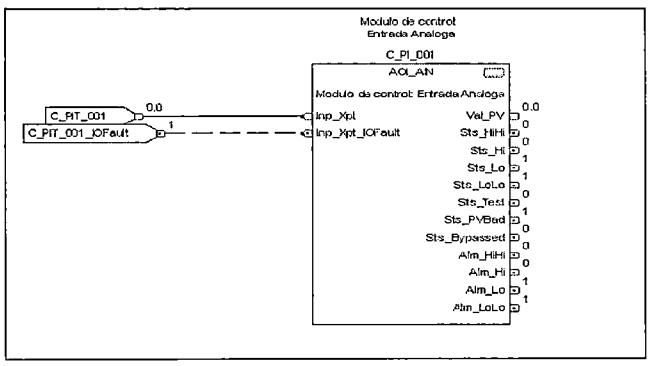


Fig. 25Señales Análogas

OFICINA PROCESOS TECNICOS BIBLIOTECA

4.5.4.2. Señales digitales

El módulo de control recibe el estado de la variable digital, cuenta con la entrada de falla de canal y permite establecer un tiempo para definir que el cambio de estado es real.

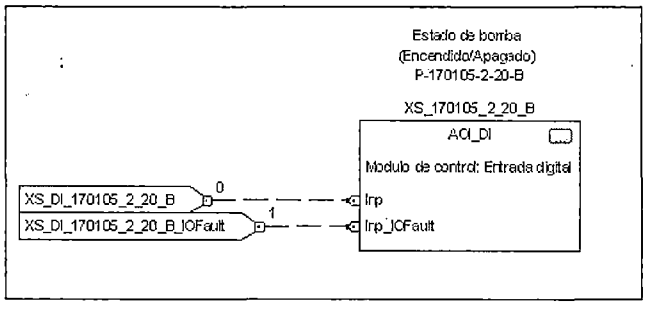


Fig. 26 Señales Digitales

4.5.4.3. Válvulas de recirculación

El módulo de control de la válvula de recirculación envía la posición que debe asumir la válvula de acuerdo al control que se esté realizando, además recibe la retroalimentación de su posición de modo que verifique la respuesta correcta del control que está ejecutando.

Cuenta con opciones d operación manual y automático, en el caso manual responde directamente a los cambios ejecutado por un operador desde su control en el sistema de supervisión y en el modo automático responde a las condiciones del proceso sin intervención del operador.

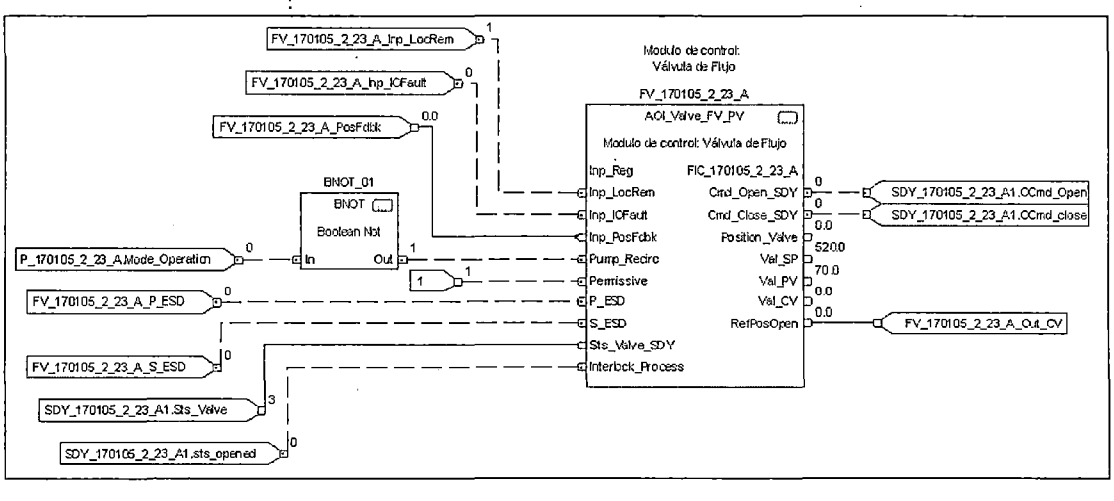


Fig. 27 Válvulas de Recirculación

4.5.4.4. Válvulas motorizadas

El módulo de control envía la señal de apertura y cierre de la válvula, recibe retroalimentación y cuenta con señales de falla de canal.

También cuenta con la posibilidad de operación manual por un operador desde la supervisión o la operación automática respondiendo a las condiciones del proceso.

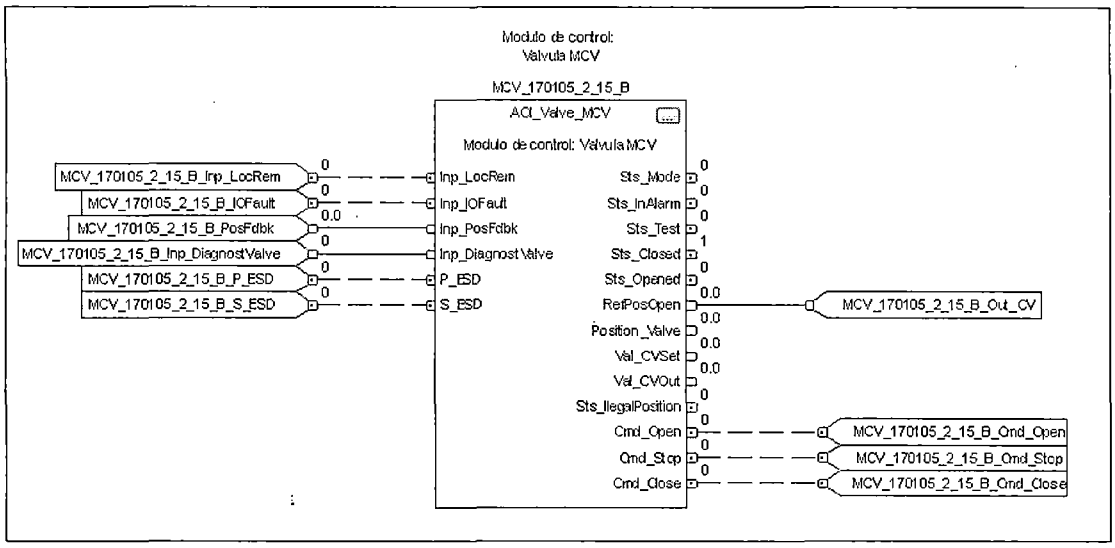


Fig. 28 Válvulas Motorizadas

4.5.4.5. Válvulas de cierre

El módulo de control cuenta con características similares a la válvula motorizada sin embargo la ejecución de los comandos de esta válvula tiene prioridad debido a que es un elemento de seguridad.

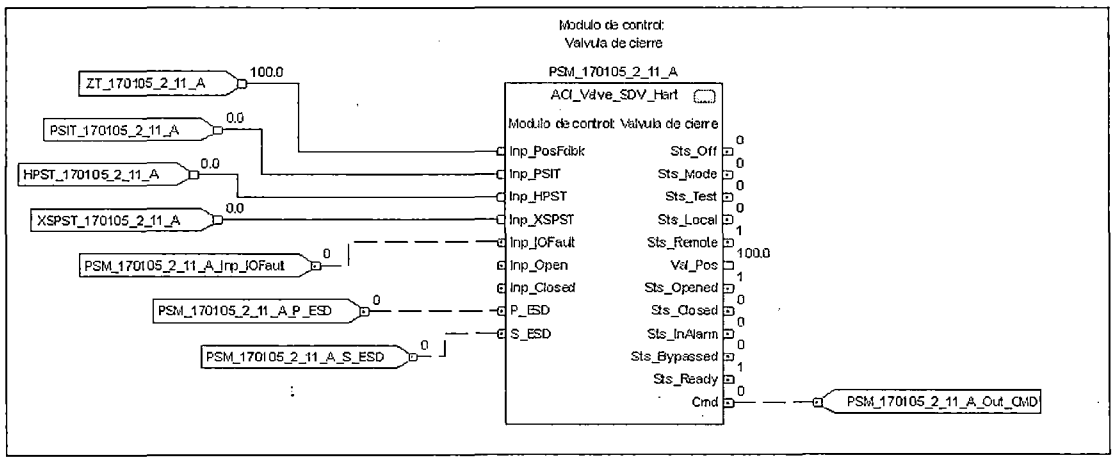


Fig. 29 Válvulas de Cierre

4.5.4.6. Unidades de bombeo

La unidad e bombeo es el módulo de control más complejo del presente desarrollo, este módulo permite el control de la velocidad del motor de la unidad de bombeo mediante el control de un variador de velocidad. Así mismo cuenta con el modo manual y automático.

El modulo responde al control de presión auto selector para ajustar la velocidad según la necesidad del proceso.

Además recibe señales de seguridad de la unidad de bombeo y del proceso de la estación.

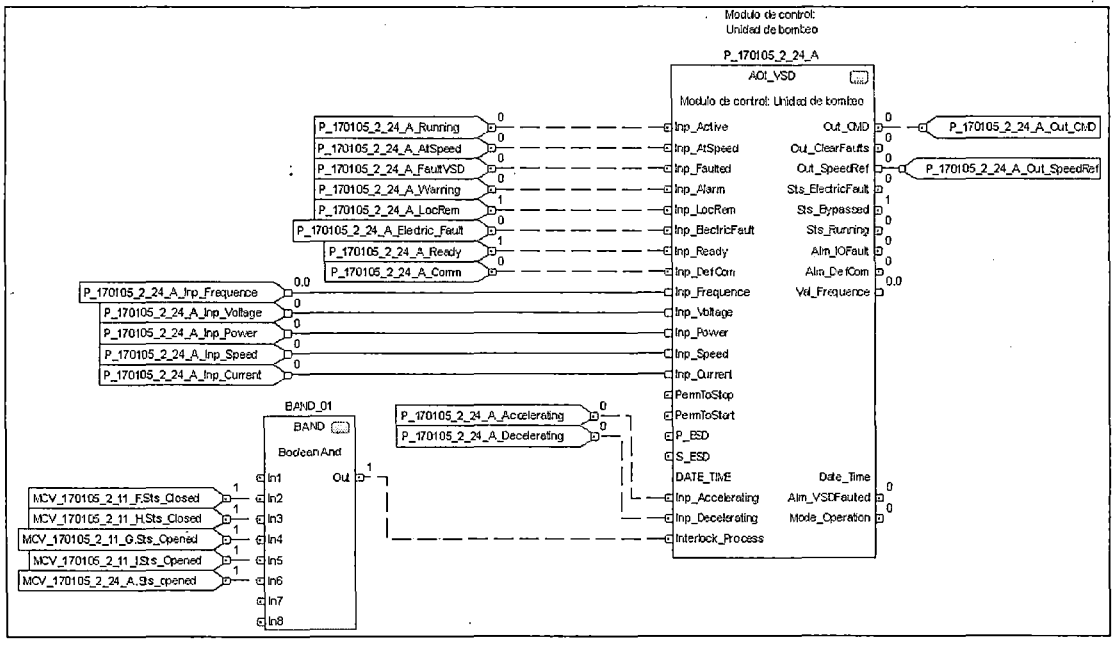


Fig. 30 Unidades de Bombeo

4.5.5. Ventanas de módulos de control (Faceplate)

La aplicación de supervisión requiere el diseño de ventanas para cada módulo de control, de la misma forma que los módulos de control, los faceplates son estandarizados para cada variable y reutilizados según la necesidad del desarrollo.

4.5.5.1. Señales Analógicas

Las entradas analógicas se encuentran representadas con el indicador que se muestra en la figura a continuación.

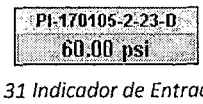


Fig. 31 Indicador de Entrada Analógica

Haciendo clic en el indicador, aparecerá el faceplate asociado a dicha señal.

Este faceplate consta de las siguientes partes:

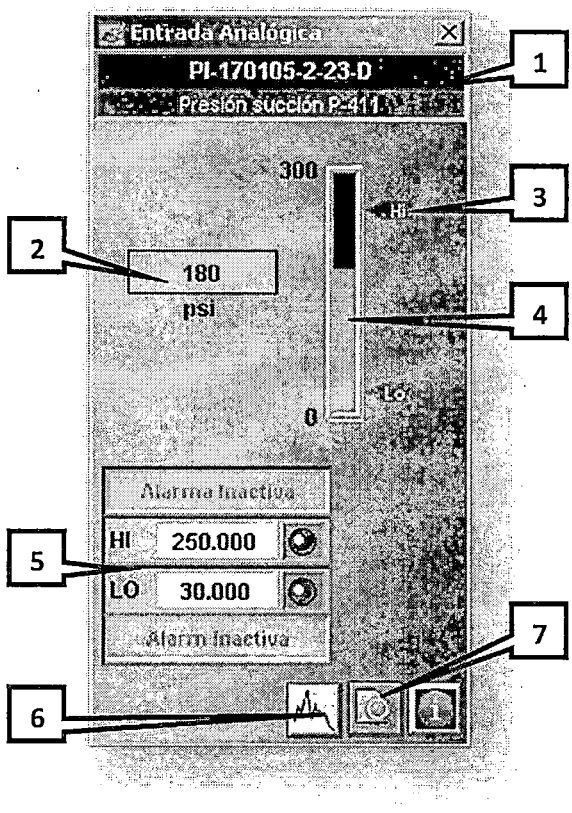


Fig. 32 Faceplate de señal Analógica

1. Etiqueta y descripción de la señal.
2. Visualización del valor actual en unidades de ingeniería.
3. Visualización gráfica de las alarmas definidas. Nota: Sólo se visualizan las alarmas configuradas.
4. Barra graduada animada que representa la variable del proceso.
5. Muestra las alarmas configuradas o establecidas para dicha señal analógica. Si la alarma no se ha configurado o no se ha establecido su activación, aparecerá Alarma Inactiva.
6. Permite ver la tendencia de la señal analógica como se muestra a continuación.

Estados:

Indicador	Estado	Intensidad
PI-170105-2-23-D 60.00 psi	Funcionando correctamente	Fija
PI-170105-2-23-D 285.00 psi / PI-170105-2-23-D 285.00 psi	Falla sin reconocer	Intermitente
PI-170105-2-23-D 285.00 psi	Falla con reconocimiento	Fija

Fig. 33 Indicador de Estado de la Bomba

4.5.5.2. Señales Discretas

Las señales discretas se encuentran representadas por

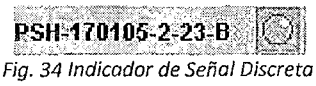


Fig. 34 Indicador de Señal Discreta

Haciendo clic en el indicador, aparecerá el faceplate asociado a dicha señal. Este faceplate consta de las siguientes partes:

Fig. 35 Faceplate de Señal discreta

1. Etiqueta y descripción de la señal.
2. Visualización de la alarma digital.

4.5.5.3. Válvula de Recirculación

Están representadas por el siguiente diagrama:

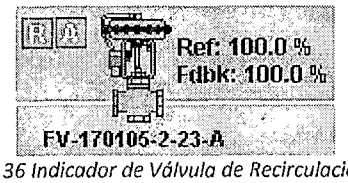


Fig. 36 Indicador de Válvula de Recirculación

Haciendo clic en ella aparecerá su faceplate.

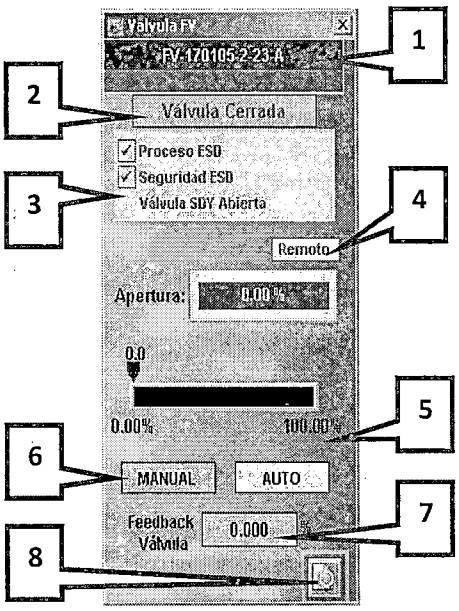


Fig. 37 Faceplate de Válvula de Recirculación

1. Etiqueta y descripción de la bomba.
2. Estado de la válvula.
3. Lista de Permisivos.
4. Indicador Local/Remoto.
5. Porcentaje de apertura, representación numérica y gráfica.
6. Indicador Manual/Automático.
7. Indicador del valor de retroalimentación.
8. Permite el acceso al faceplate de detalle

En las válvulas aparecen indicaciones que simbolizan los estados o fallas de las bombas.

Indicador	Estado
A	Automático
M	Manual
R	-iRemoto
L	Local
Off	Apagado

Tabla 8 Indicador de Fallas de Válvula de Recirculación

Los estados de funcionamiento de las válvulas están representados por animaciones, las cuales se resumen en los siguientes cuadros.

Indicador	Estado
	Válvula Cerrada
	Válvula Abierta
	Cerrando Válvula
	Abriendo Válvula
	Deshabilitado

Tabla 9 Indicador del Estado de Válvula de Recirculación

Indicador	Estado
	Cerrando
	Abriendo
	Cerrado
	Abierto
	En la referencia
	Falla
	Deshabilitado

Tabla 10 Indicador de Válvula de Recirculación

4.5.5.4. Válvulas Motorizadas

Están representadas por el siguiente diagrama:

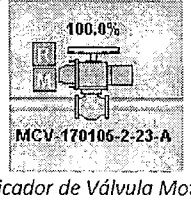


Fig. 38 Indicador de Válvula Motorizada

Haciendo clic en ella aparecerá su faceplate.

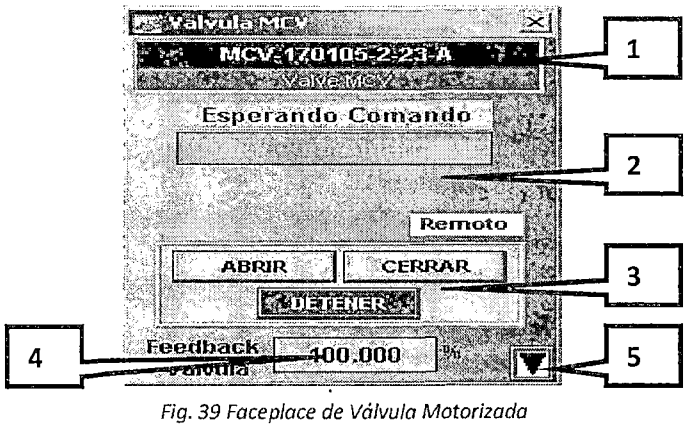


Fig. 39 Faceplace de Válvula Motorizada

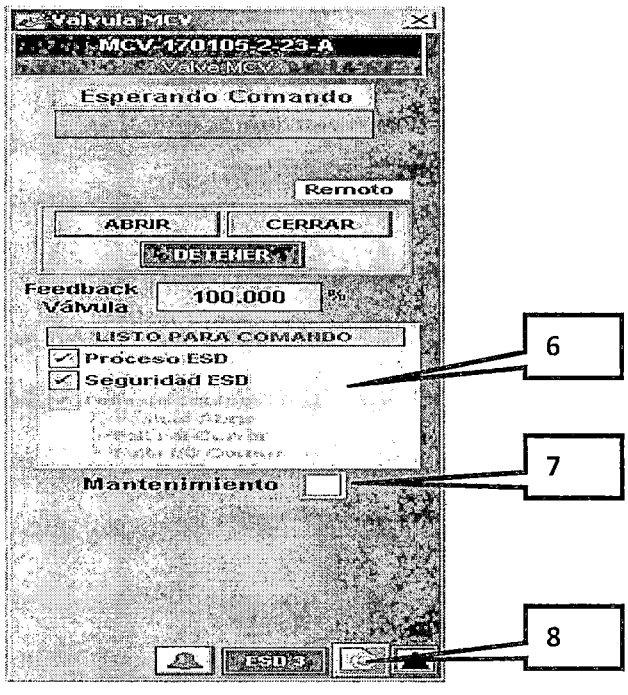


Fig. 40 Faceplace de Válvula Motorizada

1. Etiqueta y descripción de la bomba.
2. Estado de la válvula.
3. Comandos de la válvula.
4. Valor de retroalimentación de la válvula.
5. Extiende el faceplate.
6. Lista de permisivos de la válvula.
7. Comando para poner la válvula en modo de mantenimiento. Adicionalmente, pone a disposición de comandos para la modificar la apertura de la válvula.

En las válvulas aparecen indicaciones que simbolizan los estados o fallas de las bombas.

Indicador	Estado
A	Automático
M	Manual
R	Remoto
L	Local
B	Bypass
Off	Apagado
T	Modo Prueba

Fig. 41Indicador de Falla de la Válvula Motorizada

Los estados de funcionamiento de las válvulas están representados por animaciones, las cuales se resumen en los siguientes cuadros.

Indicador	Estado
	Cerrando
	Abriendo
	Deshabilitado

Indicador	Estado
	Deshabilitado
	Cerrando
	Abriendo
	Cerrado
	Abierto
	Detenido
	Referencia de Mantenimiento
	Falla

Tabla 11 Indicadores de Estado de la Válvula Motorizada

4.5.5.5. Lazo de Control de Flujo (FIC)

Están representadas por el siguiente diagrama:

Fig. 42 Indicador de Control de Flujo

Haciendo clic en ella aparecerá su faceplate.

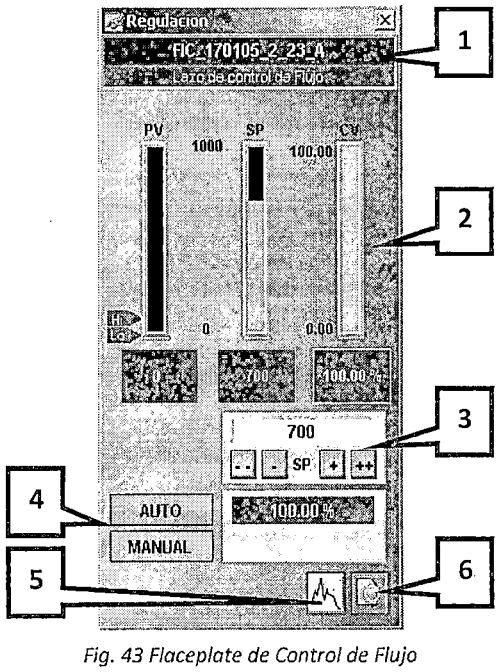


Fig. 43 Flaceplate de Control de Flujo

1. Etiqueta y descripción de la bomba.
2. Representación gráfica del valor de proceso, setpoint y apertura de válvula.
3. Comandos para modificar el setpoint.
4. Estado del control (Manual/Automático).
5. Permite ver la gráfica de tendencias.

En las válvulas aparecen indicaciones que simbolizan los estados o fallas de las bombas.

Indicador	Estado
	Automático
	Manual

Tabla 12 Indicador del Estado de la Bomba

4.5.5.6. Válvulas de cierre

Están representadas por el siguiente diagrama:

Fig. 44 Representación de la Válvula Hart.

Haciendo clic en ella aparecerá su faceplate.

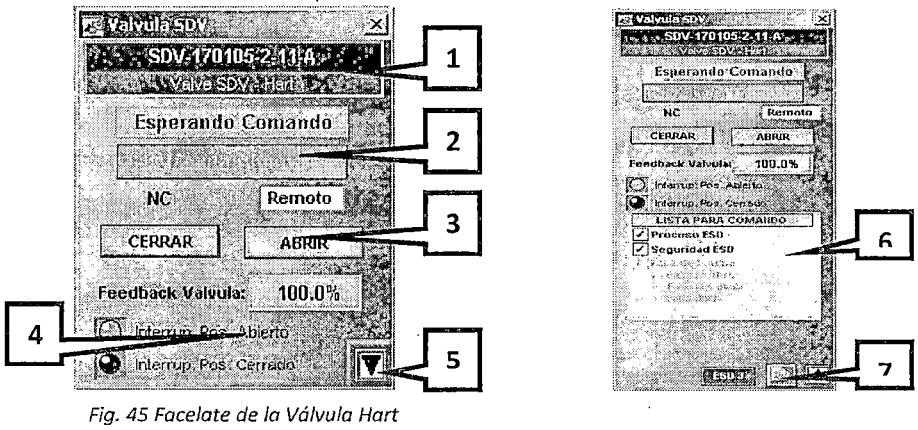


Fig. 45 Facelate de la Válvula Hart

1. Etiqueta y descripción de la bomba.
2. Estado de la válvula.
3. Comandos de la válvula.
4. Retroalimentación de la válvula y Estado de los interruptores de posición.
5. Extiende el faceplate.
6. Lista de permisivos de la válvula.
7. Permite el acceso al faceplate de detalles de la válvula.

En las válvulas aparecen indicaciones que simbolizan los estados o fallas de las bombas.

Indicador	Estado
A	Automático
M	Manual
R	Remoto
L	Local
B	Bypass
Off	Apagado
T	Modo Prueba

Tabla 13 Indicador del Estado de las Bombas

Los estados de funcionamiento de las válvulas están representados por animaciones, las cuales se resumen en los siguientes cuadros.

Indicador	Estado
	Comando Cerrar
	Comando Abrir
	Deshabilitado

Indicador	Estado
	Deshabilitado
	Cerrando
	Abriendo
sd	Cerrado
	Abierto
	Falla

Tabla 14 Indicador del Estado de las Válvulas

4.5.5.7. Unidades de bombeo

Existen 3 tipos de representación de las bombas: para las bombas antiguas, las nuevas y su representación en los diagramas pdf.

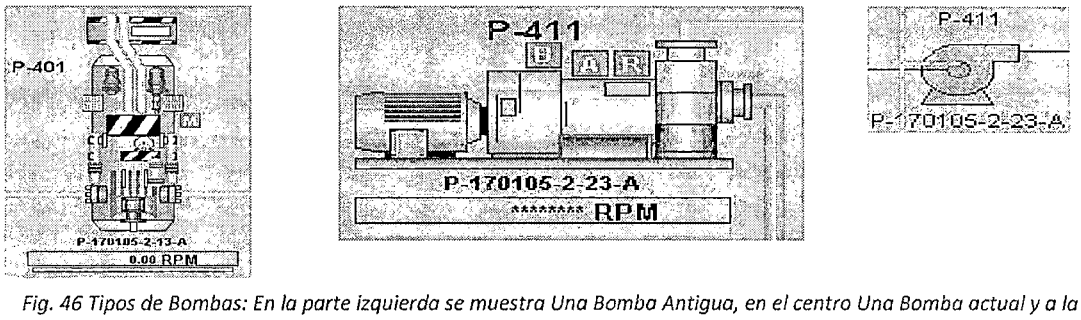


Fig. 46 Tipos de Bombas: En la parte izquierda se muestra Una Bomba Antigua, en el centro Una Bomba actual y a la derecha la representación en los diagramas PDF.

Haciendo clic en ellas aparecerá su faceplate.

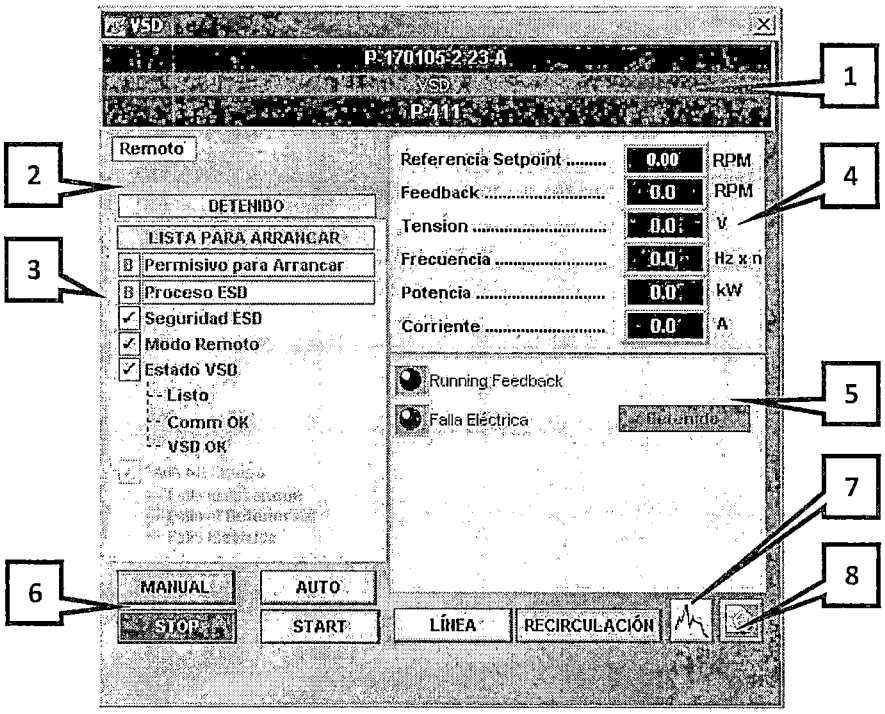


Fig. 47 Faceplate de la Bomba

1. Etiqueta y descripción de la bomba.
2. Estado de la bomba.
3. Lista de Permisivos para el arranque de la bomba.
4. Datos de funcionamiento de la bomba.
5. Listado de fallas de la bomba.
6. Controles de la bomba.
7. Permite visualizar las tendencias de la bomba.

En las bombas aparecen indicaciones que simbolizan los estados o fallas de las bombas.

Indicador	Estado
	Automático
	Manual
	Remoto
	Local
	Bypass
Off	Apagado
	Falla Eléctrica
	Modo Prueba

Tabla 15 Indicador del Estado de la Bomba

Los estados de funcionamiento de las bombas están representados por animaciones, las cuales se resumen en los siguientes cuadros.

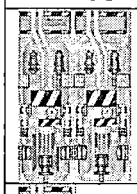
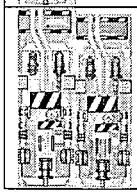
Indicador	Estado
	Motor en transición
	Acelerando / Desacelerando
	Detenido
	Referencia alcanzada
	Falla

Tabla 16 Indicador del estado de funcionamiento de la bomba 1

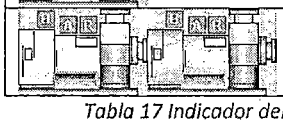
Indicador	Estado
	En transición
	Detenido
	Referencia Alcanzada
	Falla

Tabla 17 Indicador del estado del funcionamiento de la bomba 2

Indicador	Estado
	En transición
	Acelerando / Desacelerando
	Referencia Alcanzada
	Detenido
	Falla

Tabla 18 Indicador del estado del funcionamiento de la bomba 3

4.5.6. Control de Proceso

El control de proceso se realiza a través de la programación de las secuencias en el controlador y el monitoreo a través de las pantallas desarrolladas para el sistema de supervisión.

4.5.6.1. Pantalla de bombeo actual

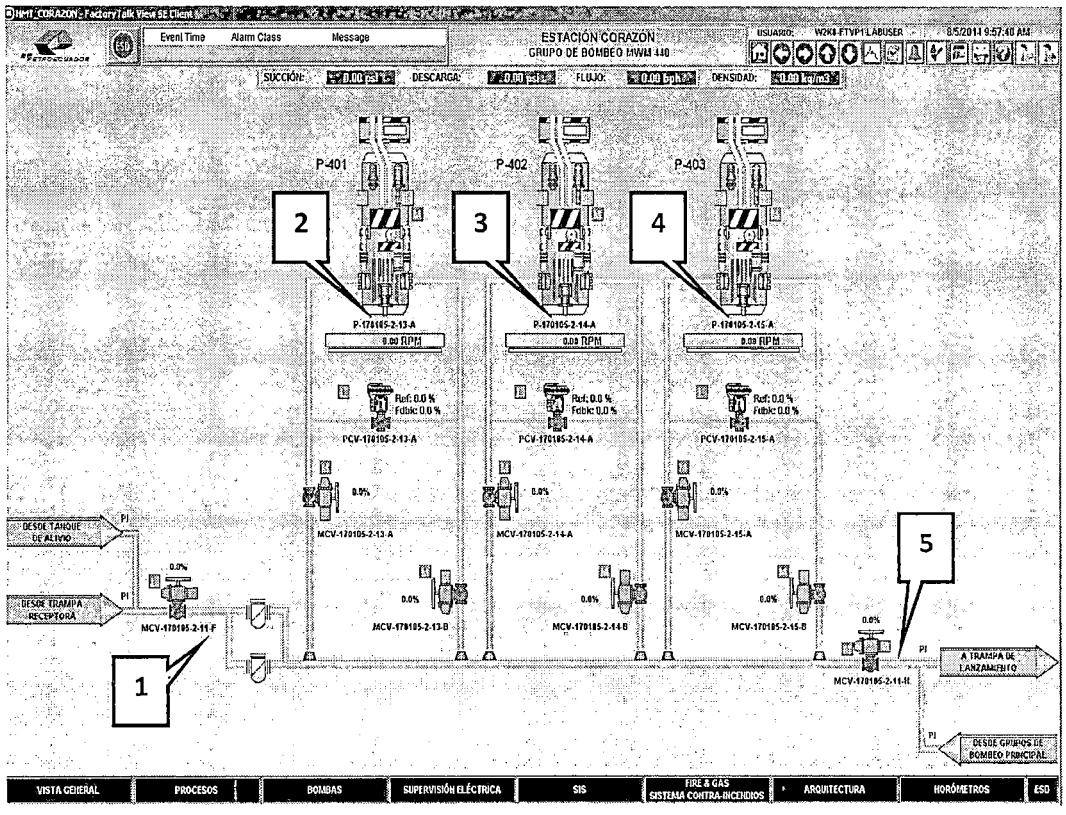


Fig. 48 Estación de Bombeo Actual

1. Válvula motorizada MCV-170105-2-11-F a la entrada del sistema de bombeo actual.

2. Unidad P-170105-2-13-A/14-A/15-A alineada para operación en serie. La bomba cuenta con una línea de recirculación de producto para el arranque, controlado por la válvula PCV-170105-2-13-A/14-A/15-A, también tiene transmisores de presión de succión y descarga. Además la bomba cuenta con válvulas motorizadas de compuerta tanto en la línea de succión como en la línea de descarga (MCV-170105-2-13-A/14-A/15-A y MCV-170105-2-13-B/14-B/15-B), para la habilitación de la línea de funcionamiento de dicha bomba.

3. Unidad P-170105-2-14-A
4. Unidad P-170105-2-15-A
5. Válvula motorizada MCV-170105-2-11-H, a la salida del sistema de bombeo actual y con dirección a la trampa de lanzamiento.

4.5.6.2. Pantalla de Nuevo Sistema de Bombeo

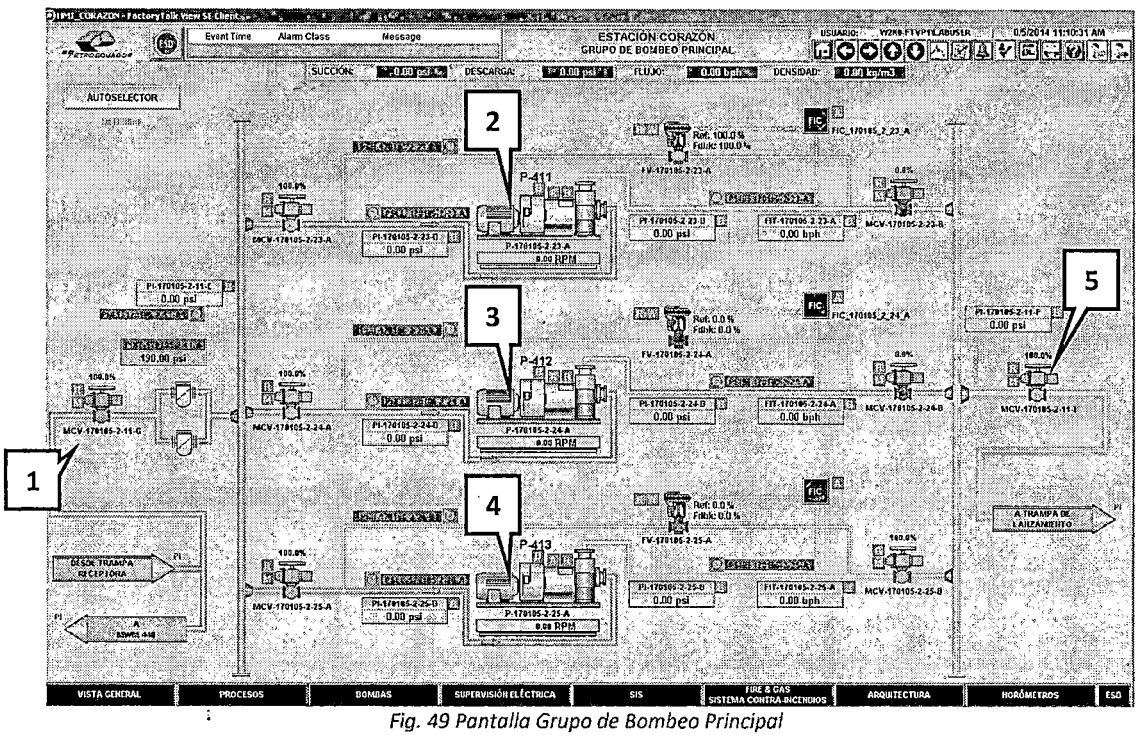


Fig. 49 Pantalla Grupo de Bombeo Principal

1. Válvula motorizada MCV-170105-2-11-G, a la entrada del sistema del nuevo sistema de bombeo, seguido de filtros en la línea para retener las impurezas del producto.

2. Unidad P-170105-2-23-A/24-A/25-A, alineada para operación en paralelo. El arranque y control de capacidad de las bombas se realizará por medio de variadores de velocidad, el cual permitirá el ajuste de la bomba para operar en las distintas condiciones de bombeo y con los distintos productos a ser transportados, esta bomba podrá operar en recirculación o en línea (bombeo por poliducto) dependiendo de lo que se requiera. Para el tema de recirculación de producto, estará controlado por la válvula FV-170105-2-23-A/24-A/25-A. En este tipo de operación, la velocidad de cada una de las bombas trabajará a 2500 rpm individualmente como mínimo, lo que permitirá

alcanzar un valor igual o superior al caudal mínimo de las bombas (500 bph). El valor de set de velocidad dependerá del tipo de producto que se esté bombeado. Cuando el caudal sea superior a los 800 bph se cerrará la válvula FV-170105-2-23-A/24-A/25-A de recirculación y la unidad operará en línea. Se cuenta también con transmisores de presión de succión y descarga (PI-170105-2-23-A/24-A/25-A y PI-170105-2-23-B/24-B/25-B), transmisor de flujo (FI-170105-2-23-A/24-A/25-A), interruptor de presión (PSH-170105-2-23-B/24-B/25-B, PSLL-170105-2-23-A/24-A/25-A, PSHH-170105-2-23-A/24-A/25-A) y válvulas motorizadas de compuerta tanto en la línea de succión como en la línea de descarga (MCV-170105-2-23-A/24-A/25-A y MCV-170105-2-23-B/24-B/25-B), para la habilitación de la línea de funcionamiento de dicha bomba.

3. Unidad P-170105-2-24-A
4. Unidad P-170105-2-25-A
5. Válvula motorizada MCV-170105-2-11-I, a la salida del sistema de bombeo principal y con dirección a la trampa de lanzamiento.

4.5.6.3. Modo Automático nuevo sistema de bombeo

Para operar en este modo se dispondrá del control autoselector entre las señales de salida de los controladores PIC-170105-2-11-E y PIC-170105-2-11-F, correspondientes a la presión de succión PIT-170105-2-11-E (variable principal) la presión de descarga PIT-170105-2-11-F respectivamente. Este control seleccionara el menor valor de las salidas, que será aplicado al control sobre los variadores de velocidad de las unidades de bombeo P-170105-2-23-A/24-A//25-A que se encuentre en el lazo; la presión de succión se mantendrá en un valor mayor que el mínimo valor permitido de forma tal de asegurar la correcta operación de los nuevos equipos de bombeo. Simultáneamente se monitorea la presión de descarga para que no supere la máxima presión permitida. En estas condiciones se establecerá un caudal de bombeo constante para cada producto. Las bombas principales bombearán lo que ingrese al cabezal de succión hacia el cabezal de descarga. En caso de que la presión de descarga se incremente hasta llegar al valor de setpoint del controlador de descarga, este tomará el control de velocidad de los motores (reduciendo la velocidad de los mismos), hasta que la presión de descarga sea menor que el setpoint entonces el controlador de succión entrara a controlar la velocidad de los motores.

4.5.6.4. Modo Manual nuevo sistema de bombeo

En esta modalidad, la señal de salida del control Autoselector será deshabilitado y en su lugar se podrá fijar directamente la señal de control a los variadores de velocidad individualmente ingresando por teclado el valor deseado de velocidad de cada una de las unidades de bombeo. Existe la posibilidad de que cada unidad de bombeo trabaje en puntos operativos diferentes, sin embargo se recomienda establecer los mismos sets para cada equipo, de forma tal de que las condiciones operativas sean similares. En esta condición operativa deberá prestarse especial atención a los sets de rpm establecidos, de forma tal que la presión de descarga de las bombas principales no alcance la presión máxima a la cual se apague la estación y la presión de succión de las bombas principales no caiga por debajo de la presión de vapor de los fluidos transportados.

4.5.6.5. Seguridades de Operación nuevo sistema de bombeo

Para poder realizar la operación de la bomba se requiere que no se encuentren activado el interlock de protección de equipo o el interlock externo del equipo.

Las siguientes condiciones se necesitan para que se active el interlock de protección de equipo:

- La señal de habilitación del variador no se encuentre activa
- Falla en Parada
- Falla en Arranque
- Falla Eléctrica
- Falla de comunicación cuando la bomba se encuentra en modo remoto.

El interlock externo de cada bomba se activa cuando no se cumple cualquiera de las condiciones descritas para cada bomba.

Condiciones

P-170105-2-13-A

Válvula	Descripción	Estado
MCV-170105-2-11-F	Válvula de Entrada Bombas Antiguas	Abierta
MCV-170105-2-11-G	Válvula de Entrada Bombas Nuevas	Cerrada
MCV-170105-2-11-H	Válvula de Salida Bombas Antiguas	Abierta
MCV-170105-2-11-I	Válvula de Salida Bombas Nuevas	Cerrada
MCV-170105-2-13-A	Válvula de Entrada a la Bomba	Abierta

P-170105-2-14-A

Válvula	Descripción	Estado
MCV-170105-2-11-F	Válvula de Entrada Bombas Antiguas	Abierta
MCV-170105-2-11-G	Válvula de Entrada Bombas Nuevas	Cerrada
MCV-170105-2-11-H	Válvula de Salida Bombas Antiguas	Abierta
MCV-170105-2-11-I	Válvula de Salida Bombas Nuevas	Cerrada
MCV-170105-2-14-A	Válvula de Entrada a la Bomba	Abierta

P-170105-2-15-A

Válvula	Descripción	Estado
MCV-170105-2-11-F	Válvula de Entrada Bombas	Abierta

	Antiguas	
MCV-170105-2-11-G	Válvula de Entrada Bombas Nuevas	Cerrada
MCV-170105-2-11-H	Válvula de Salida Bombas Antiguas	Abierta
MCV-170105-2-11-I	Válvula de Salida Bombas Nuevas	Cerrada
MCV-170105-2-15-A	Válvula de Entrada a la Bomba	Abierta

P-170105-2-23-A

Válvula	Descripción	Estado
MCV-170105-2-11-F	Válvula de Entrada Bombas Antiguas	Cerrada
MCV-170105-2-11-G	Válvula de Entrada Bombas Nuevas	Abierta
MCV-170105-2-11-H	Válvula de Salida Bombas Antiguas	Cerrada
MCV-170105-2-11-I	Válvula de Salida Bombas Nuevas	Abierta
MCV-170105-2-23-A	Válvula de Entrada a la Bomba	Abierta

P-170105-2-24-A

Válvula	Descripción	Estado
MCV-170105-2-11-F	Válvula de Entrada Bombas Antiguas	Cerrada
MCV-170105-2-11-G	Válvula de Entrada Bombas Nuevas	Abierta
MCV-170105-2-11-H	Válvula de Salida Bombas Antiguas	Cerrada
MCV-170105-2-11-I	Válvula de Salida Bombas Nuevas	Abierta
MCV-170105-2-24-A	Válvula de Entrada a la Bomba	Abierta

P-170105-2-25-A

Válvula	Descripción	Estado
MCV-170105-2-11-F	Válvula de Entrada Bombas Antiguas	Cerrada
MCV-170105-2-11-G	Válvula de Entrada Bombas Nuevas	Abierta
MCV-170105-2-11-H	Válvula de Salida Bombas Antiguas	Cerrada
MCV-170105-2-11-I	Válvula de Salida Bombas Nuevas	Abierta
MCV-170105-2-25-A	Válvula de Entrada a la Bomba	Abierta

OFICINA PROCESOS TECNICOS
BIBLIOTECA CENTRAL

4.5.6.6. Autoselector

Pantalla de Autoselector, a continuación se muestra el diagrama y descripción de la pantalla:

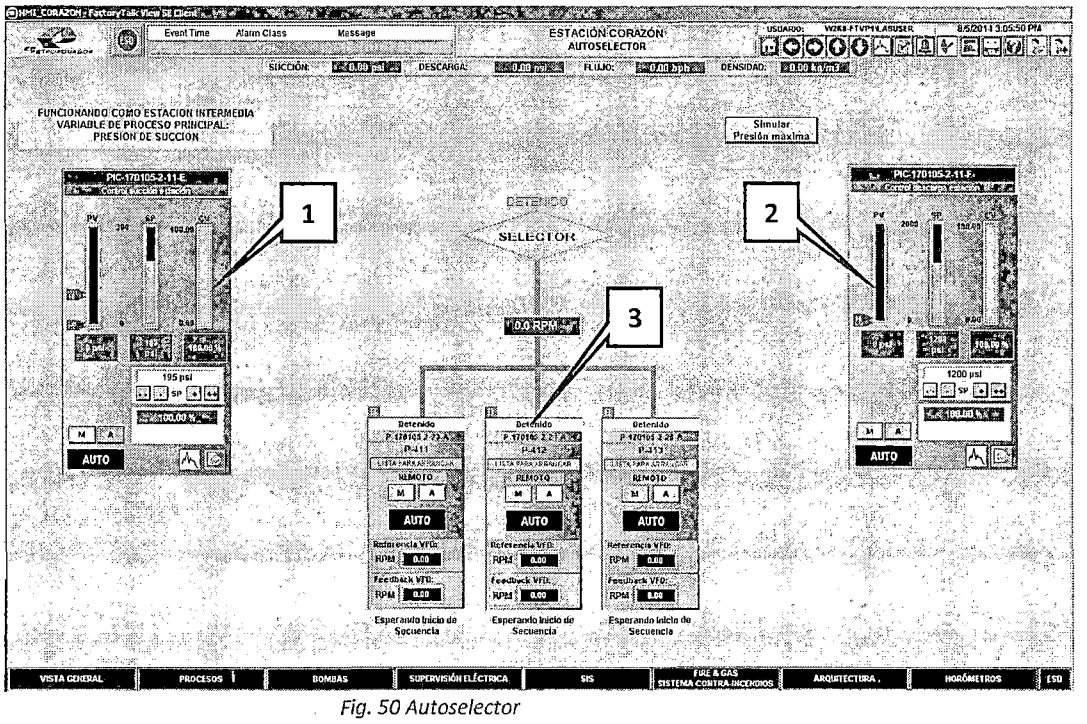


Fig. 50 Autoselector

1. Se muestra control PID de presión PIC-170105-2-11-E, el cual es un mecanismo de control por realimentación que calcula la desviación o error entre un valor medido y el valor que se quiere obtener, para aplicar una acción correctora que ajuste el proceso. En este caso se pretende controlar la presión del sistema de bombeo del producto.

2. Se muestra control PID de presión PIC-170105-2-11-F, el cual es un mecanismo de control por realimentación que calcula la desviación o error entre un valor medido y el valor que se quiere obtener, para aplicar una acción correctora que ajuste el proceso. En este caso se pretende controlar la presión del sistema de bombeo del producto.
3. Se muestra el resumen de las 3 bombas, en donde podemos visualizar el modo de operación y las RPM de cada una.

V. INVERSION

5.1. Presupuesto del Proyecto

Item	Modelo	Descripción	Precio Unitario	Unid.	Costo
Controlador BPCS / Concentrador de Señales Proceso					**$ 54,541.00**
1	A727210ULP	Gabinete NEMA12, dos puertas, 1830x1830x256mm, incluye accesorios para iluminación,y barras de puesta a tierras	$ 7,990.00	1	$ 7,990.00
2	1756-A7	Chassis de montaje de PLC para 7 slots	$ 300.00	2	$ 600.00
3	1756-CN2R	Módulo de comunicación a red ControlNet	$ 1,729.00	3	$ 5,187.00
4	1756-EN2T	Módulo de comunicación a red Ethernet	$ 1,829.00	3	$ 5,487.00
5	1756-L74	Módulo procesador L74, 16MB de memoria	$ 9,509.00	2	$ 19,018.00
6	1756-PAR2	Sistema de fuentes de alimentación redundante para chassis ControlLogix	$ 1,764.00	3	$ 5,292.00
7	1756-RM2	Módulo de redundancia ControlLogix, incluye cable de fibra de comunicación.	$ 3,191.00	2	$ 6,382.00
8	1756-A10	Chassis de montaje de PLC para 10 slots	$ 390.00	1	$ 390.00
9	1756-IB16D	Módulo de 16 entradas digitales de 10-30 VDC	$ 380.00	3	$ 1,140.00
10	1756-IF16H	Módulo de 16 entradas analógicas 4 a 20 mA, Hart	$ 1,250.00	1	$ 1,250.00
11	1756-N2	Tapas para slots de Contrologix	$ 10.00	9	$ 90.00
12	1756-OB16D	Módulo de 16 salidas digitales de 10-30 VDC, con diagnostico	$ 520.00	1	$ 520.00
13	1606-XL240DR	Fuente de alimentación de 24VDC	$ 380.00	2	$ 760.00
14	1492-SP2C250	Llave termomagnetica	$ 35.00	1	$ 35.00
15	-	Accesorios para integración del gabinete.	$ 400.00	1	$ 400.00
Controlador SIS / Concentrador de señales Seguridad					**$ 54,541.00**
1	A727210ULP	Gabinete NEMA12, dos puertas, 1830x1830x256mm, incluye accesorios para iluminación,y barras de puesta a tierras	$ 7,990.00	1	$ 7,990.00
2	1756-A7	Chassis de montaje de PLC para 7 slots	$ 300.00	2	$ 600.00

3	1756-CN2R	Módulo de comunicación a red ControlNet	$ 1,729.00	3	$ 5,187.00
4	1756-EN2T	Módulo de comunicación a red Ethernet	$ 1,829.00	3	$ 5,487.00
5	1756-L74	Módulo procesador L74, 16MB de memoria	$ 9,509.00	2	$ 19,018.00
6	1756-PAR2	Sistema de fuentes de alimentación redundante para chassis ControlLogix	$ 1,764.00	3	$ 5,292.00
7	1756-RM2	Módulo de redundancia ControlLogix, incluye cable de fibra de comunicación.	$ 3,191.00	2	$ 6,382.00
8	1756-A10	Chassis de montaje de PLC para 10 slots	$ 390.00	1	$ 390.00
9	1756-IB16D	Módulo de 16 entradas digitales de 10-30 VDC	$ 380.00	3	$ 1,140.00
10	1756-IF16H	Módulo de 16 entradas analógicas 4 a 20 mA, Hart	$ 1,250.00	1	$ 1,250.00
11	1756-N2	Tapas para slots de Contrologix	$ 10.00	9	$ 90.00
12	1756-OB16D	Módulo de 16 salidas digitales de 10-30 VDC, con diagnostico	$ 520.00	1	$ 520.00
13	1606-XL240DR	Fuente de alimentación de 24VDC	$ 380.00	2	$ 760.00
14	1492-SP2C250	Llave termomagnetica	$ 35.00	1	$ 35.00
15	-	Accesorios para integración del gabinete.	$ 400.00	1	$ 400.00
		Costo de configuracion, instalacion y puesta en marcha			**$ 20,000.00**
		COSTO TOTAL DEL PROYECTO			**$ 129,082.00**

VI. CONCLUSIONES

- Se alcanzó el objetivo de diseñar un sistema de control para soportar la modernización de la estación de bombeo bajo los parámetros del nuevo diseño mecánico y de instrumentación que permiten el incremento de la capacidad de bombeo de la estación.

- Los equipos dedicados a la seguridad de proceso incrementan la seguridad para las personas involucradas en la operación de la estación. Estos equipos de seguridad constituyen un costo adicional para el sistema de control, sin embargo este costo se ve sobrepasado por los daños que pueda generar un accidente en el proceso a una persona.

- El control Autoselector planteado permite mantener la operación del sistema estable soportándose en su capacidad de elegir entre las variables de ingreso y descarga, este control reduce el rango de operación de los variadores de velocidad generando ahorro de energía.

- En la actualidad contamos con diversas opciones para seleccionar un sistema de control, sin embargo es muy importante establecer las necesidades de cada operación, un sistema de control puede ser adecuado para un proceso muy grande pero no es funcional para un sistema medio, además la capacidad crecimiento se ve limitada por el mimo proceso.

- Muchas empresas del rubro de hidrocarburos cuentan con sistema de control direccionados solo al proceso productivo, sin tener en consideración la información disponible para implementar seguridades para las personas en sus instalaciones.

VII. RECOMENDACIONES

- Las empresas dedicadas al rubro de hidrocarburos cuentan con un estudio de riesgos para su operación, es recomendable que las necesidades de ese estudio sean alineadas a las acciones ejecutadas por el sistema de control a fin de contar con mayor seguridad en su operación.

- La utilización de módulos de control y ventanas de operación estandarizados permiten facilitar la programación de las secuencias de programación.

- La instalación de estos sistemas de control requieren el soporte de profesionales capacitados para la operación y mantenimiento de los equipos seleccionados y aplicaciones desarrolladas.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

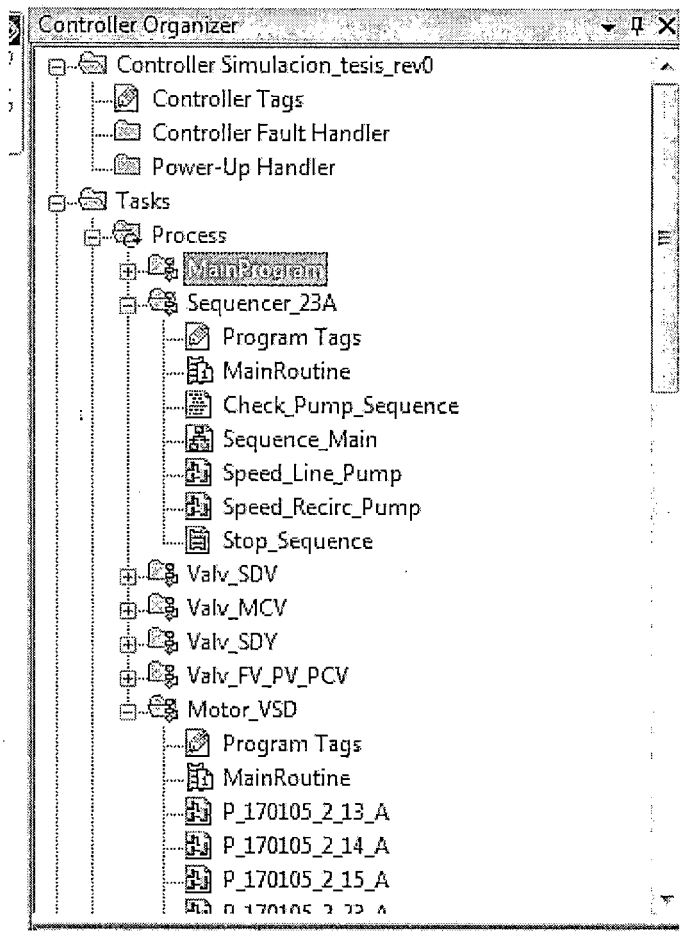
- ✓ **[Libro 01]** Instrumentación industrial – Antonio Creus Solé 8va Edición
- ✓ **[Libro 02]** Comunicaciones industriales – Vicente Guerrero
- ✓ **[Publicación 01]** 1756-TD001K-EN-P – Controladores lógico programables ControlLogix – Allen Bradley
- ✓ **[Publicación 02]** viewse-um006_-en-e – Guía de usuario sistema de supervisión FactoryTalk View SE – Allen Bradley
- ✓ **[Publicación 03]** cnet-um001_-en-p - Guía de usuario Red Controlnet – Allen Bradley
- ✓ **[Publicación 04]** enet-um001_-es-p - Guía de usuario Red Ethernet/IP – Allen Bradley

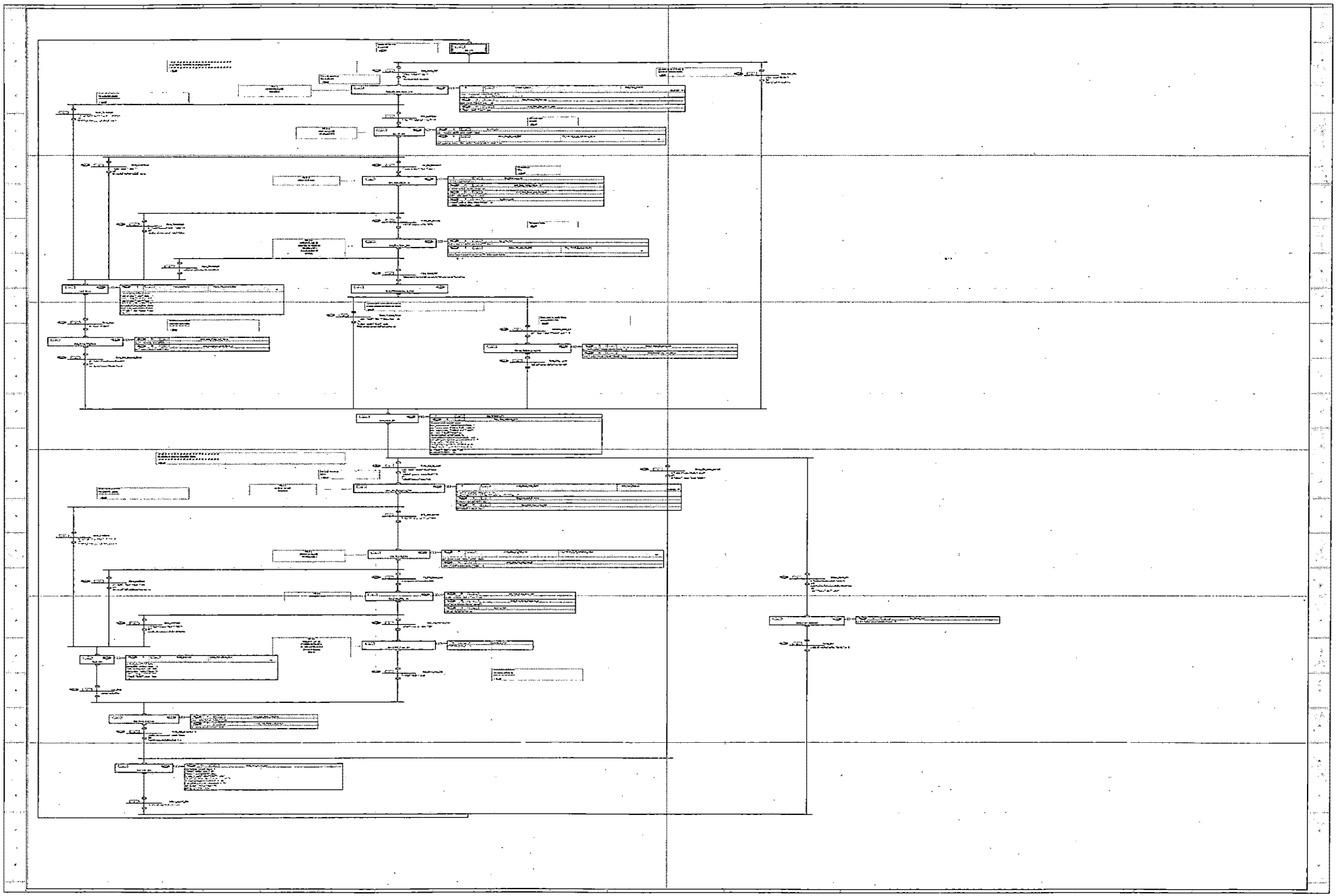
IX. GLOSARIO

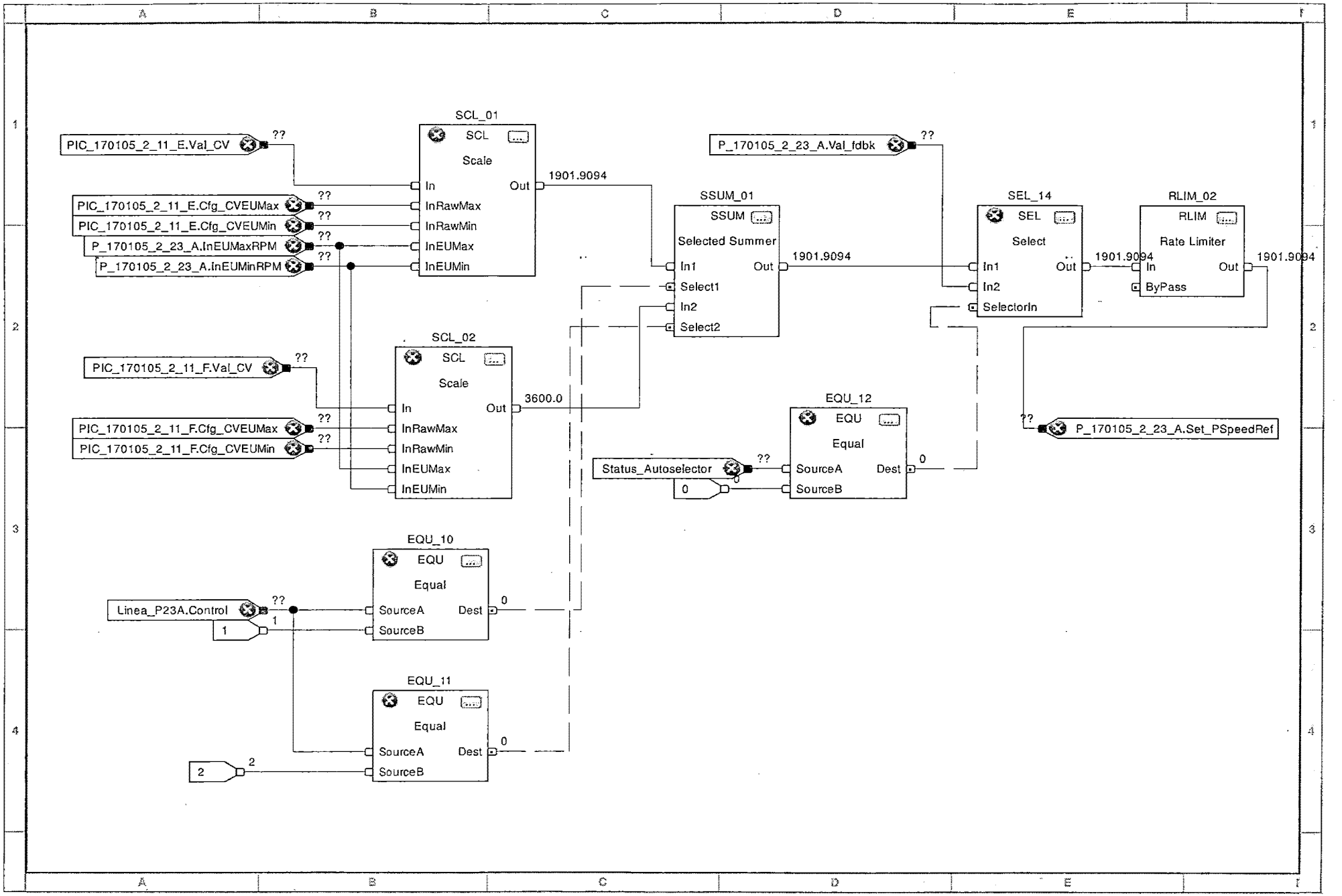
BPCS:	Basic Process Control System (Sistema Básico de Control de Procesos).
CCMO:	Centro de Control Maestro de Operaciones.
CAO:	Centro Auxiliar de Operación.
ESD:	Emergency Shutdown (Parada de Emergencia).
ESS:	Sistem Emergency Shutdown (Sistema Parada de Emergencia).
F&GDS:	Fire and Gas Detection System (Sistema de Detección de Fuego y Gas).
HMI:	Human Machine Interface (Interfaz Humano-Máquina).
HAZOP:	Hazards and Operability Analysis (Análisis de Riesgos y Operabilidad).
ICSS:	Integrated Control and Safety System (Sistema Integrado de Control y Seguridad).
OLE:	Object Linking and Embedding (Sistema de Objeto Distribuido).
OPC:	OLE for Process Control (OLE para Control de Procesos).
SIL:	Safety Integrity Level (Nivel de Integridad de Seguridad).
SIS:	Safety Instrumented System (Sistema Instrumentado de Seguridad).
SOE:	Sequence of Events (Secuencia de Eventos).
SCADA:	Supervisory Control and Data Acquisition (Control Supervisorio y Adquisición de Datos).
P&ID:	Piping and Instrumentation Diagram (Diagrama de Tubería e Instrumentación).
PSD:	Process Shutdown (Parada de Proceso).
UPS:	Uninterruptible Power Supply (Fuente de Energía Ininterrumpida).
SHUTDOWN:	Apagado / Parada.

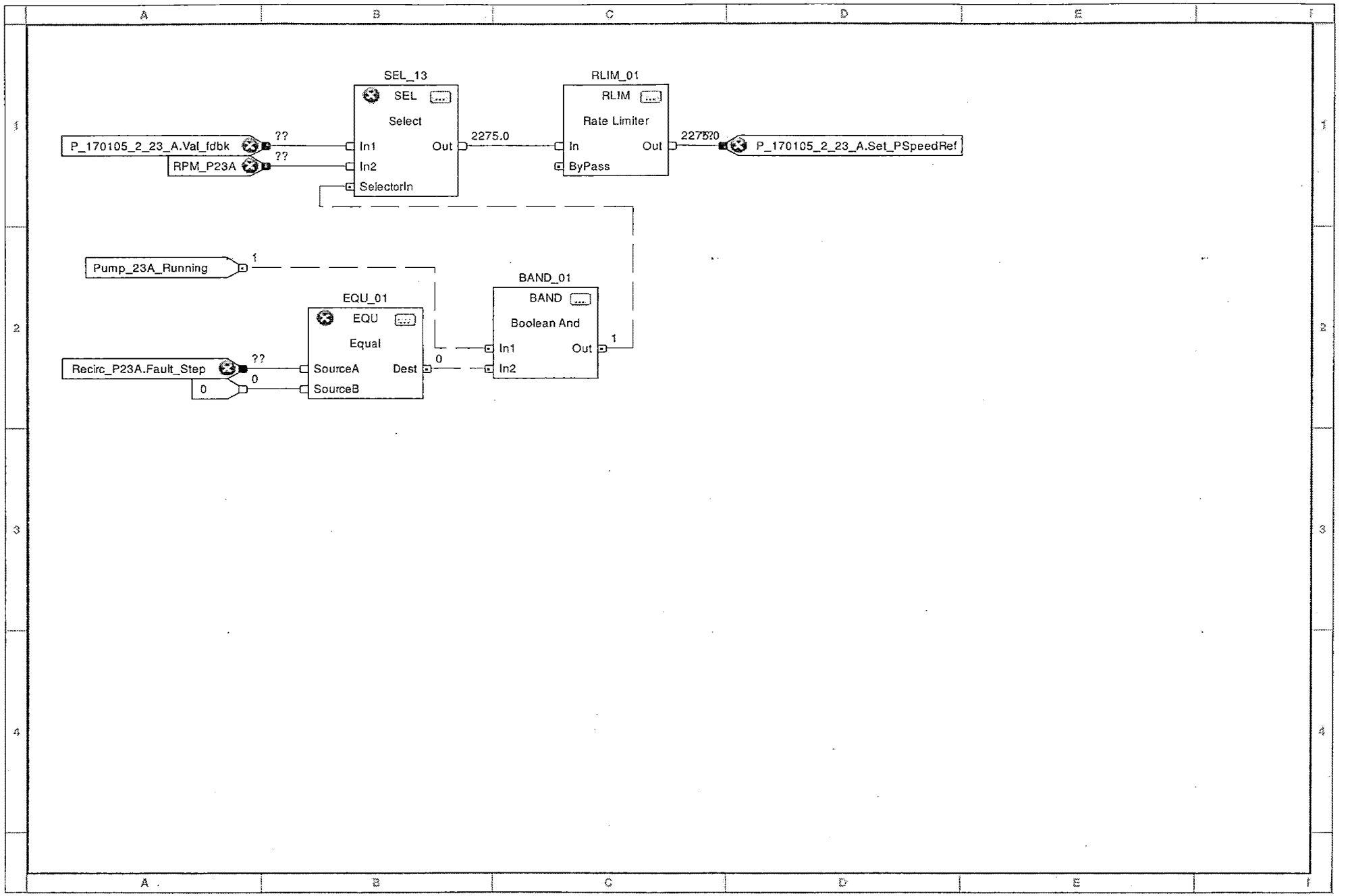
X. ANEXOS

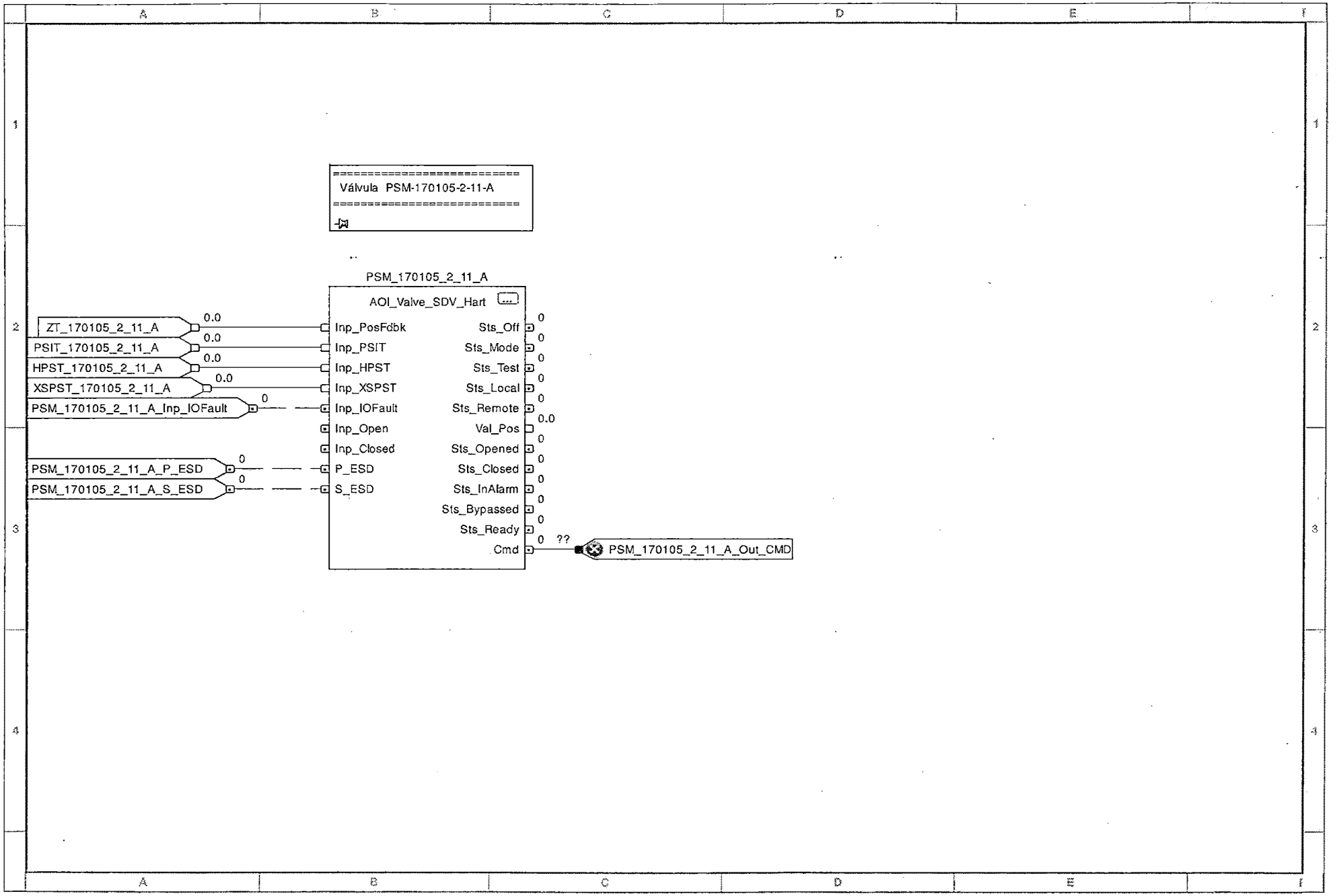
10.1. Programa Controlador BPCS

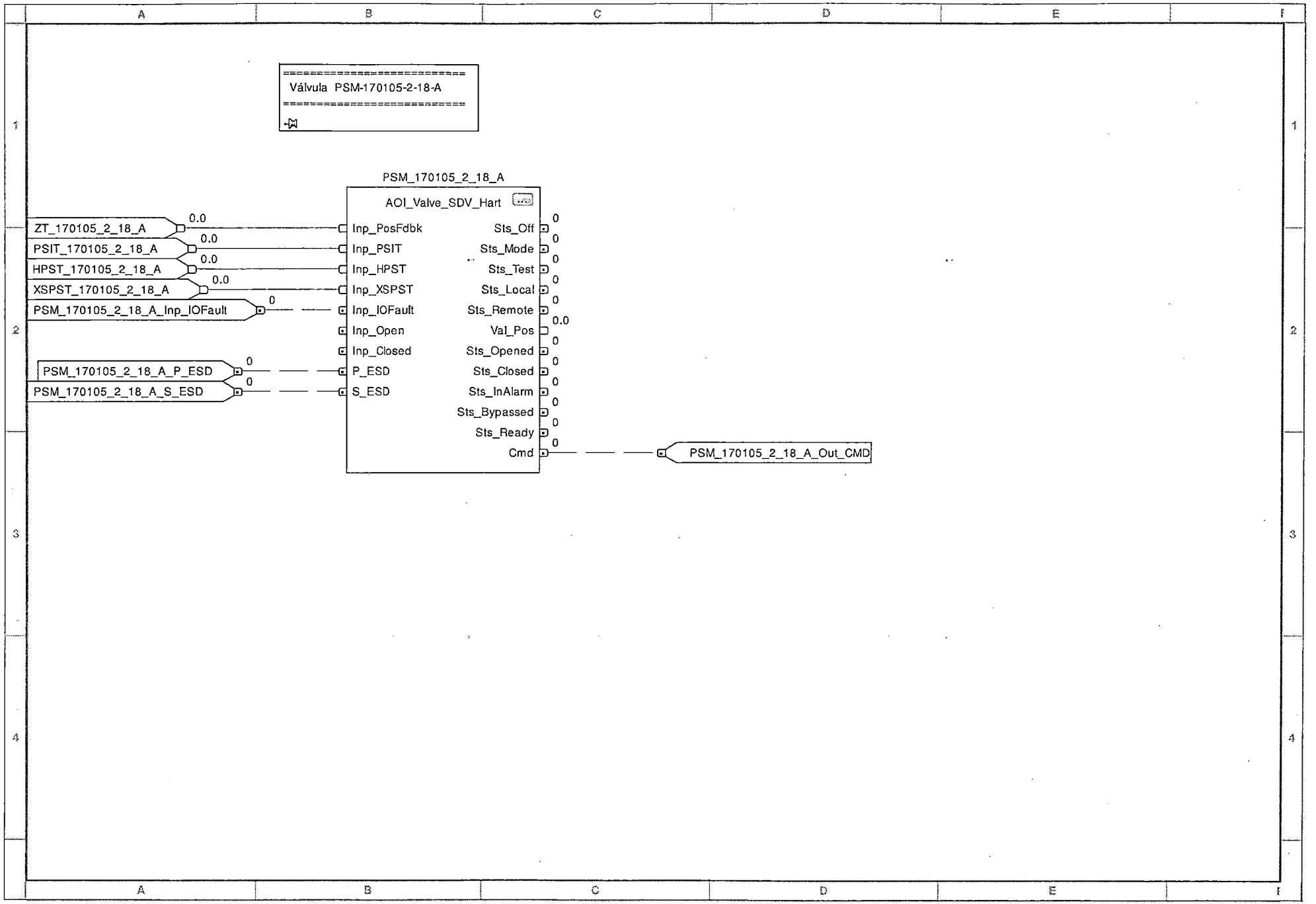


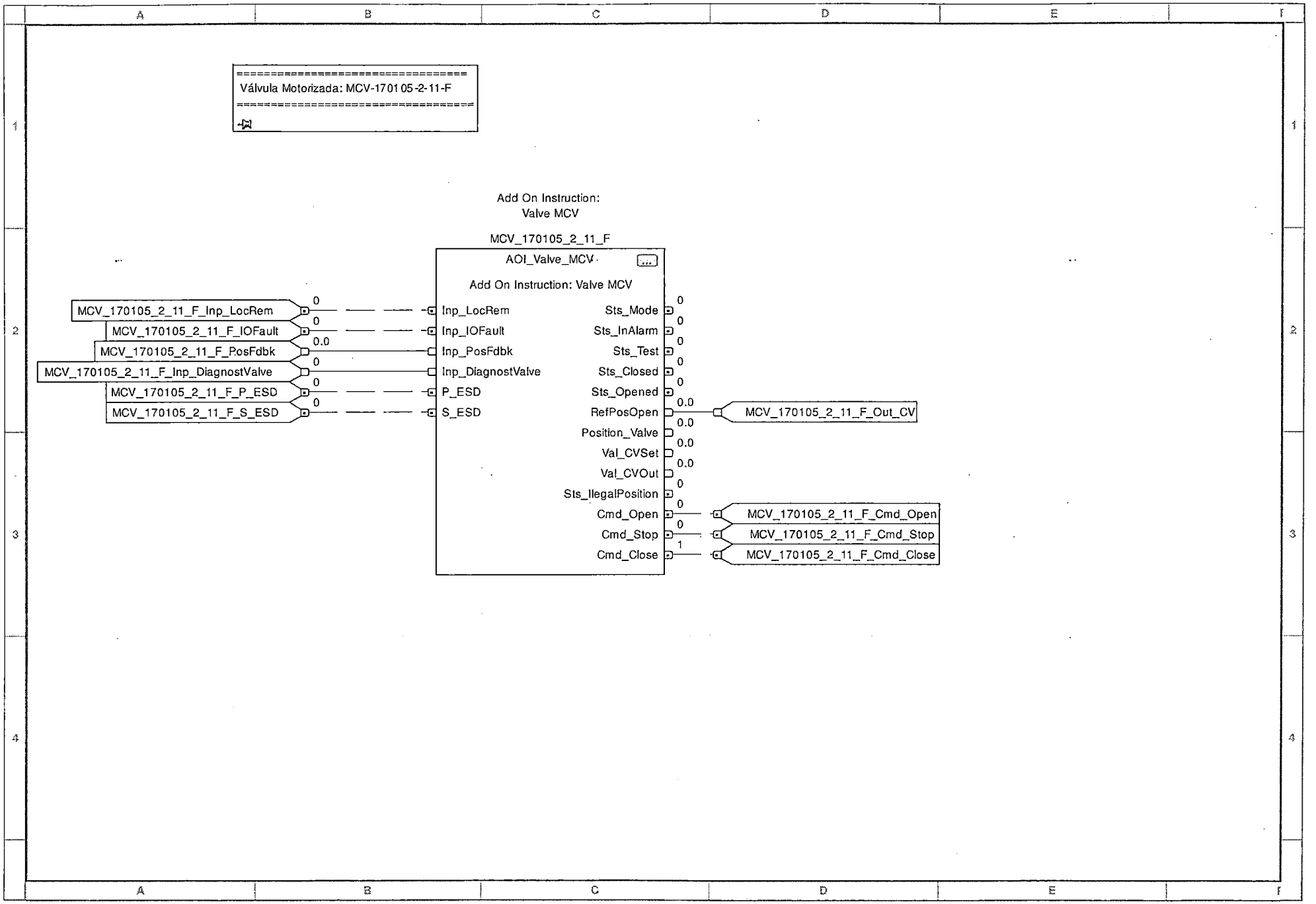


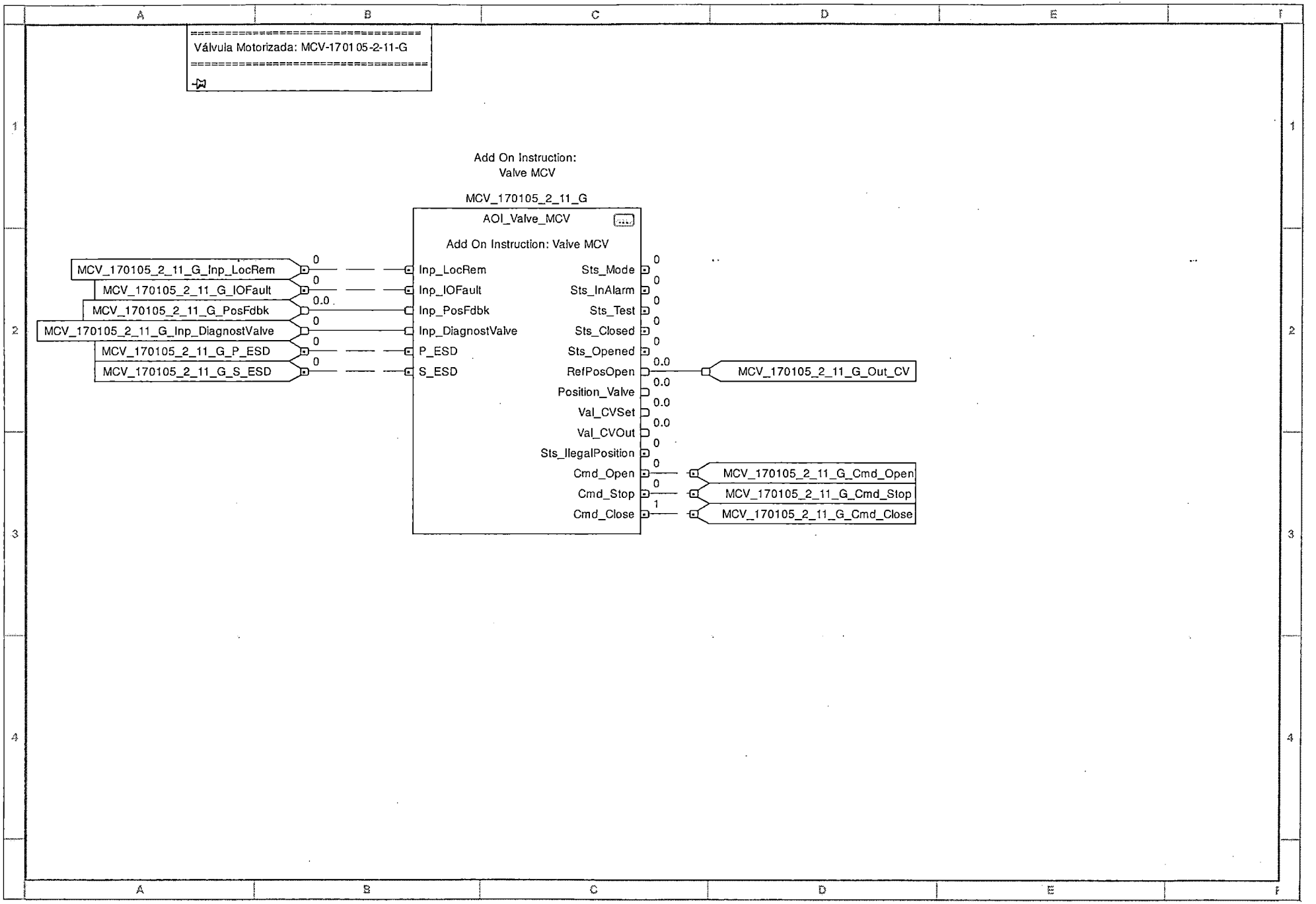

SCL_01
SCL
Scale
In
Out
InRawMax
InRawMin
InEUMax
InEUMin
PIC_170105_2_11_E.Val_CV
PIC_170105_2_11_E.Cfg_CVEUMax
PIC_170105_2_11_E.Cfg_CVEUMin
P_170105_2_23_A.InEUMaxRPM
P_170105_2_23_A.InEUMinRPM
1901.9094
SCL_02
SCL
Scale
PIC_170105_2_11_F.Val_CV
PIC_170105_2_11_F.Cfg_CVEUMax
PIC_170105_2_11_F.Cfg_CVEUMin
3600.0
SSUM_01
SSUM
Selected Summer
In1
Out
Select1
In2
Select2
P_170105_2_23_A.Val_fdbk
SEL_14
SEL
Select
In1
In2
SelectorIn
Out
RLIM_02
RLIM
Rate Limiter
In
Out
ByPass
P_170105_2_23_A.Set_PSpeedRef
EQU_12
EQU
Equal
SourceA
SourceB
Dest
Status_Autoselector
EQU_10
EQU
Equal
Linea_P23A.Control
EQU_11
EQU
Equal
SourceA
SourceB
Dest
2

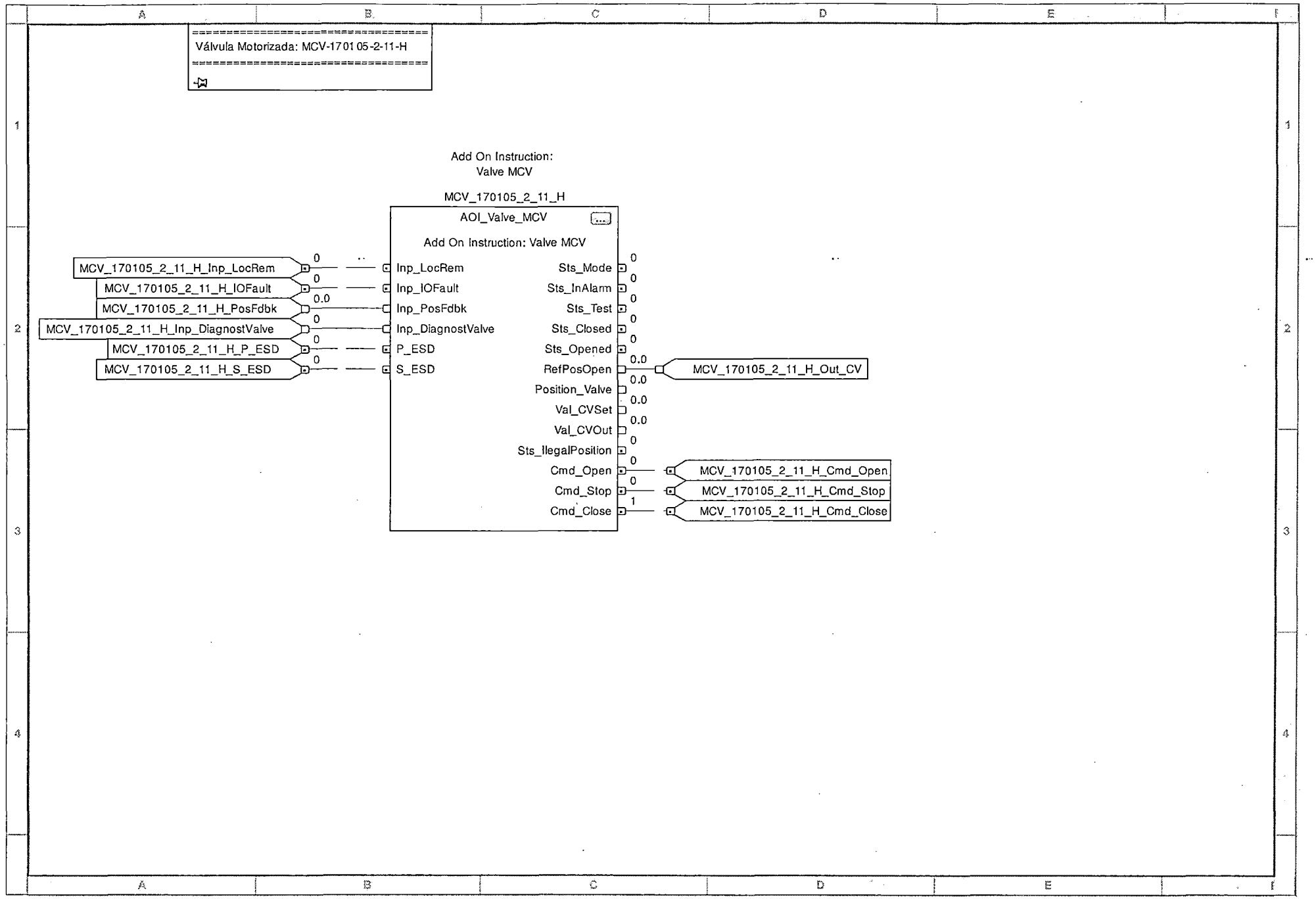

SEL_13
SEL
Select
P_170105_2_23_A.Val_fdbk
??
RPM_P23A
??
In1
In2
SelectorIn
Out
2275.0
RLIM_01
RLIM
Rate Limiter
In
ByPass
Out
227520
P_170105_2_23_A.Set_PSpeedRef
Pump_23A_Running
1
EQU_01
EQU
Equal
Recirc_P23A.Fault_Step
??
0
0
SourceA
SourceB
Dest
0
BAND_01
BAND
Boolean And
In1
In2
Out
1

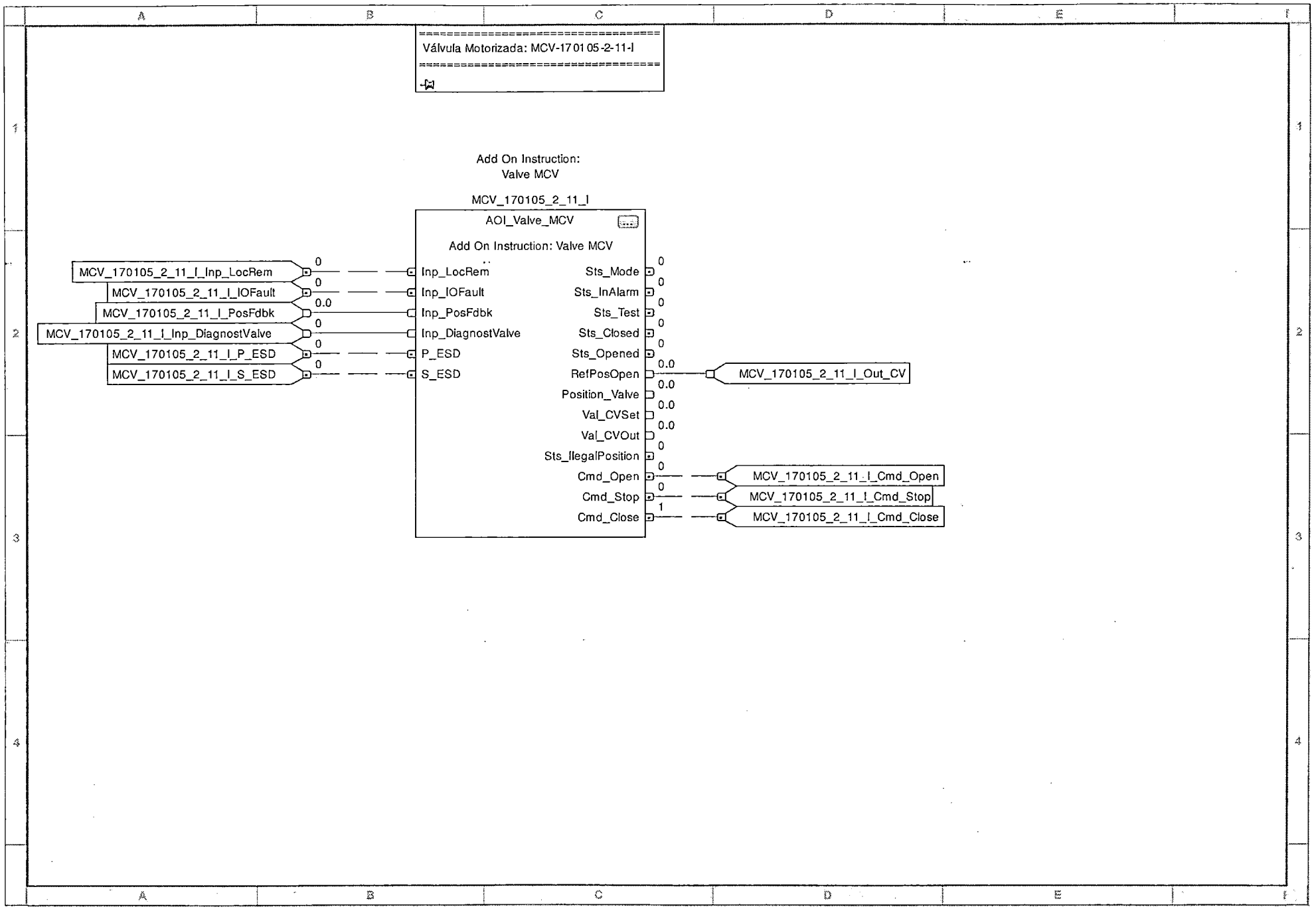

Válvula PSM-170105-2-11-A
PSM_170105_2_11_A
AOI_Valve_SDV_Hart
ZT_170105_2_11_A
PSIT_170105_2_11_A
HPST_170105_2_11_A
XSPST_170105_2_11_A
PSM_170105_2_11_A_Inp_IOFault
PSM_170105_2_11_A_P_ESD
PSM_170105_2_11_A_S_ESD
Inp_PosFdbk
Inp_PSIT
Inp_HPST
Inp_XSPST
Inp_IOFault
Inp_Open
Inp_Closed
P_ESD
S_ESD
Sts_Off
Sts_Mode
Sts_Test
Sts_Local
Sts_Remote
Val_Pos
Sts_Opened
Sts_Closed
Sts_InAlarm
Sts_Bypassed
Sts_Ready
Cmd
PSM_170105_2_11_A_Out_CMD

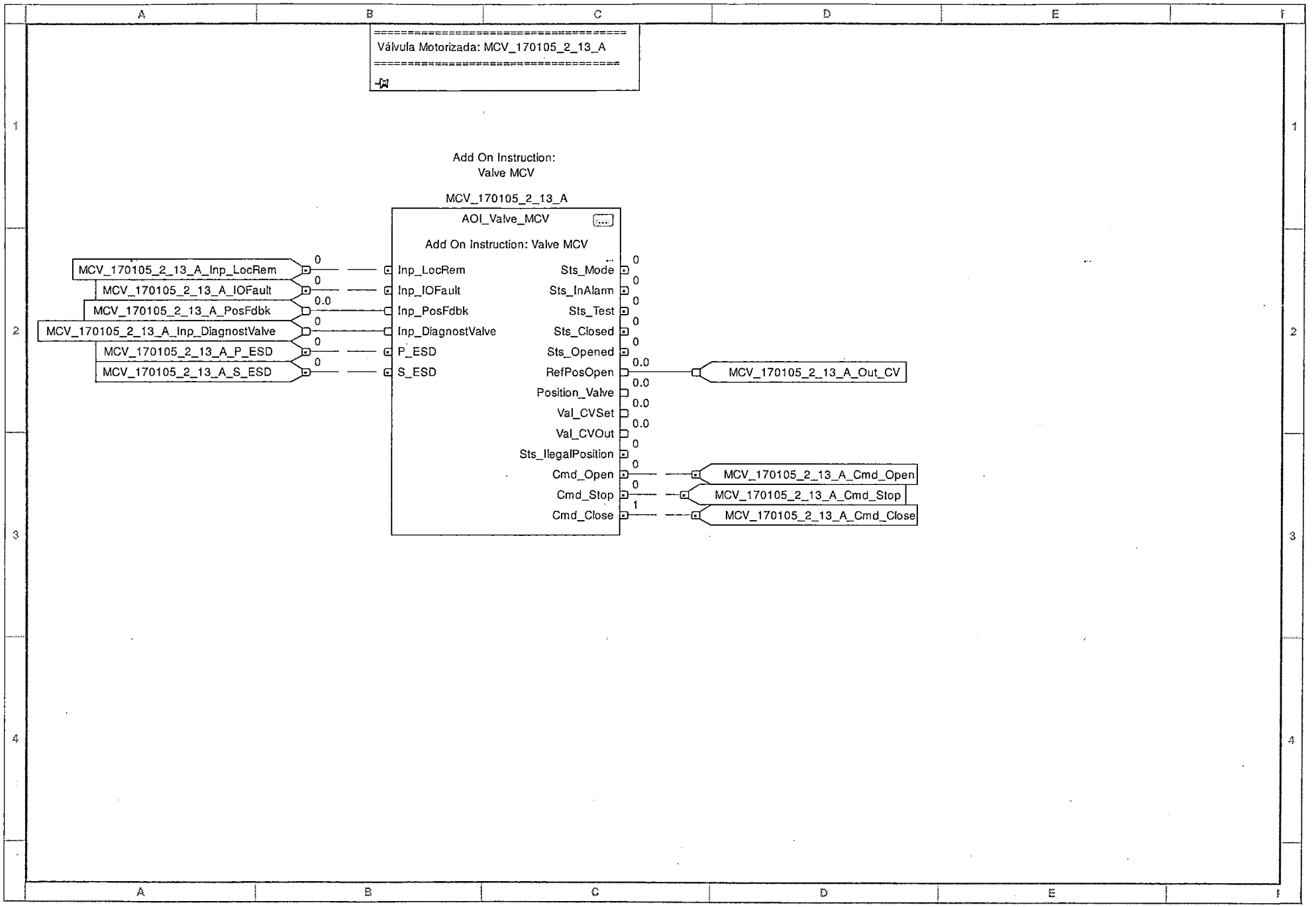

Válvula PSM-170105-2-18-A
PSM_170105_2_18_A
AOI_Valve_SDV_Hart
ZT_170105_2_18_A
PSIT_170105_2_18_A
HPST_170105_2_18_A
XSPST_170105_2_18_A
PSM_170105_2_18_A_Inp_IOFault
PSM_170105_2_18_A_P_ESD
PSM_170105_2_18_A_S_ESD
Inp_PosFdbk
Inp_PSIT
Inp_HPST
Inp_XSPST
Inp_IOFault
Inp_Open
Inp_Closed
P_ESD
S_ESD
Sts_Off
Sts_Mode
Sts_Test
Sts_Local
Sts_Remote
Val_Pos
Sts_Opened
Sts_Closed
Sts_InAlarm
Sts_Bypassed
Sts_Ready
Cmd
PSM_170105_2_18_A_Out_CMD

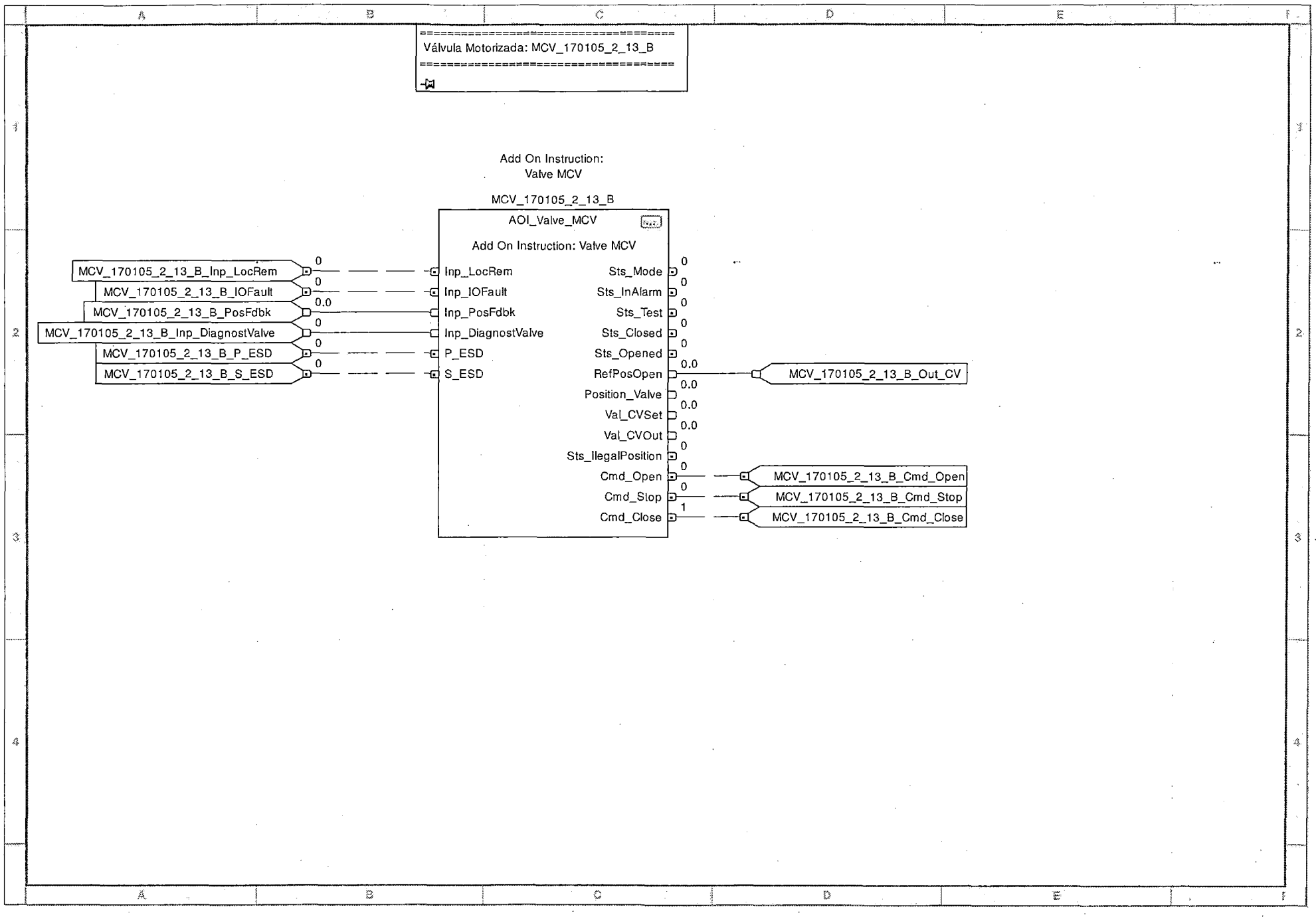

Válvula Motorizada: MCV-170105-2-11-F
Add On Instruction:
Valve MCV
MCV_170105_2_11_F
AOI_Valve_MCV
Add On Instruction: Valve MCV
MCV_170105_2_11_F_Inp_LocRem
MCV_170105_2_11_F_IOFault
MCV_170105_2_11_F_PosFdbk
MCV_170105_2_11_F_Inp_DiagnostValve
MCV_170105_2_11_F_P_ESD
MCV_170105_2_11_F_S_ESD
Inp_LocRem
Inp_IOFault
Inp_PosFdbk
Inp_DiagnostValve
P_ESD
S_ESD
Sts_Mode
Sts_InAlarm
Sts_Test
Sts_Closed
Sts_Opened
RefPosOpen
Position_Valve
Val_CVSet
Val_CVOut
Sts_IllegalPosition
Cmd_Open
Cmd_Stop
Cmd_Close
MCV_170105_2_11_F_Out_CV
MCV_170105_2_11_F_Cmd_Open
MCV_170105_2_11_F_Cmd_Stop
MCV_170105_2_11_F_Cmd_Close

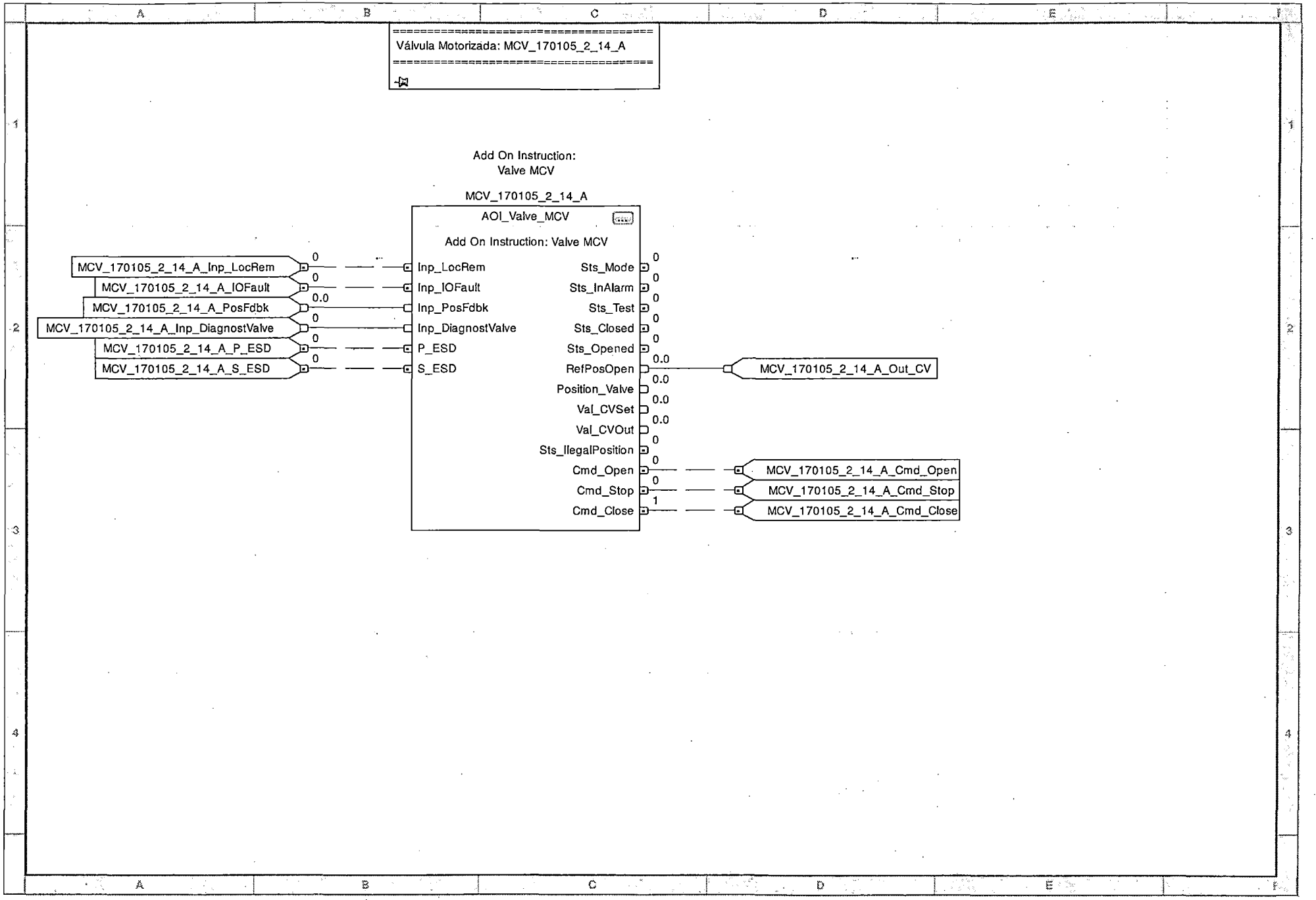

Válvula Motorizada: MCV-170105-2-11-G
Add On Instruction:
Valve MCV
MCV_170105_2_11_G
AOI_Valve_MCV
Add On Instruction: Valve MCV
MCV_170105_2_11_G_Inp_LocRem
MCV_170105_2_11_G_IOFault
MCV_170105_2_11_G_PosFdbk
MCV_170105_2_11_G_Inp_DiagnostValve
MCV_170105_2_11_G_P_ESD
MCV_170105_2_11_G_S_ESD
Inp_LocRem
Inp_IOFault
Inp_PosFdbk
Inp_DiagnostValve
P_ESD
S_ESD
Sts_Mode
Sts_InAlarm
Sts_Test
Sts_Closed
Sts_Opened
RefPosOpen
Position_Valve
Val_CVSet
Val_CVOut
Sts_IlegalPosition
Cmd_Open
Cmd_Stop
Cmd_Close
MCV_170105_2_11_G_Out_CV
MCV_170105_2_11_G_Cmd_Open
MCV_170105_2_11_G_Cmd_Stop
MCV_170105_2_11_G_Cmd_Close

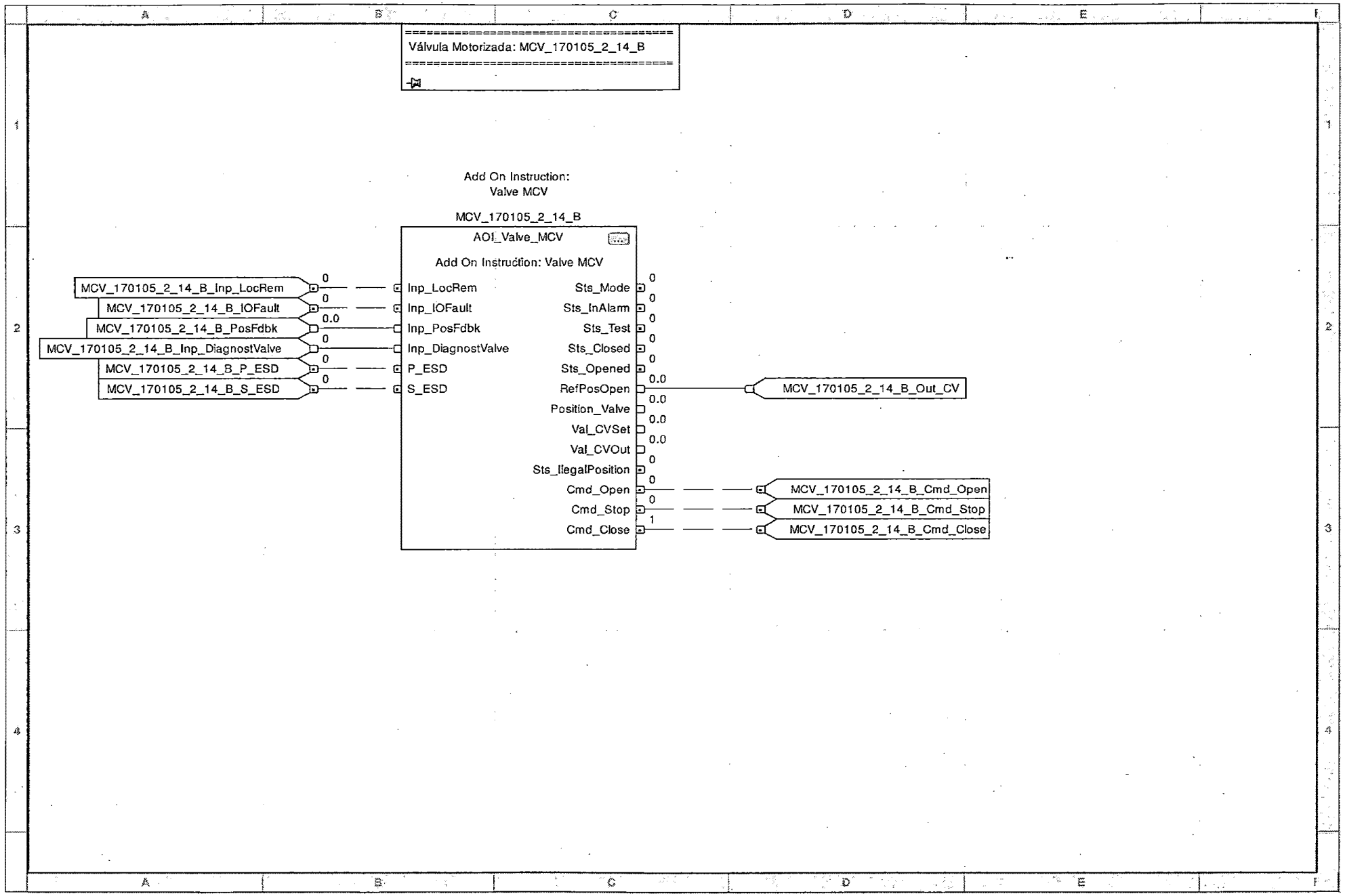

Válvula Motorizada: MCV-170105-2-11-H
Add On Instruction:
Valve MCV
MCV_170105_2_11_H
AOI_Valve_MCV
Add On Instruction: Valve MCV
MCV_170105_2_11_H_Inp_LocRem
MCV_170105_2_11_H_IOFault
MCV_170105_2_11_H_PosFdbk
MCV_170105_2_11_H_Inp_DiagnostValve
MCV_170105_2_11_H_P_ESD
MCV_170105_2_11_H_S_ESD
Inp_LocRem
Inp_IOFault
Inp_PosFdbk
Inp_DiagnostValve
P_ESD
S_ESD
Sts_Mode
Sts_InAlarm
Sts_Test
Sts_Closed
Sts_Opened
RefPosOpen
Position_Valve
Val_CVSet
Val_CVOut
Sts_IllegalPosition
Cmd_Open
Cmd_Stop
Cmd_Close
MCV_170105_2_11_H_Out_CV
MCV_170105_2_11_H_Cmd_Open
MCV_170105_2_11_H_Cmd_Stop
MCV_170105_2_11_H_Cmd_Close

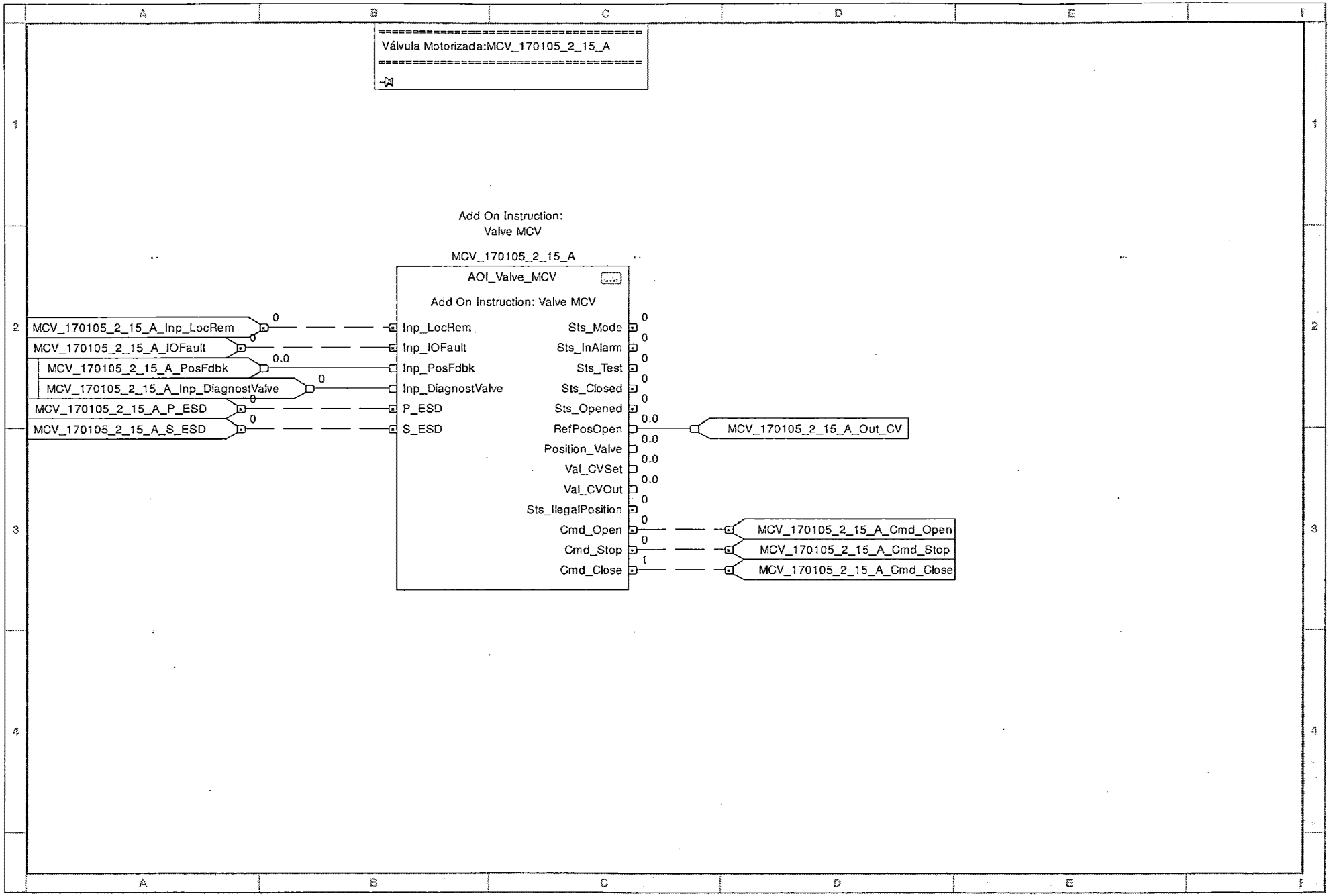

Válvula Motorizada: MCV-170105-2-11-I
Add On Instruction:
Valve MCV
MCV_170105_2_11_I
AOI_Valve_MCV
Add On Instruction: Valve MCV
MCV_170105_2_11_I_Inp_LocRem
MCV_170105_2_11_I_IOFault
MCV_170105_2_11_I_PosFdbk
MCV_170105_2_11_I_Inp_DiagnostValve
MCV_170105_2_11_I_P_ESD
MCV_170105_2_11_I_S_ESD
Inp_LocRem
Inp_IOFault
Inp_PosFdbk
Inp_DiagnostValve
P_ESD
S_ESD
Sts_Mode
Sts_InAlarm
Sts_Test
Sts_Closed
Sts_Opened
RefPosOpen
Position_Valve
Val_CVSet
Val_CVOut
Sts_IlegalPosition
Cmd_Open
Cmd_Stop
Cmd_Close
MCV_170105_2_11_I_Out_CV
MCV_170105_2_11_I_Cmd_Open
MCV_170105_2_11_I_Cmd_Stop
MCV_170105_2_11_I_Cmd_Close

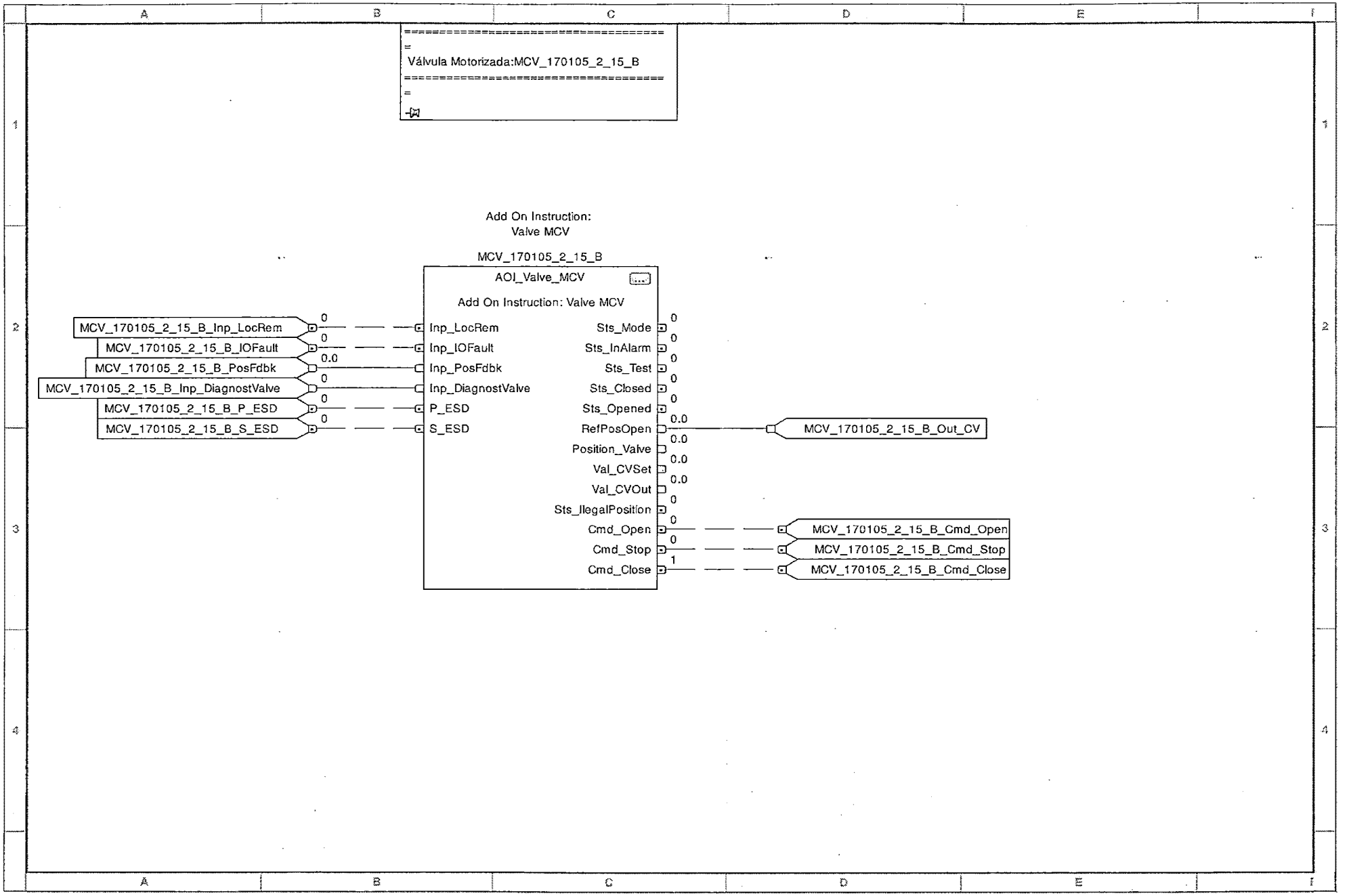

Válvula Motorizada: MCV_170105_2_13_A
Add On Instruction:
Valve MCV
MCV_170105_2_13_A
AOI_Valve_MCV
Add On Instruction: Valve MCV
MCV_170105_2_13_A_Inp_LocRem
MCV_170105_2_13_A_IOFault
MCV_170105_2_13_A_PosFdbk
MCV_170105_2_13_A_Inp_DiagnostValve
MCV_170105_2_13_A_P_ESD
MCV_170105_2_13_A_S_ESD
Inp_LocRem
Inp_IOFault
Inp_PosFdbk
Inp_DiagnostValve
P_ESD
S_ESD
Sts_Mode
Sts_InAlarm
Sts_Test
Sts_Closed
Sts_Opened
RefPosOpen
Position_Valve
Val_CVSet
Val_CVOut
Sts_IllegalPosition
Cmd_Open
Cmd_Stop
Cmd_Close
MCV_170105_2_13_A_Out_CV
MCV_170105_2_13_A_Cmd_Open
MCV_170105_2_13_A_Cmd_Stop
MCV_170105_2_13_A_Cmd_Close

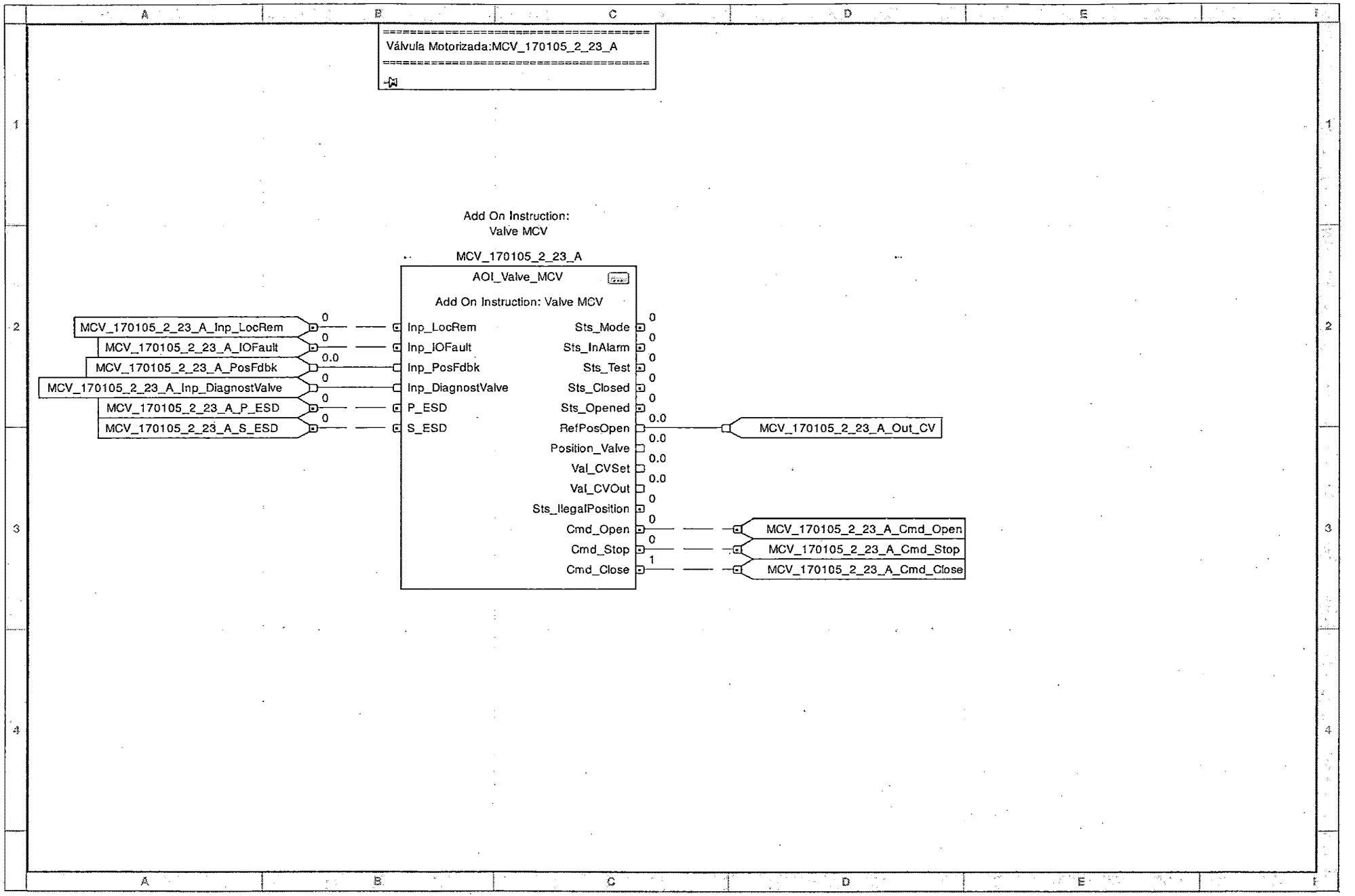

Válvula Motorizada: MCV_170105_2_13_B
Add On Instruction:
Valve MCV
MCV_170105_2_13_B
AOI_Valve_MCV
Add On Instruction: Valve MCV
MCV_170105_2_13_B_Inp_LocRem
MCV_170105_2_13_B_IOFault
MCV_170105_2_13_B_PosFdbk
MCV_170105_2_13_B_Inp_DiagnostValve
MCV_170105_2_13_B_P_ESD
MCV_170105_2_13_B_S_ESD
Inp_LocRem
Inp_IOFault
Inp_PosFdbk
Inp_DiagnostValve
P_ESD
S_ESD
Sts_Mode
Sts_InAlarm
Sts_Test
Sts_Closed
Sts_Opened
RefPosOpen
Position_Valve
Val_CVSet
Val_CVOut
Sts_IllegalPosition
Cmd_Open
Cmd_Stop
Cmd_Close
MCV_170105_2_13_B_Out_CV
MCV_170105_2_13_B_Cmd_Open
MCV_170105_2_13_B_Cmd_Stop
MCV_170105_2_13_B_Cmd_Close

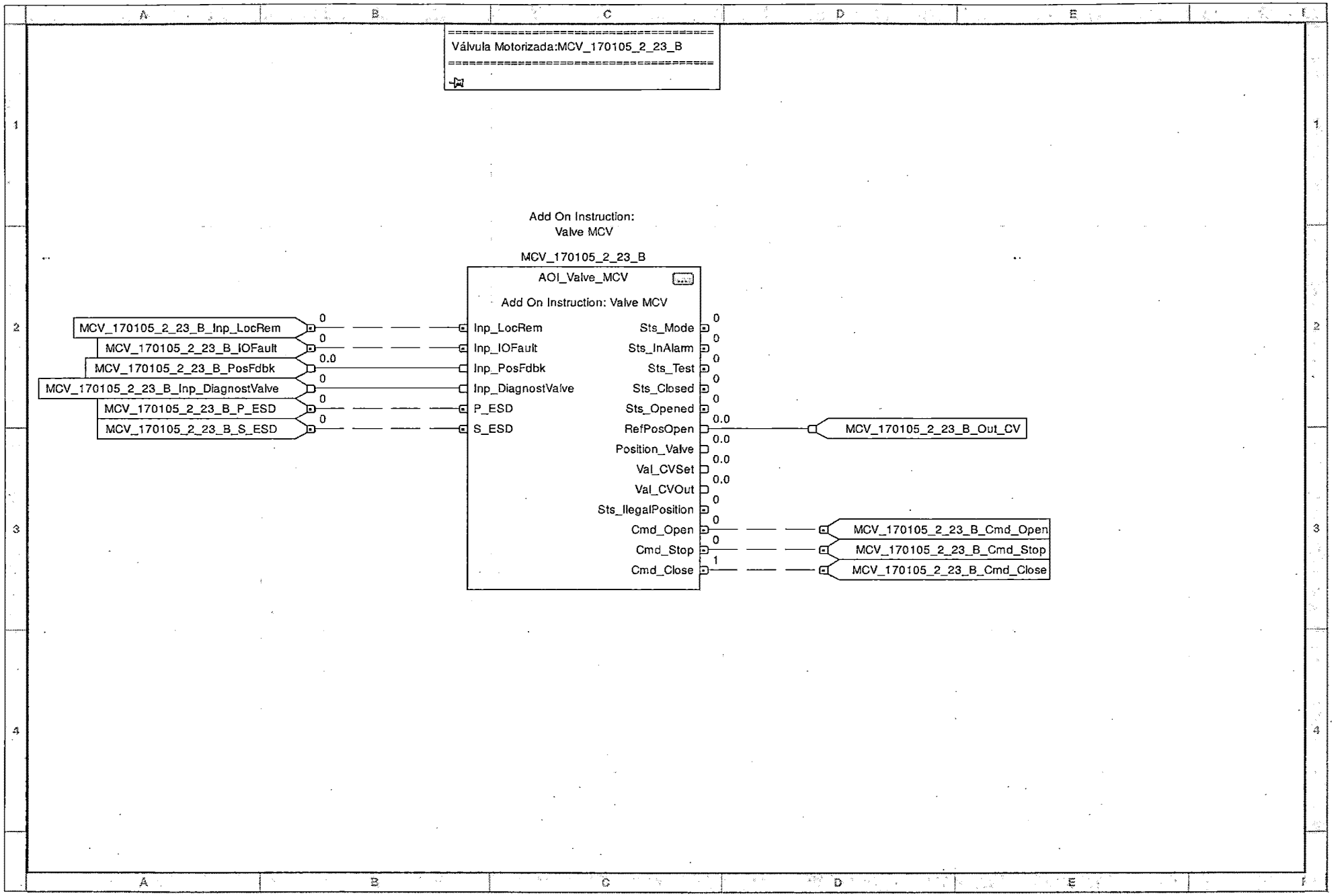

Válvula Motorizada: MCV_170105_2_14_A
Add On Instruction:
Valve MCV
MCV_170105_2_14_A
AOI_Valve_MCV
Add On Instruction: Valve MCV
MCV_170105_2_14_A_Inp_LocRem
MCV_170105_2_14_A_IOFault
MCV_170105_2_14_A_PosFdbk
MCV_170105_2_14_A_Inp_DiagnostValve
MCV_170105_2_14_A_P_ESD
MCV_170105_2_14_A_S_ESD
Inp_LocRem
Inp_IOFault
Inp_PosFdbk
Inp_DiagnostValve
P_ESD
S_ESD
Sts_Mode
Sts_InAlarm
Sts_Test
Sts_Closed
Sts_Opened
RefPosOpen
Position_Valve
Val_CVSet
Val_CVOut
Sts_IllegalPosition
Cmd_Open
Cmd_Stop
Cmd_Close
MCV_170105_2_14_A_Out_CV
MCV_170105_2_14_A_Cmd_Open
MCV_170105_2_14_A_Cmd_Stop
MCV_170105_2_14_A_Cmd_Close

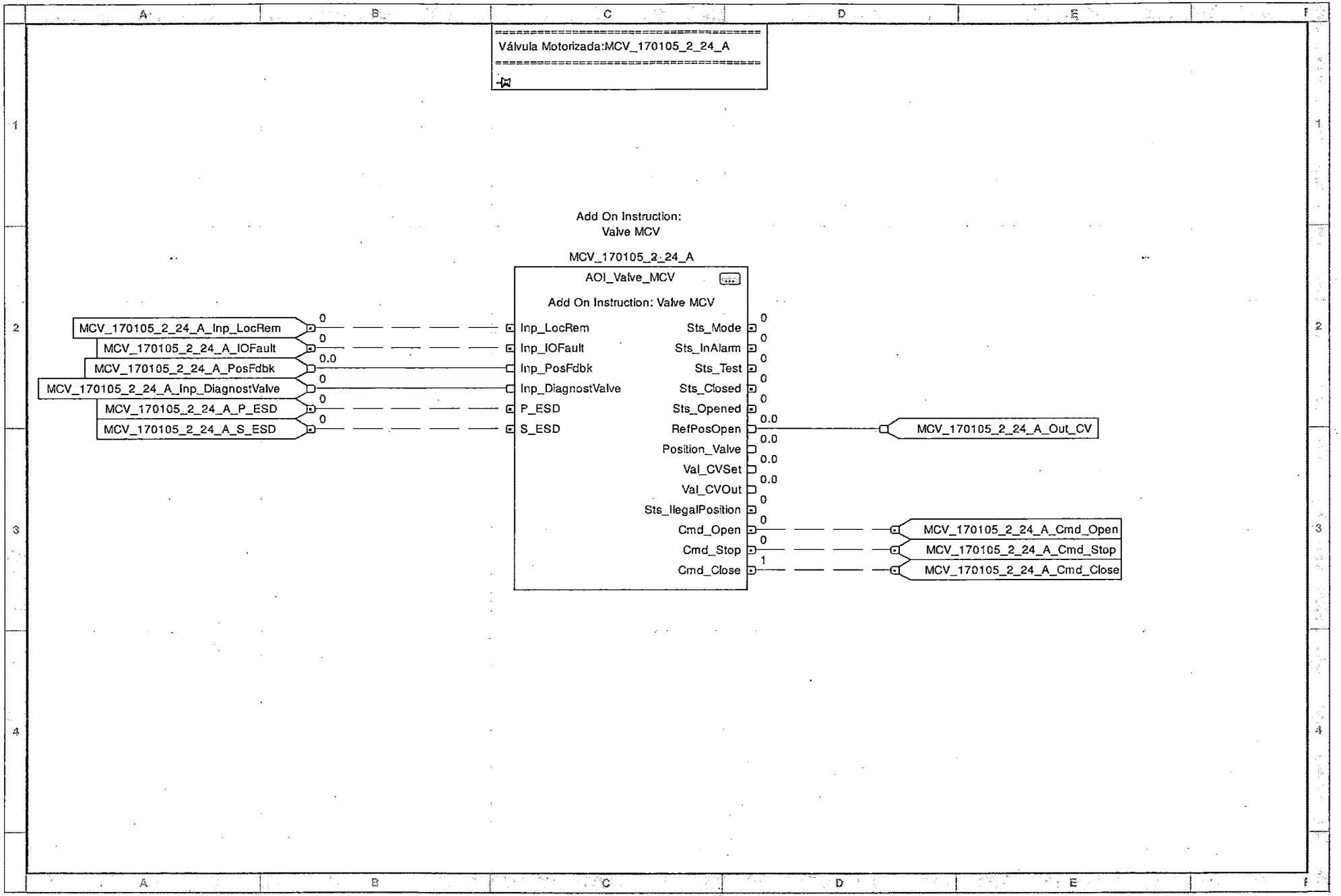

Válvula Motorizada: MCV_170105_2_14_B
Add On Instruction:
Valve MCV
MCV_170105_2_14_B
AOI_Valve_MCV
Add On Instruction: Valve MCV
MCV_170105_2_14_B_Inp_LocRem
MCV_170105_2_14_B_IOFault
MCV_170105_2_14_B_PosFdbk
MCV_170105_2_14_B_Inp_DiagnostValve
MCV_170105_2_14_B_P_ESD
MCV_170105_2_14_B_S_ESD
Inp_LocRem
Inp_IOFault
Inp_PosFdbk
Inp_DiagnostValve
P_ESD
S_ESD
Sts_Mode
Sts_InAlarm
Sts_Test
Sts_Closed
Sts_Opened
RefPosOpen
Position_Valve
Val_CVSet
Val_CVOut
Sts_IllegalPosition
Cmd_Open
Cmd_Stop
Cmd_Close
MCV_170105_2_14_B_Out_CV
MCV_170105_2_14_B_Cmd_Open
MCV_170105_2_14_B_Cmd_Stop
MCV_170105_2_14_B_Cmd_Close

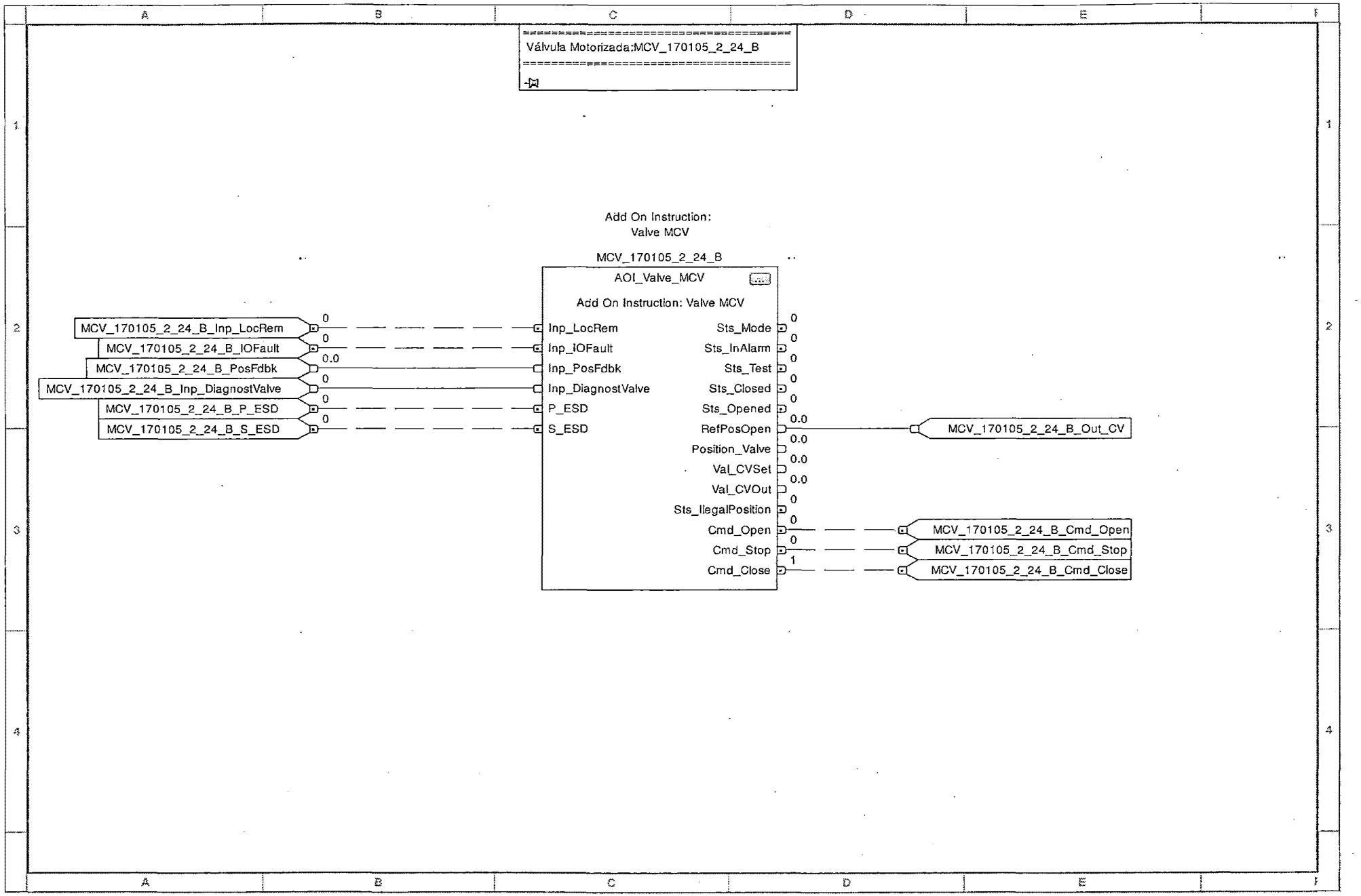

Válvula Motorizada:MCV_170105_2_15_A
Add On Instruction:
Valve MCV
MCV_170105_2_15_A
AOI_Valve_MCV
Add On Instruction: Valve MCV
MCV_170105_2_15_A_Inp_LocRem
MCV_170105_2_15_A_IOFault
MCV_170105_2_15_A_PosFdbk
MCV_170105_2_15_A_Inp_DiagnostValve
MCV_170105_2_15_A_P_ESD
MCV_170105_2_15_A_S_ESD
Inp_LocRem
Inp_IOFault
Inp_PosFdbk
Inp_DiagnostValve
P_ESD
S_ESD
Sts_Mode
Sts_InAlarm
Sts_Test
Sts_Closed
Sts_Opened
RefPosOpen
Position_Valve
Val_CVSet
Val_CVOut
Sts_IlegalPosition
Cmd_Open
Cmd_Stop
Cmd_Close
MCV_170105_2_15_A_Out_CV
MCV_170105_2_15_A_Cmd_Open
MCV_170105_2_15_A_Cmd_Stop
MCV_170105_2_15_A_Cmd_Close

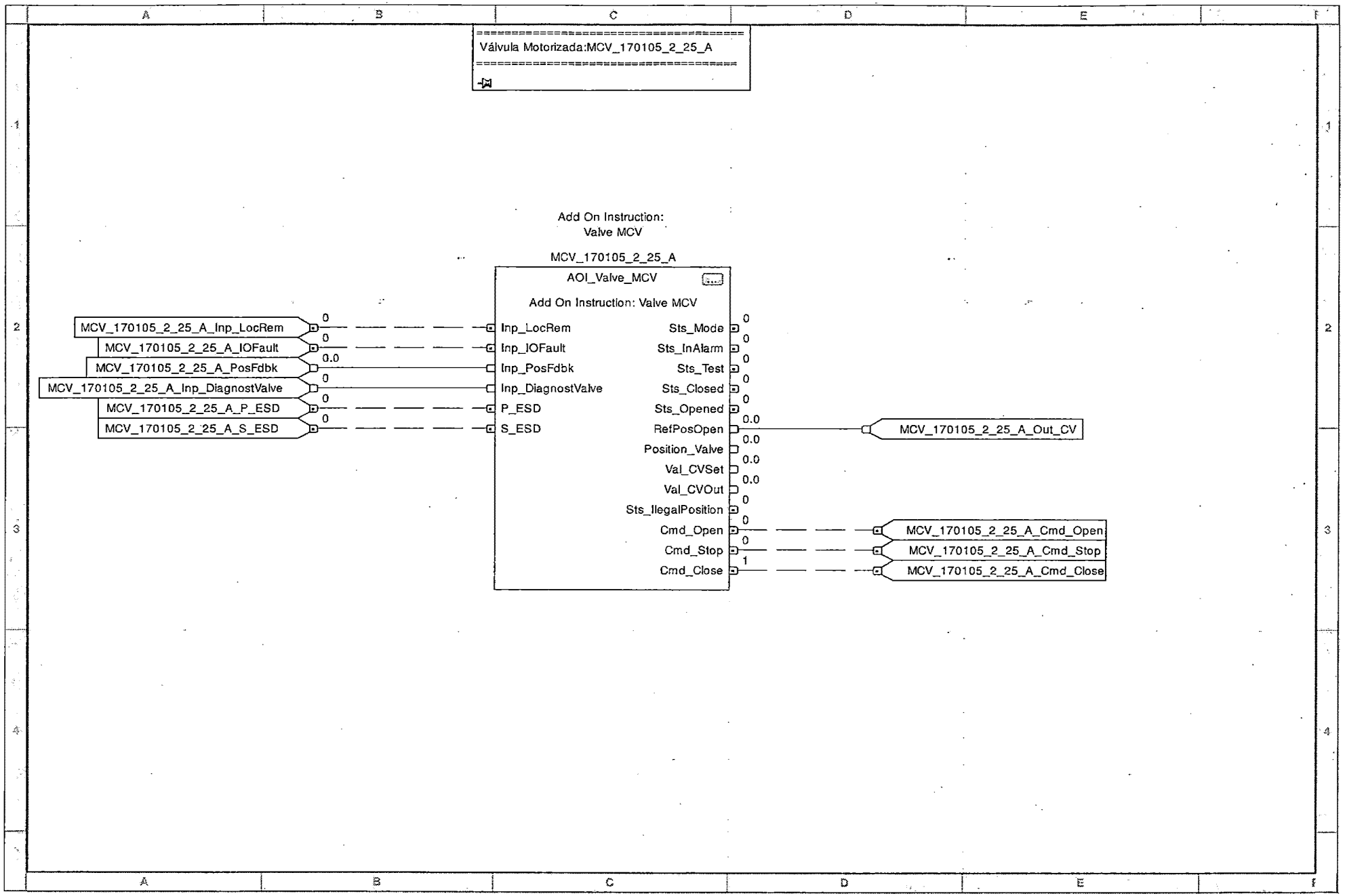

Válvula Motorizada:MCV_170105_2_15_B
Add On Instruction:
Valve MCV
MCV_170105_2_15_B
AOI_Valve_MCV
Add On Instruction: Valve MCV
MCV_170105_2_15_B_Inp_LocRem
MCV_170105_2_15_B_IOFault
MCV_170105_2_15_B_PosFdbk
MCV_170105_2_15_B_Inp_DiagnostValve
MCV_170105_2_15_B_P_ESD
MCV_170105_2_15_B_S_ESD
Inp_LocRem
Inp_IOFault
Inp_PosFdbk
Inp_DiagnostValve
P_ESD
S_ESD
Sts_Mode
Sts_InAlarm
Sts_Test
Sts_Closed
Sts_Opened
RefPosOpen
Position_Valve
Val_CVSet
Val_CVOut
Sts_IllegalPosition
Cmd_Open
Cmd_Stop
Cmd_Close
MCV_170105_2_15_B_Out_CV
MCV_170105_2_15_B_Cmd_Open
MCV_170105_2_15_B_Cmd_Stop
MCV_170105_2_15_B_Cmd_Close

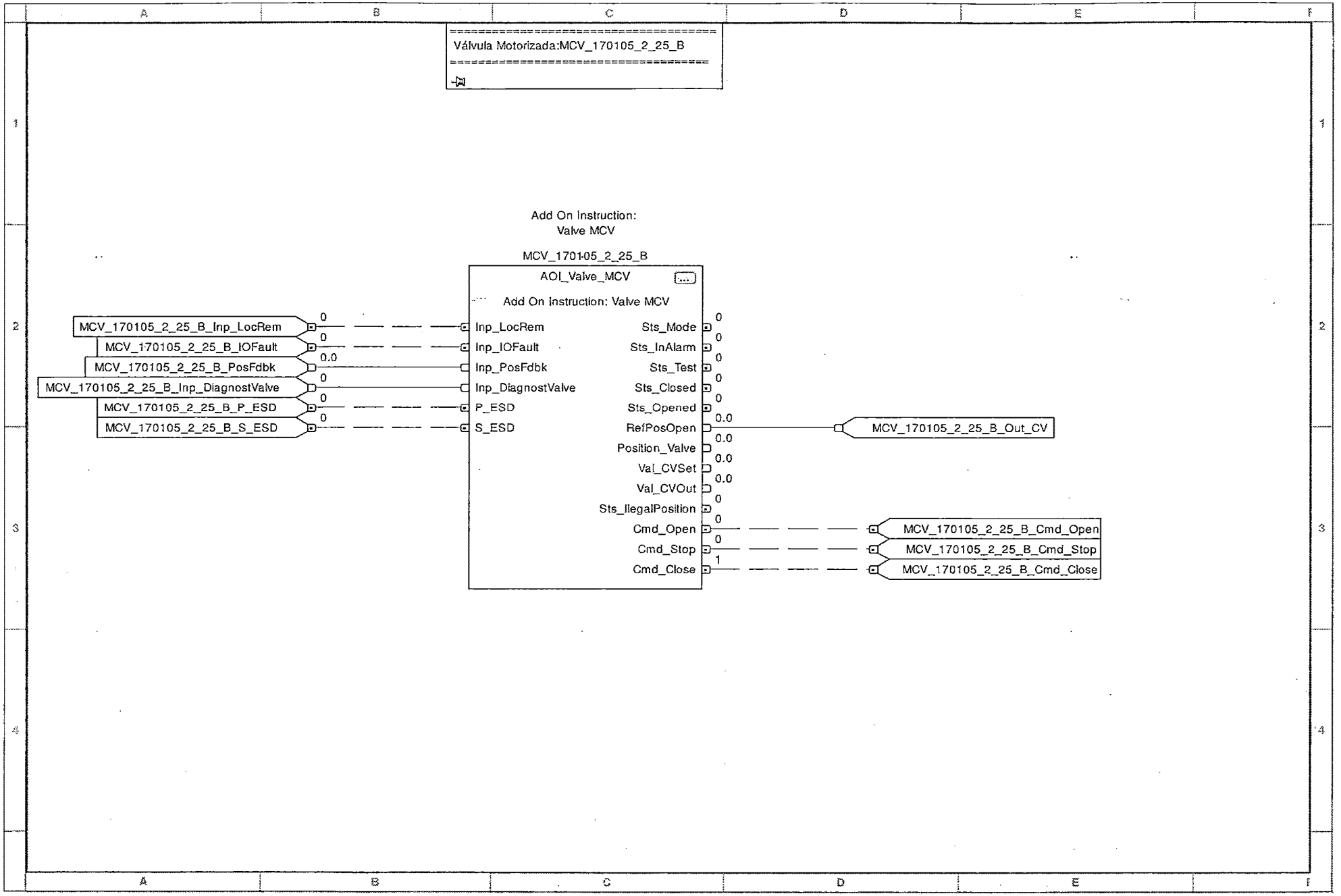

Válvula Motorizada:MCV_170105_2_23_A
Add On Instruction:
Valve MCV
MCV_170105_2_23_A
AOI_Valve_MCV
Add On Instruction: Valve MCV
MCV_170105_2_23_A_Inp_LocRem
MCV_170105_2_23_A_IOFault
MCV_170105_2_23_A_PosFdbk
MCV_170105_2_23_A_Inp_DiagnostValve
MCV_170105_2_23_A_P_ESD
MCV_170105_2_23_A_S_ESD
Inp_LocRem
Inp_IOFault
Inp_PosFdbk
Inp_DiagnostValve
P_ESD
S_ESD
Sts_Mode
Sts_InAlarm
Sts_Test
Sts_Closed
Sts_Opened
RefPosOpen
Position_Valve
Val_CVSet
Val_CVOut
Sts_IllegalPosition
Cmd_Open
Cmd_Stop
Cmd_Close
MCV_170105_2_23_A_Out_CV
MCV_170105_2_23_A_Cmd_Open
MCV_170105_2_23_A_Cmd_Stop
MCV_170105_2_23_A_Cmd_Close

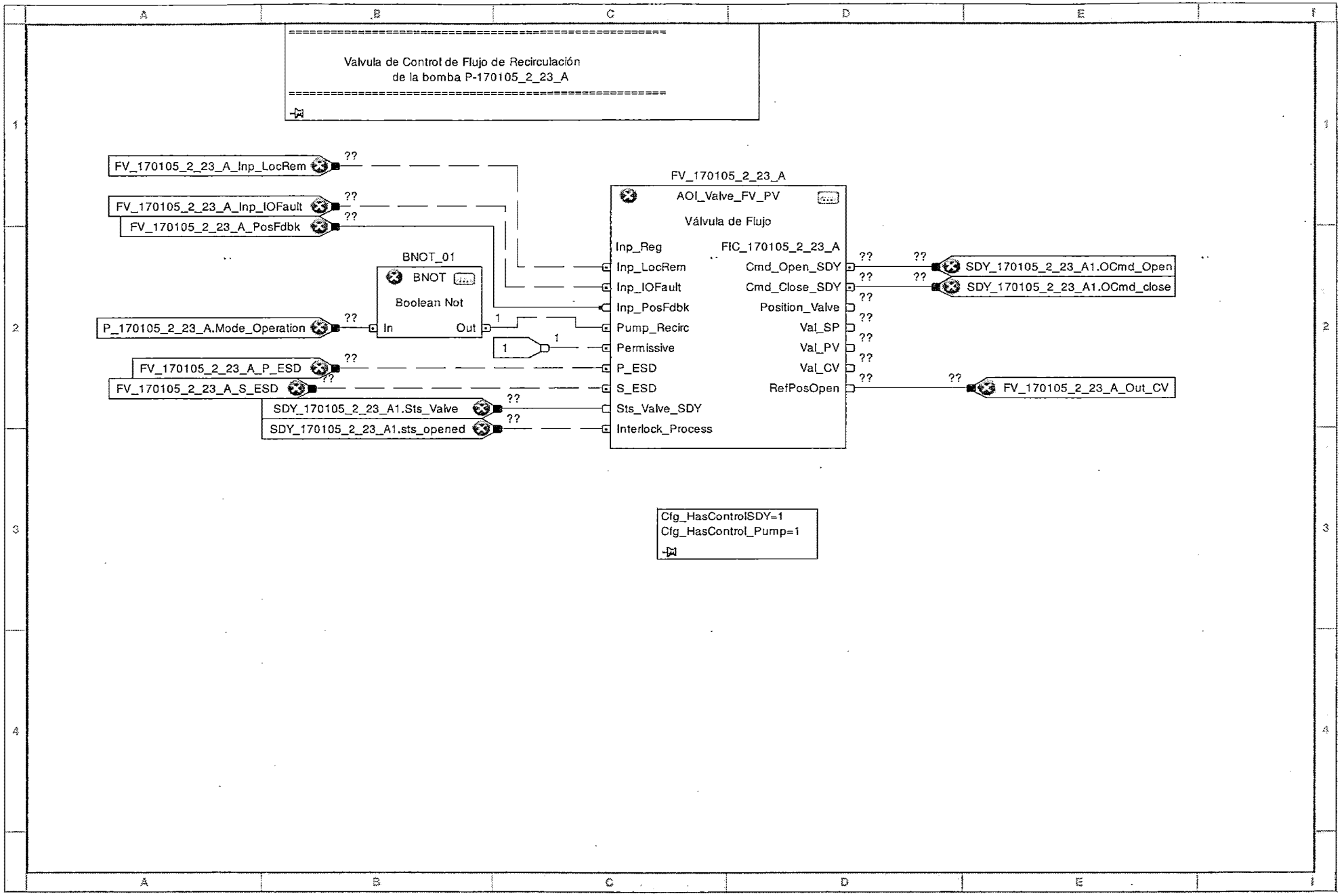

Válvula Motorizada:MCV_170105_2_23_B
Add On Instruction:
Valve MCV
MCV_170105_2_23_B
AOI_Valve_MCV
Add On Instruction: Valve MCV
MCV_170105_2_23_B_Inp_LocRem
MCV_170105_2_23_B_IOFault
MCV_170105_2_23_B_PosFdbk
MCV_170105_2_23_B_Inp_DiagnostValve
MCV_170105_2_23_B_P_ESD
MCV_170105_2_23_B_S_ESD
Inp_LocRem
Inp_IOFault
Inp_PosFdbk
Inp_DiagnostValve
P_ESD
S_ESD
Sts_Mode
Sts_InAlarm
Sts_Test
Sts_Closed
Sts_Opened
RefPosOpen
Position_Valve
Val_CVSet
Val_CVOut
Sts_IllegalPosition
Cmd_Open
Cmd_Stop
Cmd_Close
MCV_170105_2_23_B_Out_CV
MCV_170105_2_23_B_Cmd_Open
MCV_170105_2_23_B_Cmd_Stop
MCV_170105_2_23_B_Cmd_Close

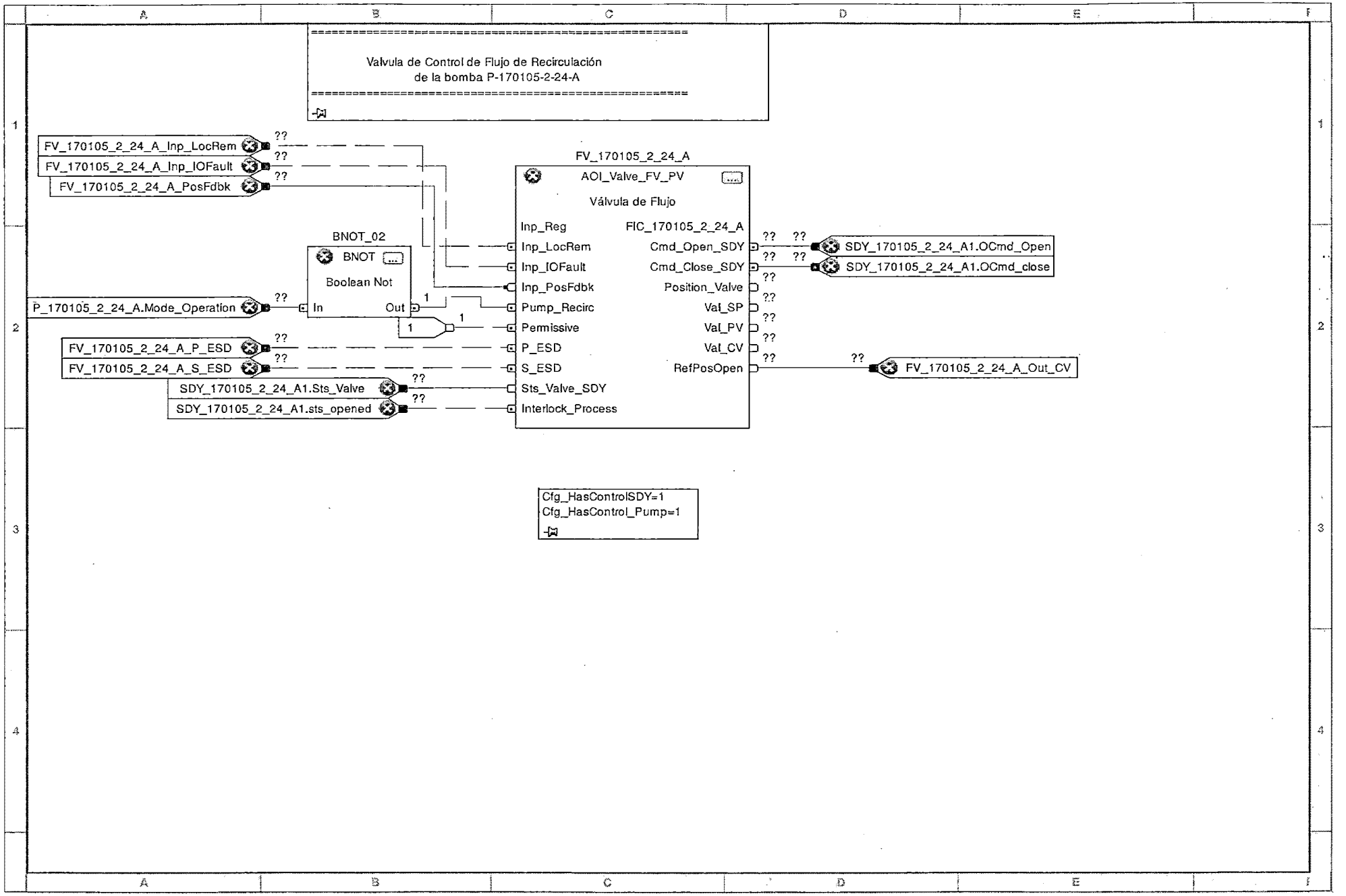

Válvula Motorizada:MCV_170105_2_24_A
Add On Instruction:
Valve MCV
MCV_170105_2_24_A
AOI_Valve_MCV
Add On Instruction: Valve MCV
MCV_170105_2_24_A_Inp_LocRem
MCV_170105_2_24_A_IOFault
MCV_170105_2_24_A_PosFdbk
MCV_170105_2_24_A_Inp_DiagnostValve
MCV_170105_2_24_A_P_ESD
MCV_170105_2_24_A_S_ESD
Inp_LocRem
Inp_IOFault
Inp_PosFdbk
Inp_DiagnostValve
P_ESD
S_ESD
Sts_Mode
Sts_InAlarm
Sts_Test
Sts_Closed
Sts_Opened
RefPosOpen
Position_Valve
Val_CVSet
Val_CVOut
Sts_IllegalPosition
Cmd_Open
Cmd_Stop
Cmd_Close
MCV_170105_2_24_A_Out_CV
MCV_170105_2_24_A_Cmd_Open
MCV_170105_2_24_A_Cmd_Stop
MCV_170105_2_24_A_Cmd_Close

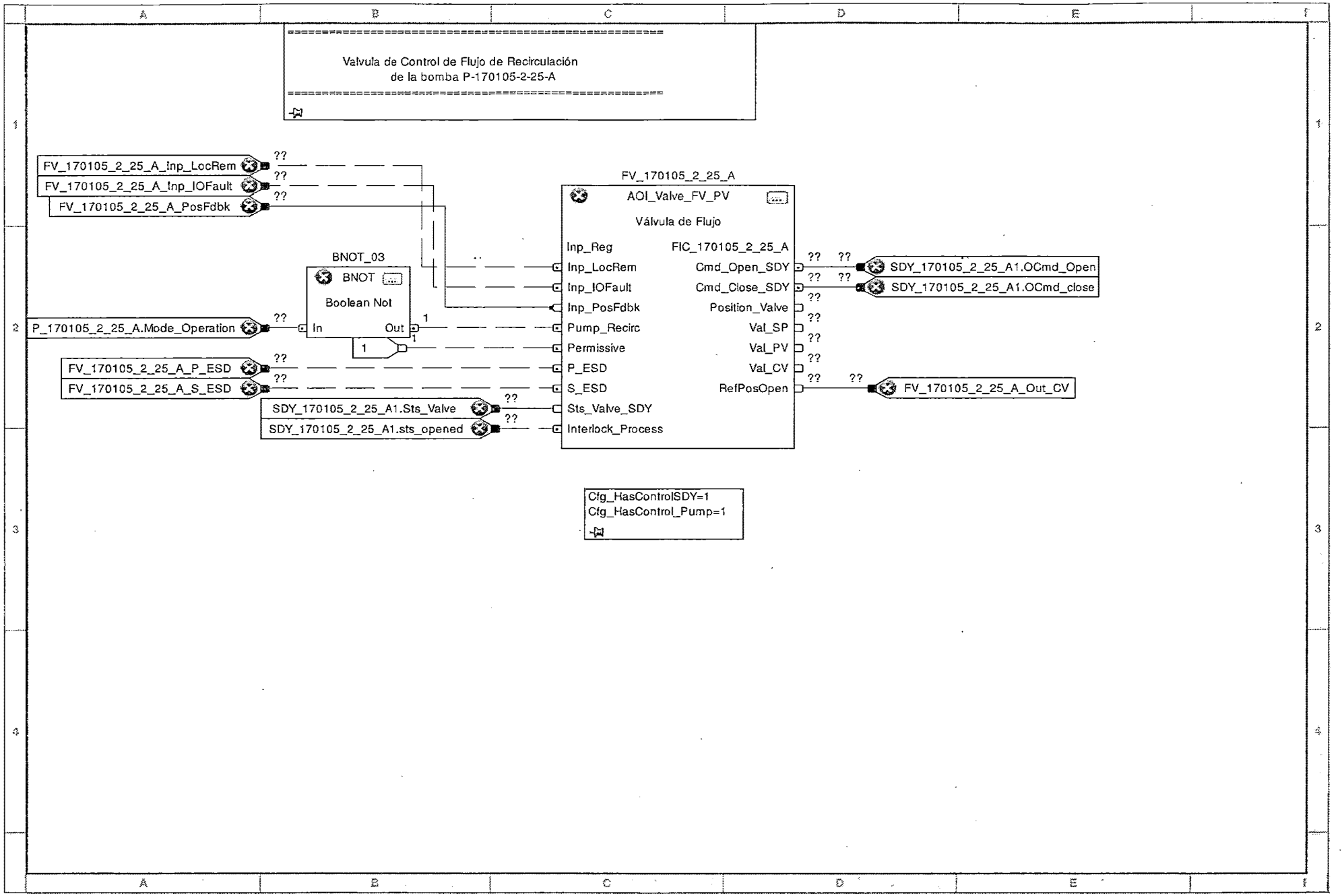

Válvula Motorizada:MCV_170105_2_24_B
Add On Instruction:
Valve MCV
MCV_170105_2_24_B
AOI_Valve_MCV
Add On Instruction: Valve MCV
MCV_170105_2_24_B_Inp_LocRem
MCV_170105_2_24_B_IOFault
MCV_170105_2_24_B_PosFdbk
MCV_170105_2_24_B_Inp_DiagnostValve
MCV_170105_2_24_B_P_ESD
MCV_170105_2_24_B_S_ESD
Inp_LocRem
Inp_IOFault
Inp_PosFdbk
Inp_DiagnostValve
P_ESD
S_ESD
Sts_Mode
Sts_InAlarm
Sts_Test
Sts_Closed
Sts_Opened
RefPosOpen
Position_Valve
Val_CVSet
Val_CVOut
Sts_IllegalPosition
Cmd_Open
Cmd_Stop
Cmd_Close
MCV_170105_2_24_B_Out_CV
MCV_170105_2_24_B_Cmd_Open
MCV_170105_2_24_B_Cmd_Stop
MCV_170105_2_24_B_Cmd_Close

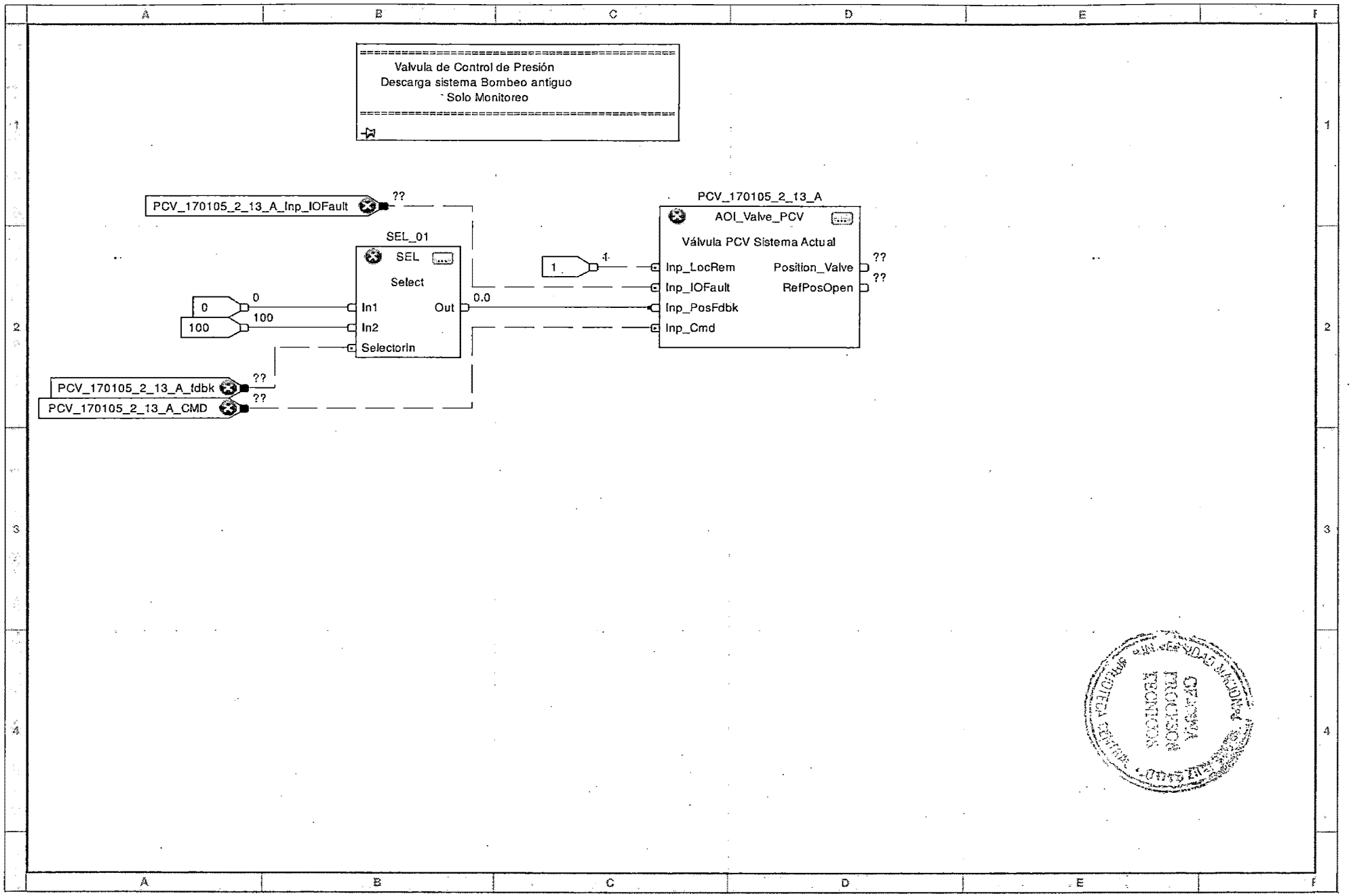

Válvula Motorizada:MCV_170105_2_25_A
Add On Instruction:
Valve MCV
MCV_170105_2_25_A
AOI_Valve_MCV
Add On Instruction: Valve MCV
MCV_170105_2_25_A_Inp_LocRem
MCV_170105_2_25_A_IOFault
MCV_170105_2_25_A_PosFdbk
MCV_170105_2_25_A_Inp_DiagnostValve
MCV_170105_2_25_A_P_ESD
MCV_170105_2_25_A_S_ESD
Inp_LocRem
Inp_IOFault
Inp_PosFdbk
Inp_DiagnostValve
P_ESD
S_ESD
Sts_Mode
Sts_InAlarm
Sts_Test
Sts_Closed
Sts_Opened
RefPosOpen
Position_Valve
Val_CVSet
Val_CVOut
Sts_IllegalPosition
Cmd_Open
Cmd_Stop
Cmd_Close
MCV_170105_2_25_A_Out_CV
MCV_170105_2_25_A_Cmd_Open
MCV_170105_2_25_A_Cmd_Stop
MCV_170105_2_25_A_Cmd_Close

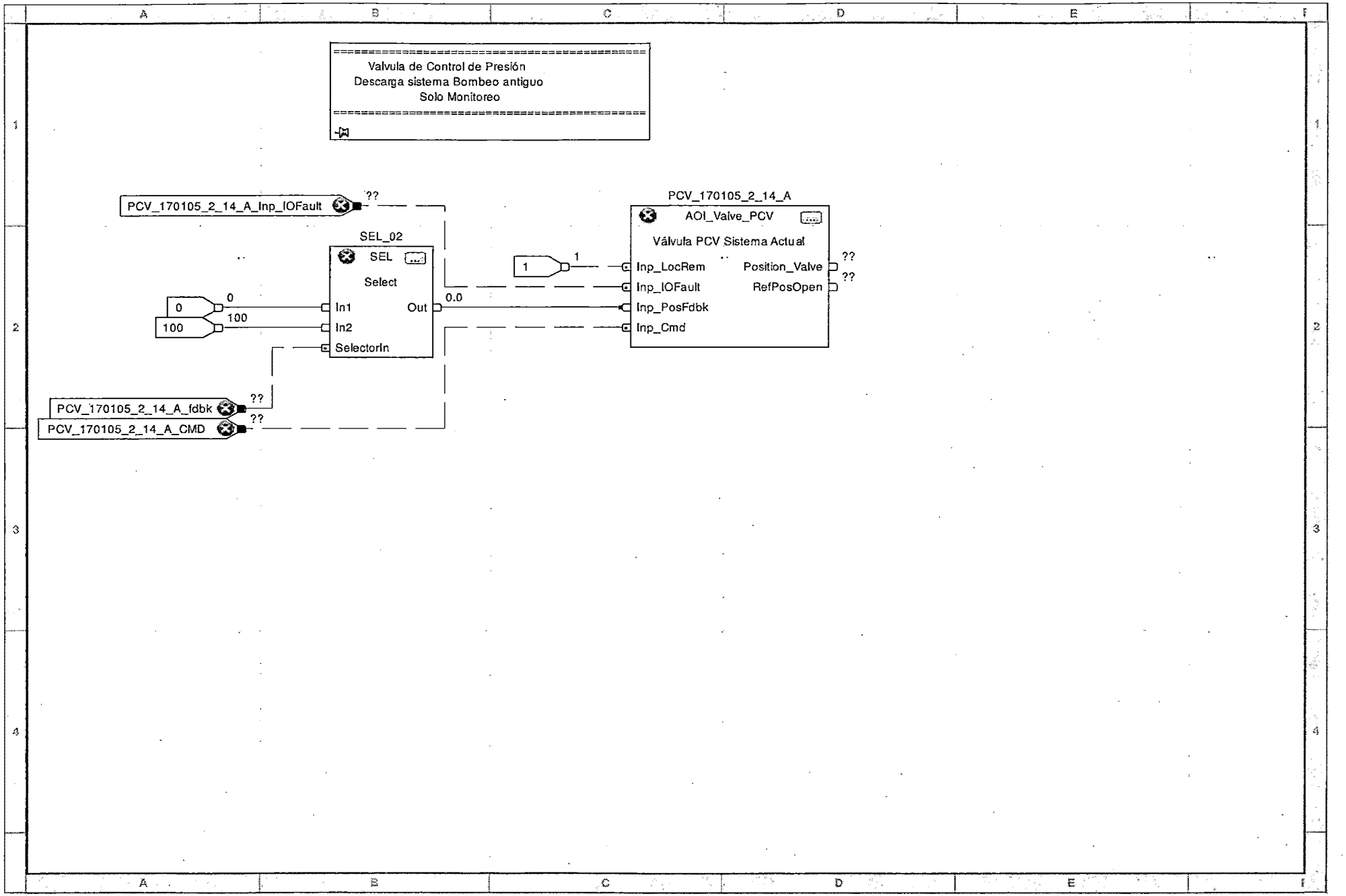

Válvula Motorizada:MCV_170105_2_25_B
Add On Instruction:
Valve MCV
MCV_170105_2_25_B
AOI_Valve_MCV
Add On Instruction: Valve MCV
MCV_170105_2_25_B_Inp_LocRem
MCV_170105_2_25_B_IOFault
MCV_170105_2_25_B_PosFdbk
MCV_170105_2_25_B_Inp_DiagnostValve
MCV_170105_2_25_B_P_ESD
MCV_170105_2_25_B_S_ESD
Inp_LocRem
Inp_IOFault
Inp_PosFdbk
Inp_DiagnostValve
P_ESD
S_ESD
Sts_Mode
Sts_InAlarm
Sts_Test
Sts_Closed
Sts_Opened
RefPosOpen
Position_Valve
Val_CVSet
Val_CVOut
Sts_IllegalPosition
Cmd_Open
Cmd_Stop
Cmd_Close
MCV_170105_2_25_B_Out_CV
MCV_170105_2_25_B_Cmd_Open
MCV_170105_2_25_B_Cmd_Stop
MCV_170105_2_25_B_Cmd_Close

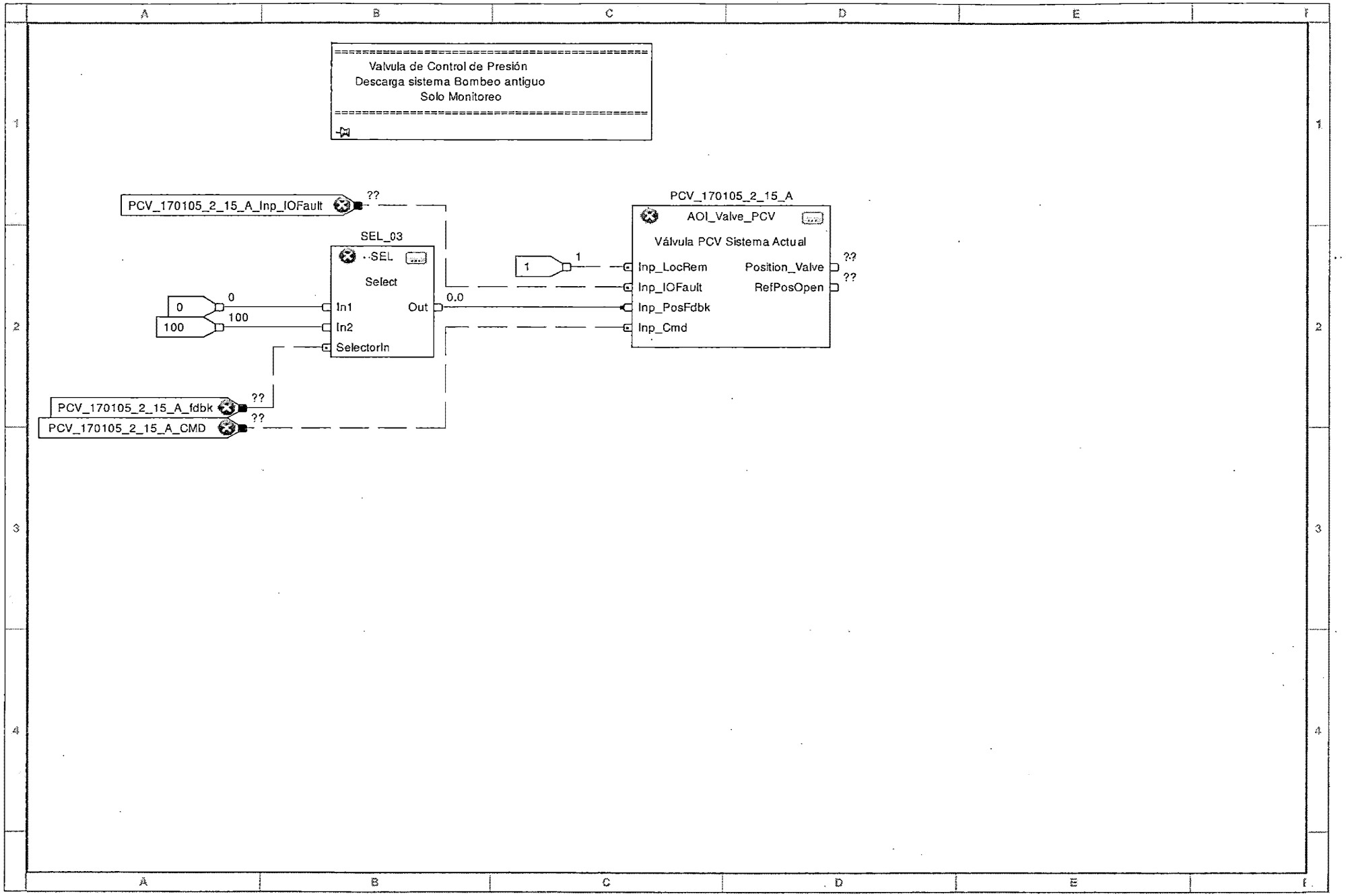

Valvula de Control de Flujo de Recirculación
de la bomba P-170105_2_23_A
FV_170105_2_23_A_Inp_LocRem
FV_170105_2_23_A_Inp_IOFault
FV_170105_2_23_A_PosFdbk
P_170105_2_23_A.Mode_Operation
FV_170105_2_23_A_P_ESD
FV_170105_2_23_A_S_ESD
SDY_170105_2_23_A1.Sts_Valve
SDY_170105_2_23_A1.sts_opened
BNOT_01
BNOT
Boolean Not
In
Out
FV_170105_2_23_A
AOI_Valve_FV_PV
Válvula de Flujo
Inp_Reg
Inp_LocRem
Inp_IOFault
Inp_PosFdbk
Pump_Recirc
Permissive
P_ESD
S_ESD
Sts_Valve_SDY
Interlock_Process
FIC_170105_2_23_A
Cmd_Open_SDY
Cmd_Close_SDY
Position_Valve
Val_SP
Val_PV
Val_CV
RefPosOpen
SDY_170105_2_23_A1.OCmd_Open
SDY_170105_2_23_A1.OCmd_close
FV_170105_2_23_A_Out_CV
Cfg_HasControlSDY=1
Cfg_HasControl_Pump=1

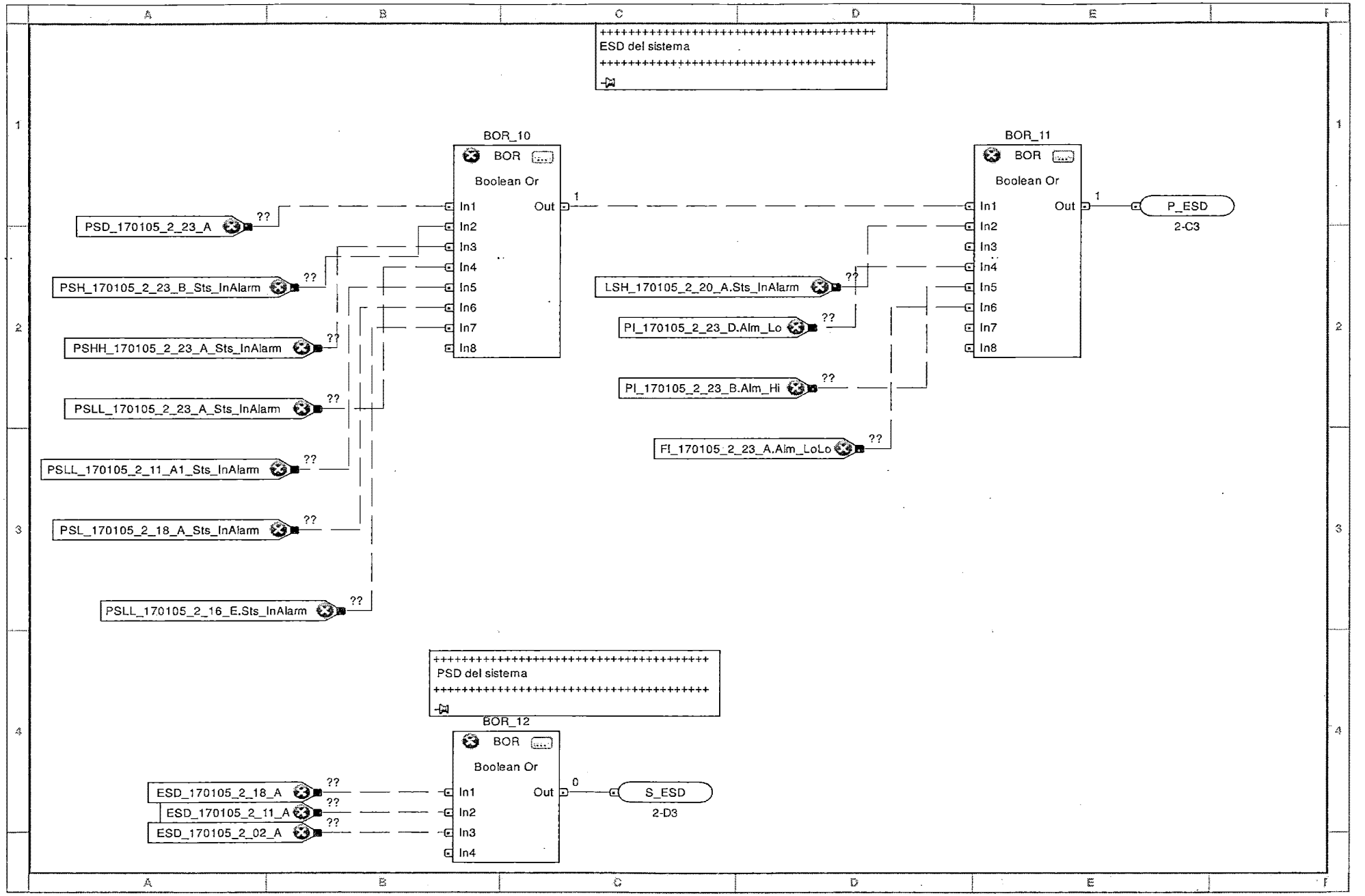

Valvula de Control de Flujo de Recirculación
de la bomba P-170105-2-24-A
FV_170105_2_24_A_Inp_LocRem
FV_170105_2_24_A_Inp_IOFault
FV_170105_2_24_A_PosFdbk
P_170105_2_24_A.Mode_Operation
FV_170105_2_24_A_P_ESD
FV_170105_2_24_A_S_ESD
SDY_170105_2_24_A1.Sts_Valve
SDY_170105_2_24_A1.sts_opened
BNOT_02
BNOT
Boolean Not
In
Out
FV_170105_2_24_A
AOI_Valve_FV_PV
Válvula de Flujo
Inp_Reg
Inp_LocRem
Inp_IOFault
Inp_PosFdbk
Pump_Recirc
Permissive
P_ESD
S_ESD
Sts_Valve_SDY
Interlock_Process
FIC_170105_2_24_A
Cmd_Open_SDY
Cmd_Close_SDY
Position_Valve
Val_SP
Val_PV
Val_CV
RefPosOpen
SDY_170105_2_24_A1.OCmd_Open
SDY_170105_2_24_A1.OCmd_close
FV_170105_2_24_A_Out_CV
Cfg_HasControlSDY=1
Cfg_HasControl_Pump=1

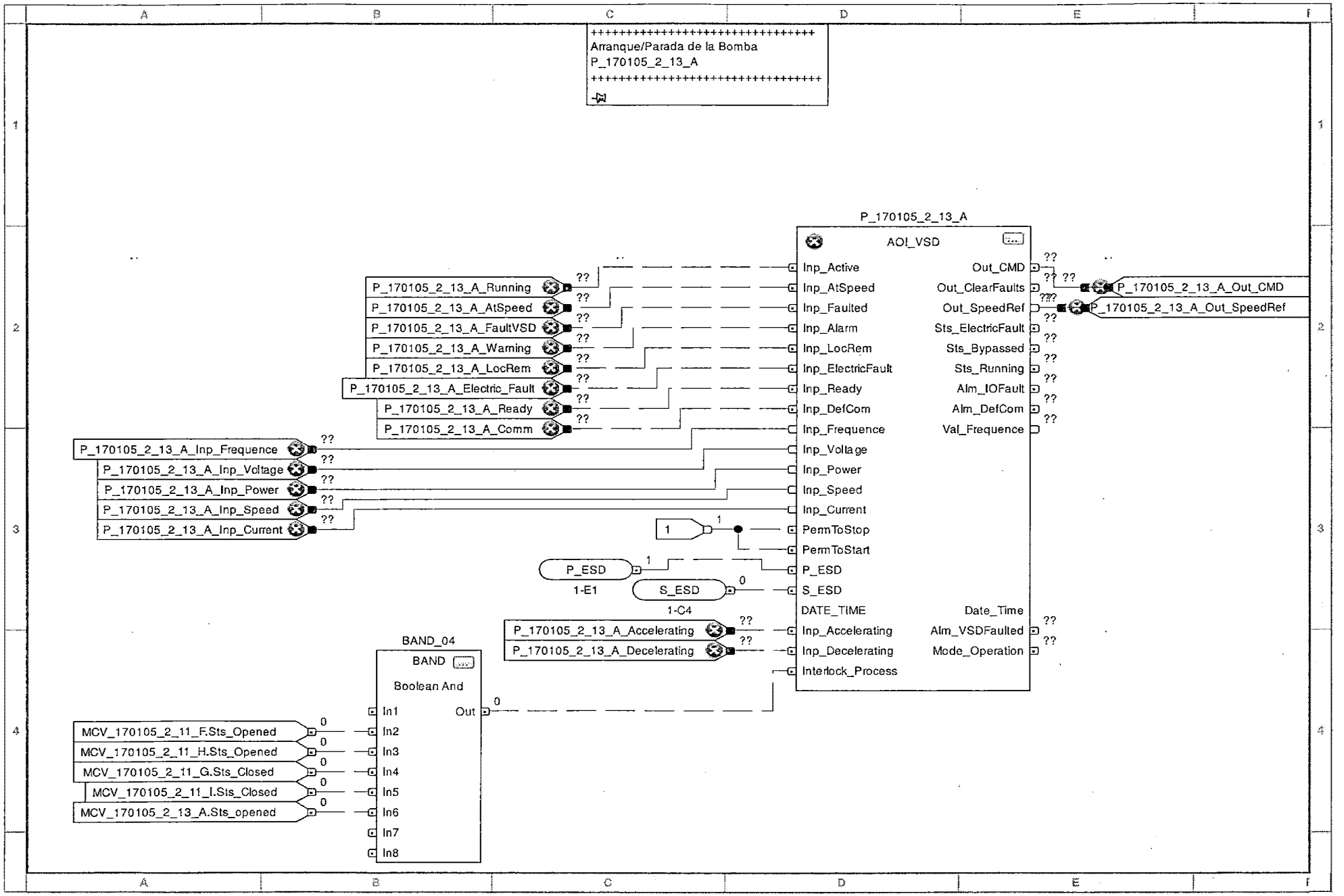

Valvula de Control de Flujo de Recirculación
de la bomba P-170105-2-25-A
FV_170105_2_25_A_Inp_LocRem
FV_170105_2_25_A_Inp_IOFault
FV_170105_2_25_A_PosFdbk
P_170105_2_25_A.Mode_Operation
FV_170105_2_25_A_P_ESD
FV_170105_2_25_A_S_ESD
SDY_170105_2_25_A1.Sts_Valve
SDY_170105_2_25_A1.sts_opened
BNOT_03
BNOT
Boolean Not
In
Out
FV_170105_2_25_A
AOI_Valve_FV_PV
Válvula de Flujo
Inp_Reg
Inp_LocRem
Inp_IOFault
Inp_PosFdbk
Pump_Recirc
Permissive
P_ESD
S_ESD
Sts_Valve_SDY
Interlock_Process
FIC_170105_2_25_A
Cmd_Open_SDY
Cmd_Close_SDY
Position_Valve
Val_SP
Val_PV
Val_CV
RefPosOpen
SDY_170105_2_25_A1.OCmd_Open
SDY_170105_2_25_A1.OCmd_close
FV_170105_2_25_A_Out_CV
Cfg_HasControlSDY=1
Cfg_HasControl_Pump=1

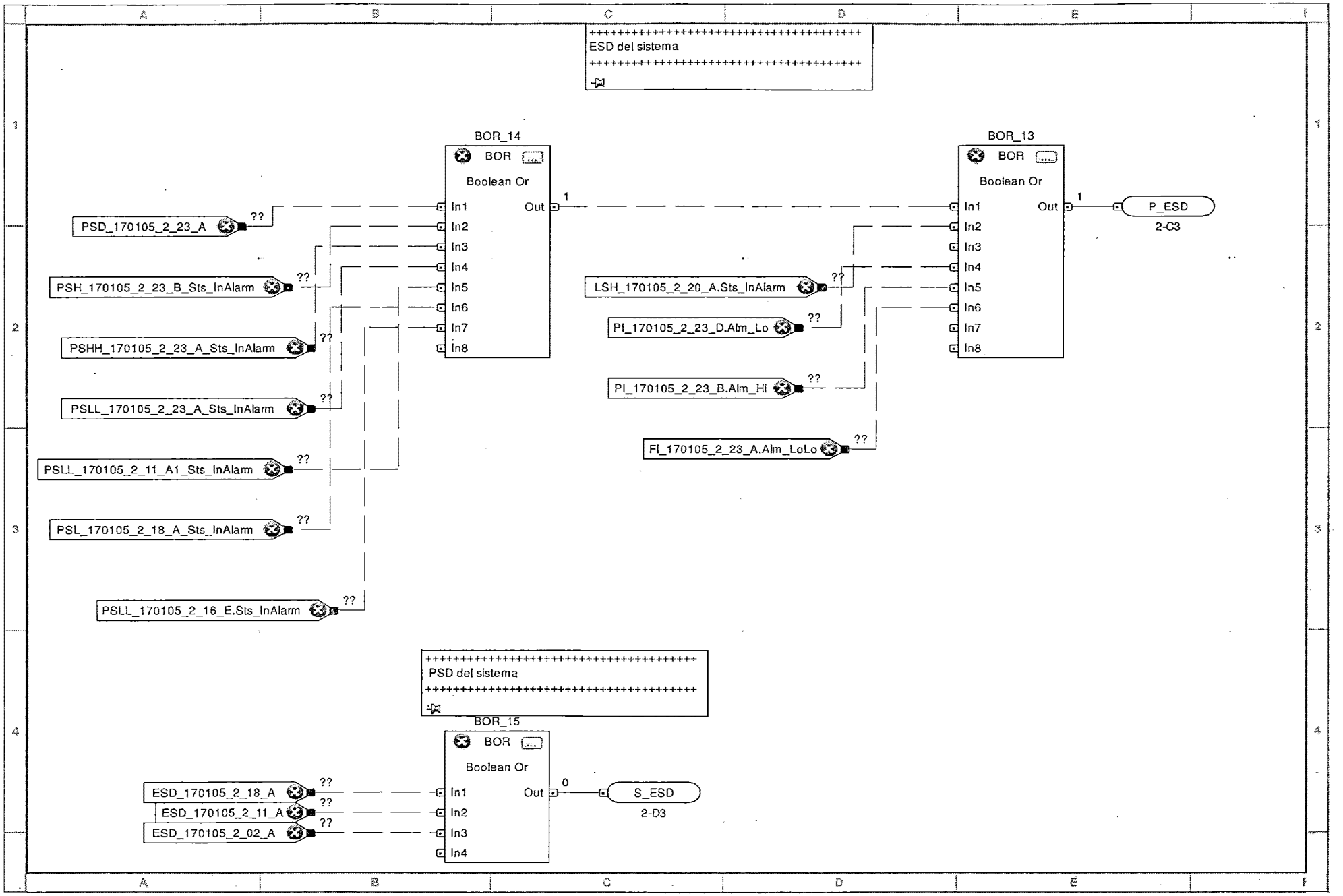

Valvula de Control de Presión
Descarga sistema Bombeo antiguo
Solo Monitoreo
PCV_170105_2_13_A_Inp_IOFault
??
SEL_01
SEL
Select
0
100
In1
In2
Selectorin
Out
0.0
PCV_170105_2_13_A_fdbk
PCV_170105_2_13_A_CMD
1
PCV_170105_2_13_A
AOI_Valve_PCV
Válvula PCV Sistema Actual
Inp_LocRem
Inp_IOFault
Inp_PosFdbk
Inp_Cmd
Position_Valve
RefPosOpen

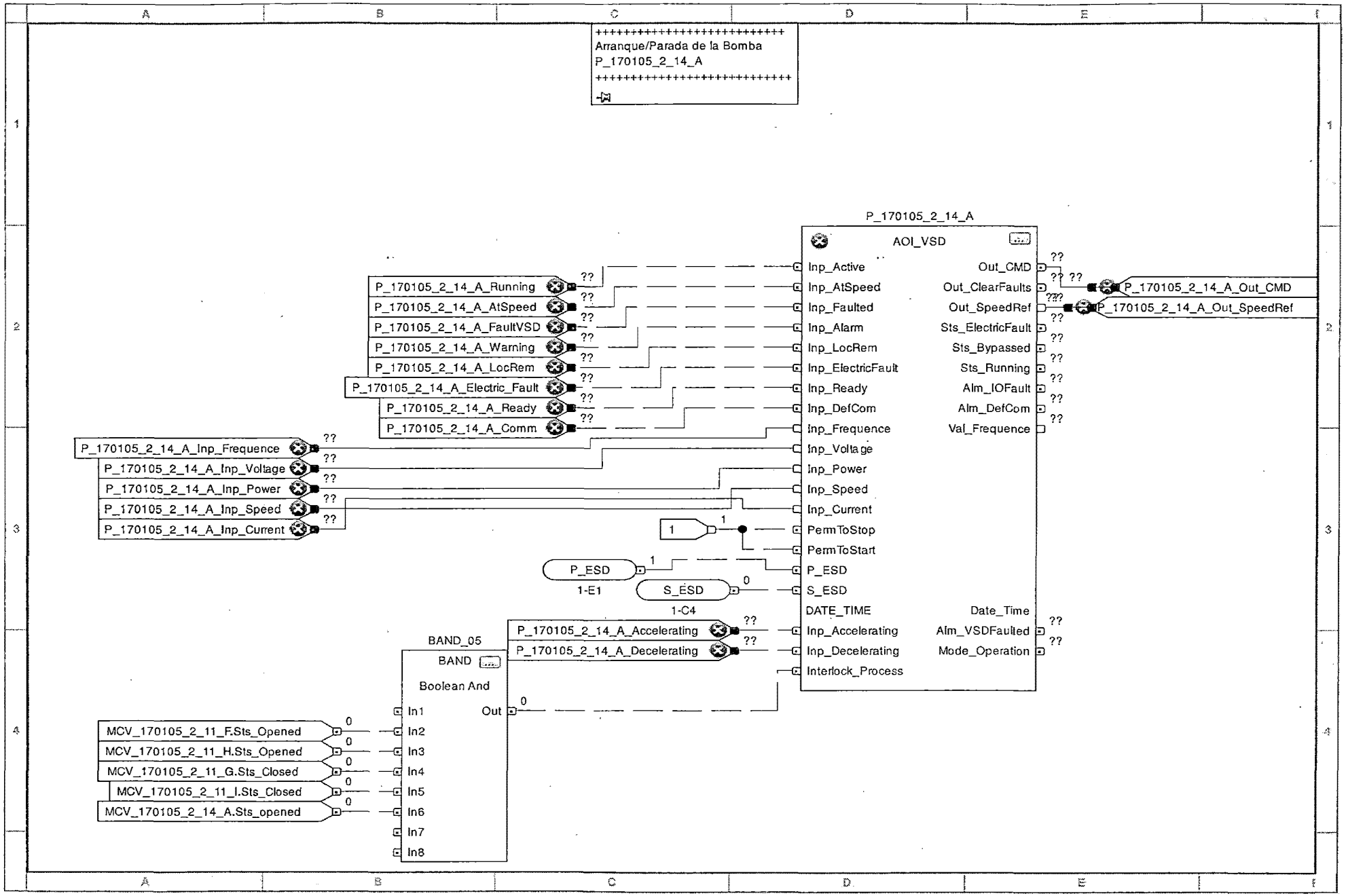

Valvula de Control de Presión
Descarga sistema Bombeo antiguo
Solo Monitoreo
PCV_170105_2_14_A_Inp_IOFault
??
SEL_02
SEL
Select
0
100
In1
In2
SelectorIn
Out
0.0
1
PCV_170105_2_14_A
AOI_Valve_PCV
Válvula PCV Sistema Actual
Inp_LocRem
Inp_IOFault
Inp_PosFdbk
Inp_Cmd
Position_Valve
RefPosOpen
PCV_170105_2_14_A_fdbk
PCV_170105_2_14_A_CMD

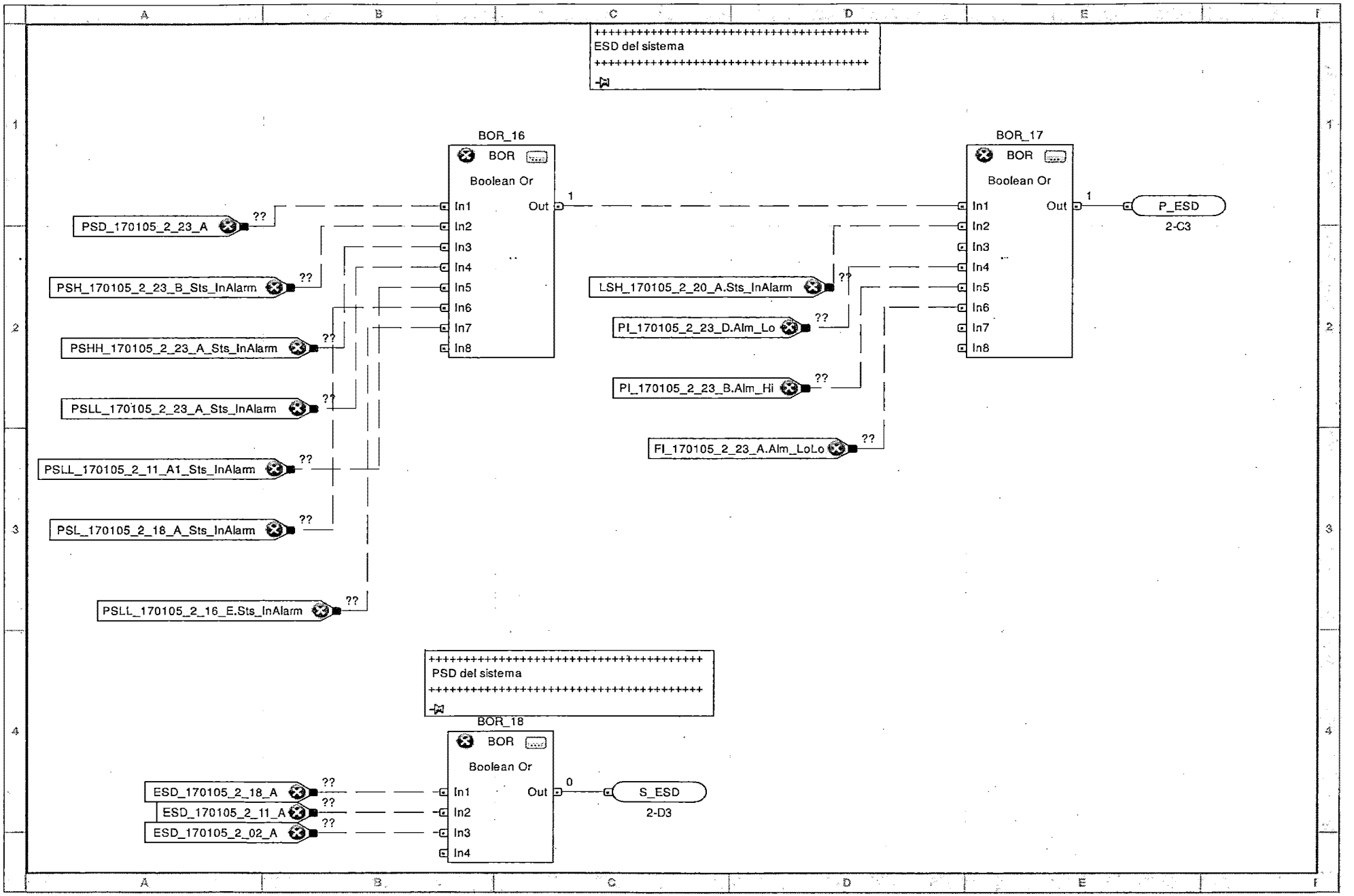

Valvula de Control de Presión
Descarga sistema Bombeo antiguo
Solo Monitoreo
PCV_170105_2_15_A_Inp_IOFault
??
SEL_03
SEL
Select
0
100
In1
In2
SelectorIn
Out
0.0
1
PCV_170105_2_15_A
AOI_Valve_PCV
Válvula PCV Sistema Actual
Inp_LocRem
Inp_IOFault
Inp_PosFdbk
Inp_Cmd
Position_Valve
RefPosOpen
PCV_170105_2_15_A_fdbk
PCV_170105_2_15_A_CMD

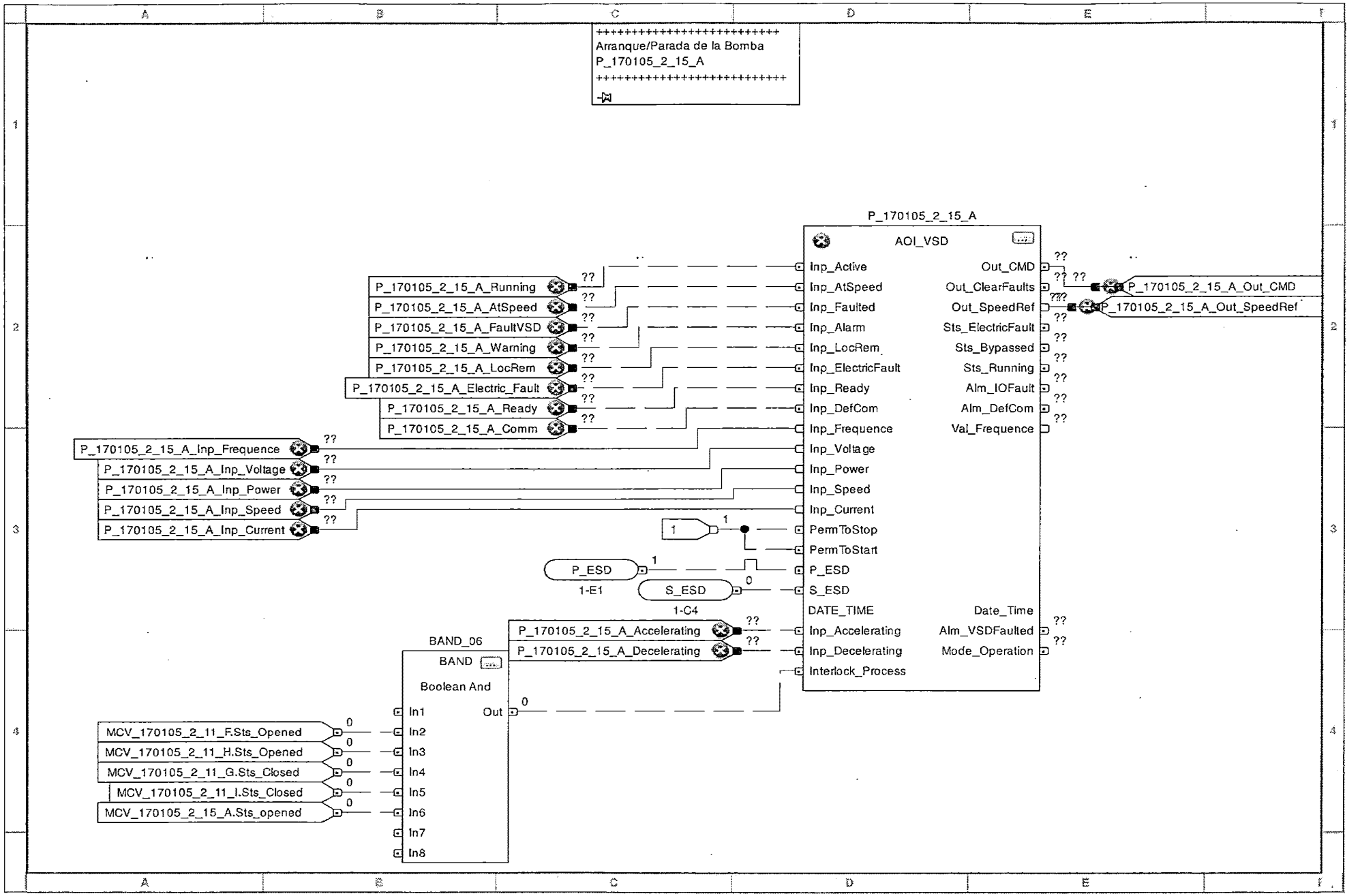

++++++++++++++++++++++++++++++++++++++
ESD del sistema
++++++++++++++++++++++++++++++++++++++
BOR_10
BOR
Boolean Or
In1
In2
In3
In4
In5
In6
In7
In8
Out
1
BOR_11
BOR
Boolean Or
In1
In2
In3
In4
In5
In6
In7
In8
Out
1
P_ESD
2-C3
PSD_170105_2_23_A
PSH_170105_2_23_B_Sts_InAlarm
PSHH_170105_2_23_A_Sts_InAlarm
PSLL_170105_2_23_A_Sts_InAlarm
PSLL_170105_2_11_A1_Sts_InAlarm
PSL_170105_2_18_A_Sts_InAlarm
PSLL_170105_2_16_E.Sts_InAlarm
LSH_170105_2_20_A.Sts_InAlarm
PI_170105_2_23_D.Alm_Lo
PI_170105_2_23_B.Alm_Hi
FI_170105_2_23_A.Alm_LoLo
??
++++++++++++++++++++++++++++++++++++++
PSD del sistema
++++++++++++++++++++++++++++++++++++++
BOR_12
BOR
Boolean Or
In1
In2
In3
In4
Out
0
S_ESD
2-D3
ESD_170105_2_18_A
ESD_170105_2_11_A
ESD_170105_2_02_A

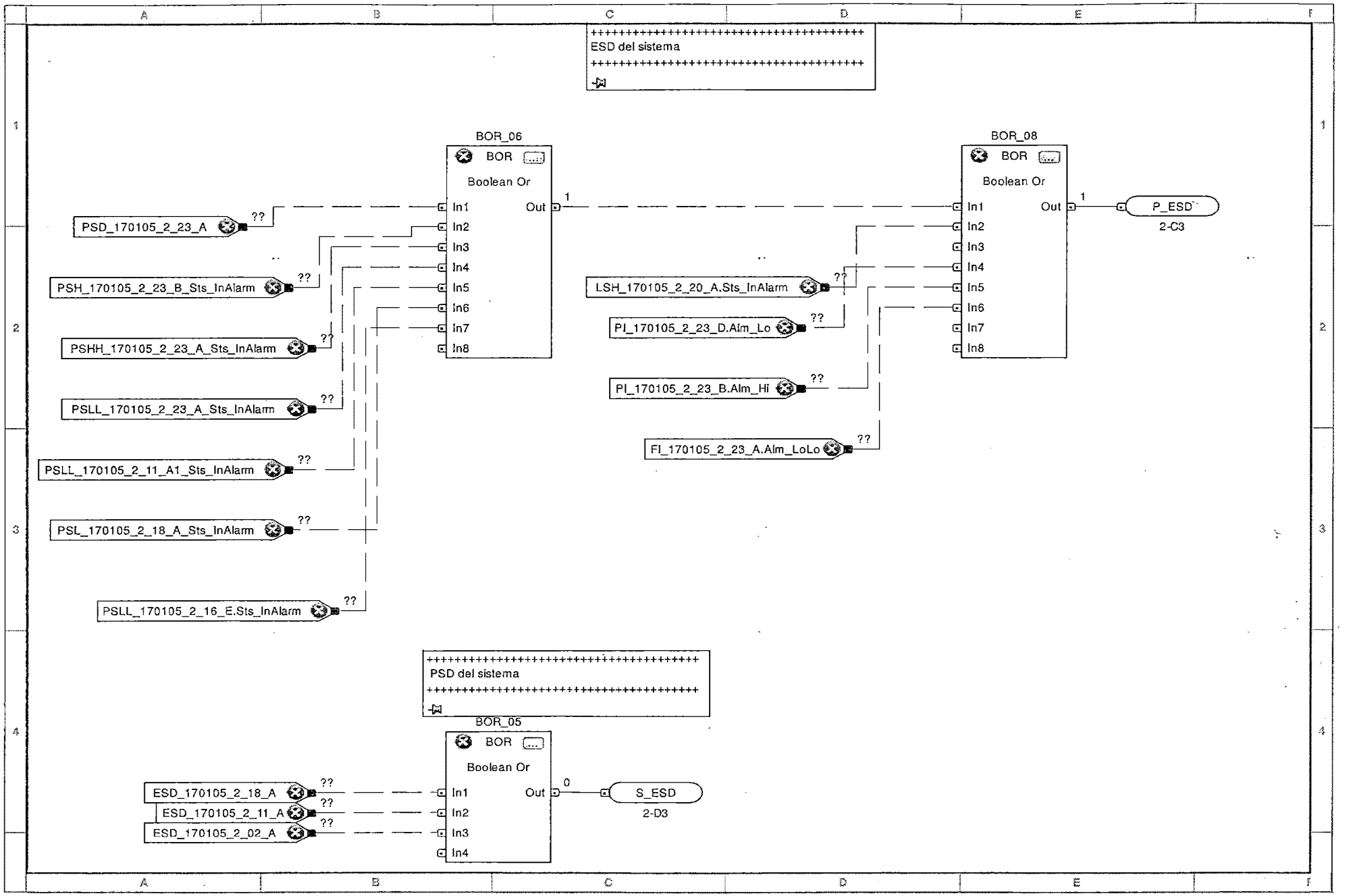

++++++++++++++++++++++++++++++++
Arranque/Parada de la Bomba
P_170105_2_13_A
++++++++++++++++++++++++++++++++
P_170105_2_13_A
AOI_VSD
Inp_Active
Inp_AtSpeed
Inp_Faulted
Inp_Alarm
Inp_LocRem
Inp_ElectricFault
Inp_Ready
Inp_DefCom
Inp_Frequence
Inp_Voltage
Inp_Power
Inp_Speed
Inp_Current
PermToStop
PermToStart
P_ESD
S_ESD
DATE_TIME
Inp_Accelerating
Inp_Decelerating
Interlock_Process
Out_CMD
Out_ClearFaults
Out_SpeedRef
Sts_ElectricFault
Sts_Bypassed
Sts_Running
Alm_IOFault
Alm_DefCom
Val_Frequence
Date_Time
Alm_VSDFaulted
Mode_Operation
P_170105_2_13_A_Running
P_170105_2_13_A_AtSpeed
P_170105_2_13_A_FaultVSD
P_170105_2_13_A_Warning
P_170105_2_13_A_LocRem
P_170105_2_13_A_Electric_Fault
P_170105_2_13_A_Ready
P_170105_2_13_A_Comm
P_170105_2_13_A_Inp_Frequence
P_170105_2_13_A_Inp_Voltage
P_170105_2_13_A_Inp_Power
P_170105_2_13_A_Inp_Speed
P_170105_2_13_A_Inp_Current
P_170105_2_13_A_Out_CMD
P_170105_2_13_A_Out_SpeedRef
P_ESD
1-E1
S_ESD
1-C4
P_170105_2_13_A_Accelerating
P_170105_2_13_A_Decelerating
BAND_04
BAND
Boolean And
In1
In2
In3
In4
In5
In6
In7
In8
Out
MCV_170105_2_11_F.Sts_Opened
MCV_170105_2_11_H.Sts_Opened
MCV_170105_2_11_G.Sts_Closed
MCV_170105_2_11_I.Sts_Closed
MCV_170105_2_13_A.Sts_opened

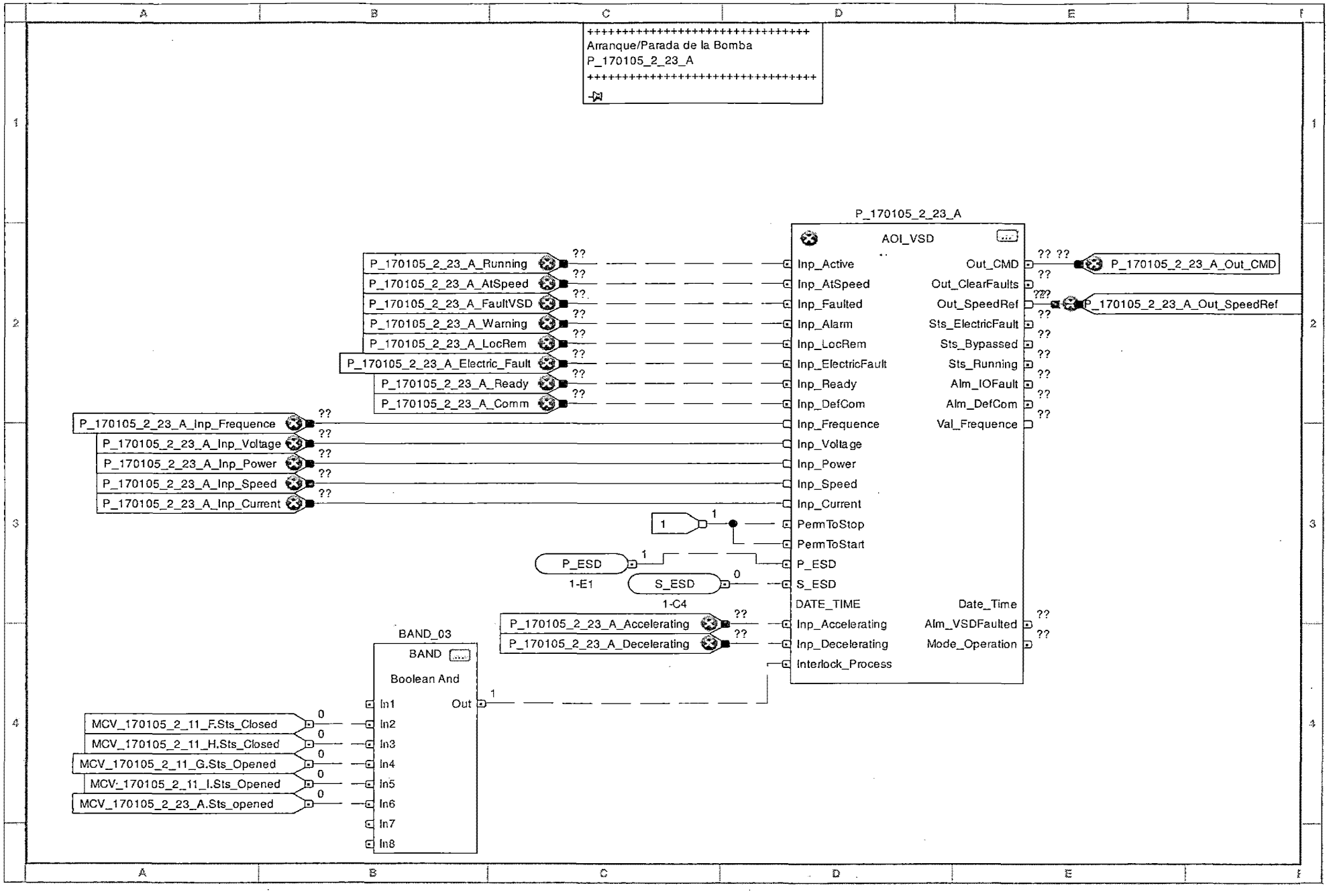

++++++++++++++++++++++++++++++++++++++
ESD del sistema
++++++++++++++++++++++++++++++++++++++
BOR_14
BOR
Boolean Or
In1
In2
In3
In4
In5
In6
In7
In8
Out
1
BOR_13
BOR
Boolean Or
In1
In2
In3
In4
In5
In6
In7
In8
Out
1
P_ESD
2-C3
PSD_170105_2_23_A
PSH_170105_2_23_B_Sts_InAlarm
PSHH_170105_2_23_A_Sts_InAlarm
PSLL_170105_2_23_A_Sts_InAlarm
PSLL_170105_2_11_A1_Sts_InAlarm
PSL_170105_2_18_A_Sts_InAlarm
PSLL_170105_2_16_E.Sts_InAlarm
LSH_170105_2_20_A.Sts_InAlarm
PI_170105_2_23_D.Alm_Lo
PI_170105_2_23_B.Alm_Hi
FI_170105_2_23_A.Alm_LoLo
??
++++++++++++++++++++++++++++++++++++++
PSD del sistema
++++++++++++++++++++++++++++++++++++++
BOR_15
BOR
Boolean Or
In1
In2
In3
In4
Out
0
S_ESD
2-D3
ESD_170105_2_18_A
ESD_170105_2_11_A
ESD_170105_2_02_A

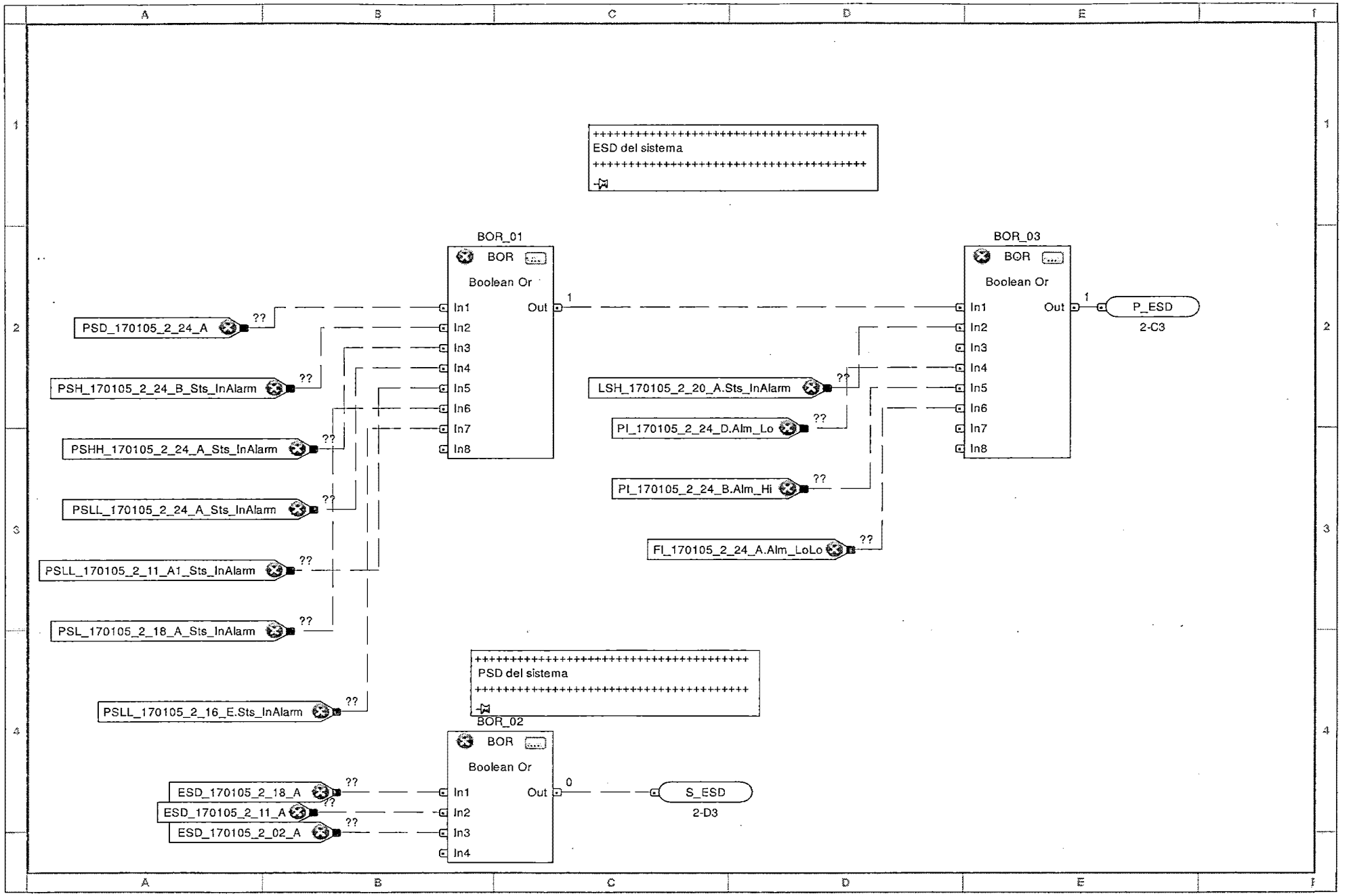

++++++++++++++++++++++++++
Arranque/Parada de la Bomba
P_170105_2_14_A
++++++++++++++++++++++++++
P_170105_2_14_A
AOI_VSD
Inp_Active
Inp_AtSpeed
Inp_Faulted
Inp_Alarm
Inp_LocRem
Inp_ElectricFault
Inp_Ready
Inp_DefCom
Inp_Frequence
Inp_Voltage
Inp_Power
Inp_Speed
Inp_Current
PermToStop
PermToStart
P_ESD
S_ESD
DATE_TIME
Inp_Accelerating
Inp_Decelerating
Interlock_Process
Out_CMD
Out_ClearFaults
Out_SpeedRef
Sts_ElectricFault
Sts_Bypassed
Sts_Running
Alm_IOFault
Alm_DefCom
Val_Frequence
Date_Time
Alm_VSDFaulted
Mode_Operation
P_170105_2_14_A_Running
P_170105_2_14_A_AtSpeed
P_170105_2_14_A_FaultVSD
P_170105_2_14_A_Warning
P_170105_2_14_A_LocRem
P_170105_2_14_A_Electric_Fault
P_170105_2_14_A_Ready
P_170105_2_14_A_Comm
P_170105_2_14_A_Inp_Frequence
P_170105_2_14_A_Inp_Voltage
P_170105_2_14_A_Inp_Power
P_170105_2_14_A_Inp_Speed
P_170105_2_14_A_Inp_Current
P_170105_2_14_A_Out_CMD
P_170105_2_14_A_Out_SpeedRef
P_ESD
1-E1
S_ESD
1-C4
P_170105_2_14_A_Accelerating
P_170105_2_14_A_Decelerating
BAND_05
BAND
Boolean And
In1
In2
In3
In4
In5
In6
In7
In8
Out
MCV_170105_2_11_F.Sts_Opened
MCV_170105_2_11_H.Sts_Opened
MCV_170105_2_11_G.Sts_Closed
MCV_170105_2_11_I.Sts_Closed
MCV_170105_2_14_A.Sts_opened

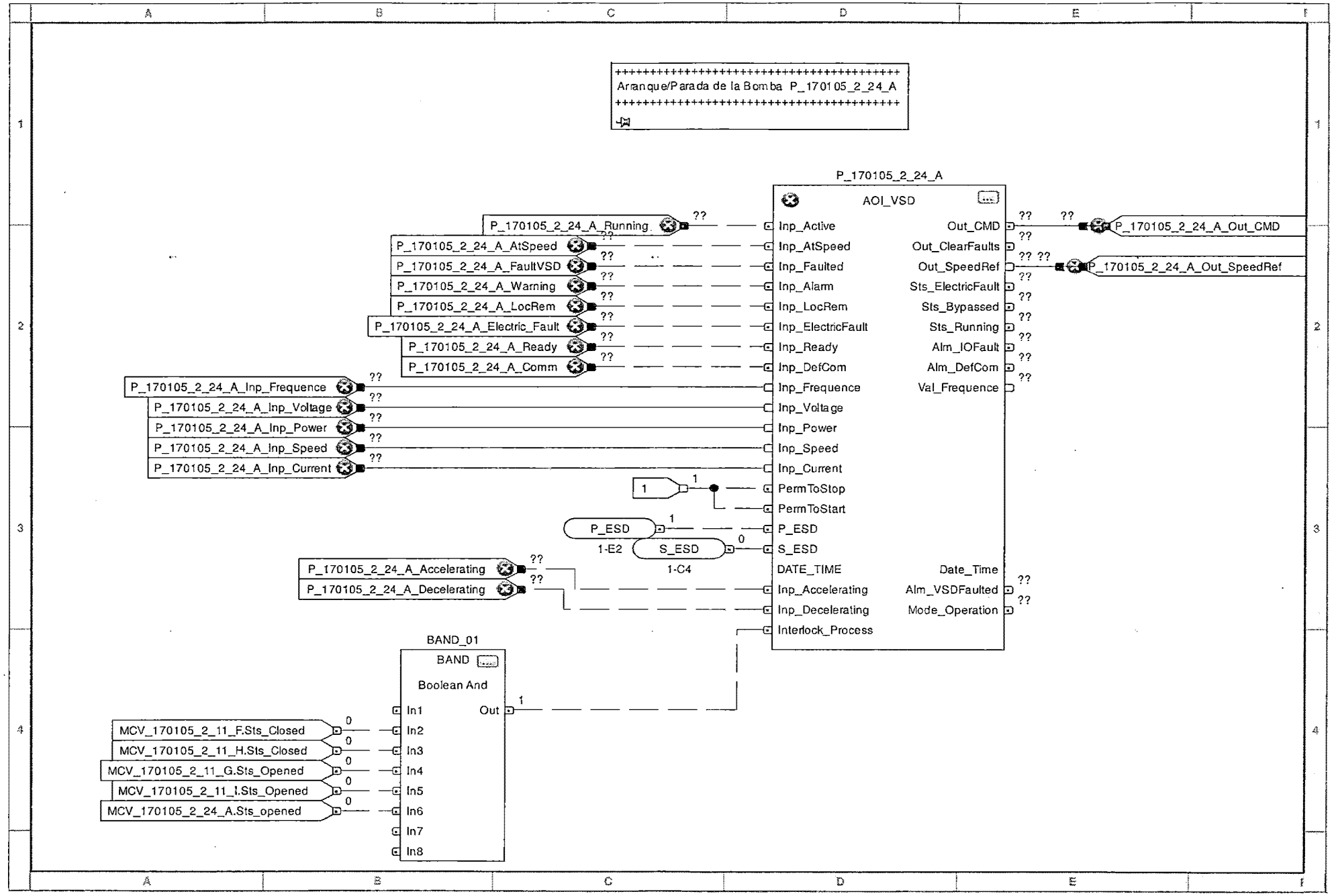

++++++++++++++++++++++++++++++++++++
ESD del sistema
++++++++++++++++++++++++++++++++++++
BOR_16
BOR
Boolean Or
In1
In2
In3
In4
In5
In6
In7
In8
Out
1
BOR_17
BOR
Boolean Or
In1
In2
In3
In4
In5
In6
In7
In8
Out
1
P_ESD
2-C3
PSD_170105_2_23_A
PSH_170105_2_23_B_Sts_InAlarm
PSHH_170105_2_23_A_Sts_InAlarm
PSLL_170105_2_23_A_Sts_InAlarm
PSLL_170105_2_11_A1_Sts_InAlarm
PSL_170105_2_18_A_Sts_InAlarm
PSLL_170105_2_16_E.Sts_InAlarm
LSH_170105_2_20_A.Sts_InAlarm
PI_170105_2_23_D.Alm_Lo
PI_170105_2_23_B.Alm_Hi
FI_170105_2_23_A.Alm_LoLo
??
++++++++++++++++++++++++++++++++++++
PSD del sistema
++++++++++++++++++++++++++++++++++++
BOR_18
BOR
Boolean Or
In1
In2
In3
In4
Out
0
S_ESD
2-D3
ESD_170105_2_18_A
ESD_170105_2_11_A
ESD_170105_2_02_A

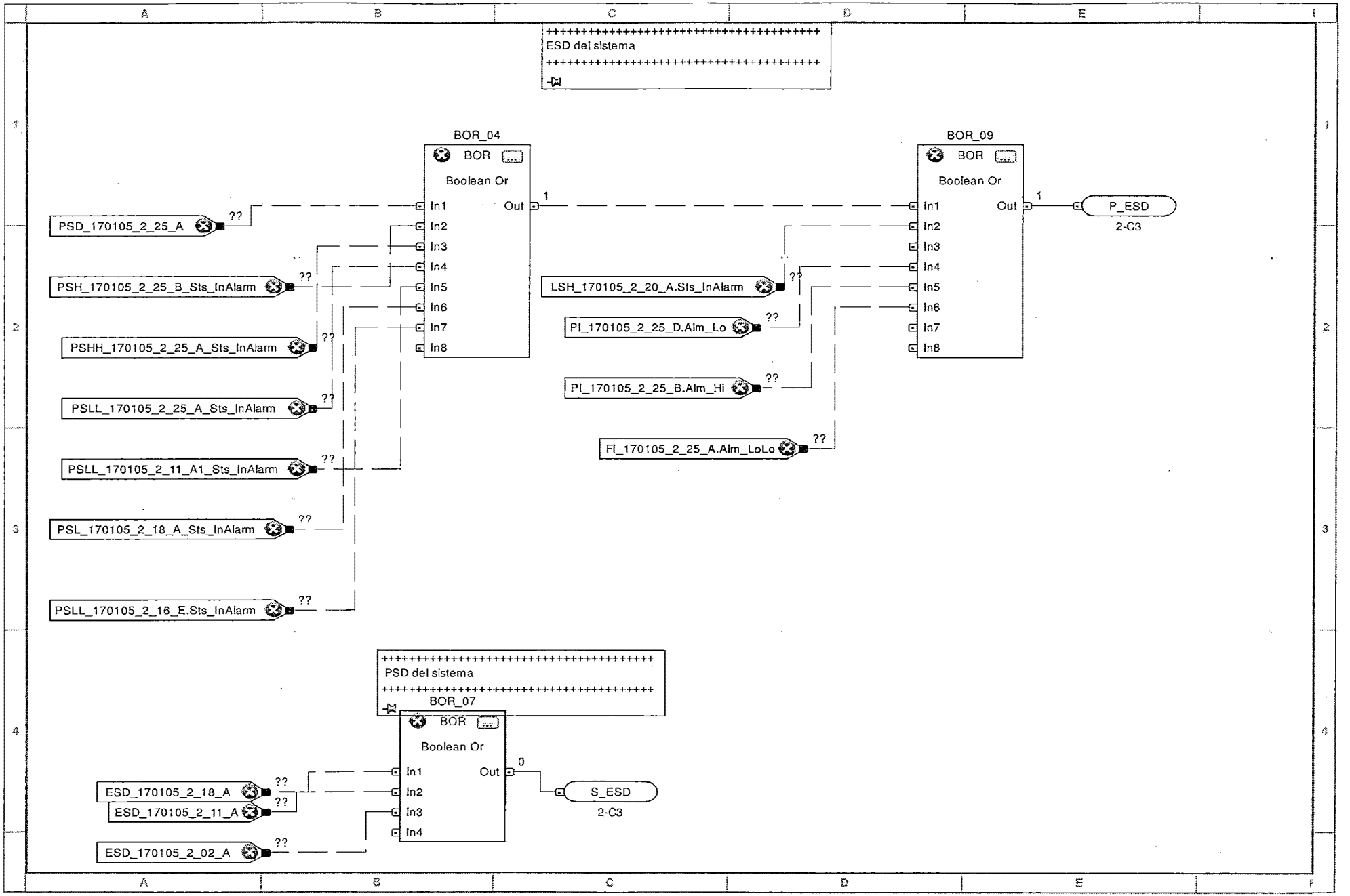

++++++++++++++++++++++++++
Arranque/Parada de la Bomba
P_170105_2_15_A
++++++++++++++++++++++++++
P_170105_2_15_A
AOI_VSD
Inp_Active
Inp_AtSpeed
Inp_Faulted
Inp_Alarm
Inp_LocRem
Inp_ElectricFault
Inp_Ready
Inp_DefCom
Inp_Frequence
Inp_Voltage
Inp_Power
Inp_Speed
Inp_Current
PermToStop
PermToStart
P_ESD
S_ESD
DATE_TIME
Inp_Accelerating
Inp_Decelerating
Interlock_Process
Out_CMD
Out_ClearFaults
Out_SpeedRef
Sts_ElectricFault
Sts_Bypassed
Sts_Running
Alm_IOFault
Alm_DefCom
Val_Frequence
Date_Time
Alm_VSDFaulted
Mode_Operation
P_170105_2_15_A_Running
P_170105_2_15_A_AtSpeed
P_170105_2_15_A_FaultVSD
P_170105_2_15_A_Warning
P_170105_2_15_A_LocRem
P_170105_2_15_A_Electric_Fault
P_170105_2_15_A_Ready
P_170105_2_15_A_Comm
P_170105_2_15_A_Inp_Frequence
P_170105_2_15_A_Inp_Voltage
P_170105_2_15_A_Inp_Power
P_170105_2_15_A_Inp_Speed
P_170105_2_15_A_Inp_Current
P_170105_2_15_A_Out_CMD
P_170105_2_15_A_Out_SpeedRef
P_ESD
1-E1
S_ESD
1-C4
P_170105_2_15_A_Accelerating
P_170105_2_15_A_Decelerating
BAND_06
BAND
Boolean And
In1
In2
In3
In4
In5
In6
In7
In8
Out
MCV_170105_2_11_F.Sts_Opened
MCV_170105_2_11_H.Sts_Opened
MCV_170105_2_11_G.Sts_Closed
MCV_170105_2_11_I.Sts_Closed
MCV_170105_2_15_A.Sts_opened

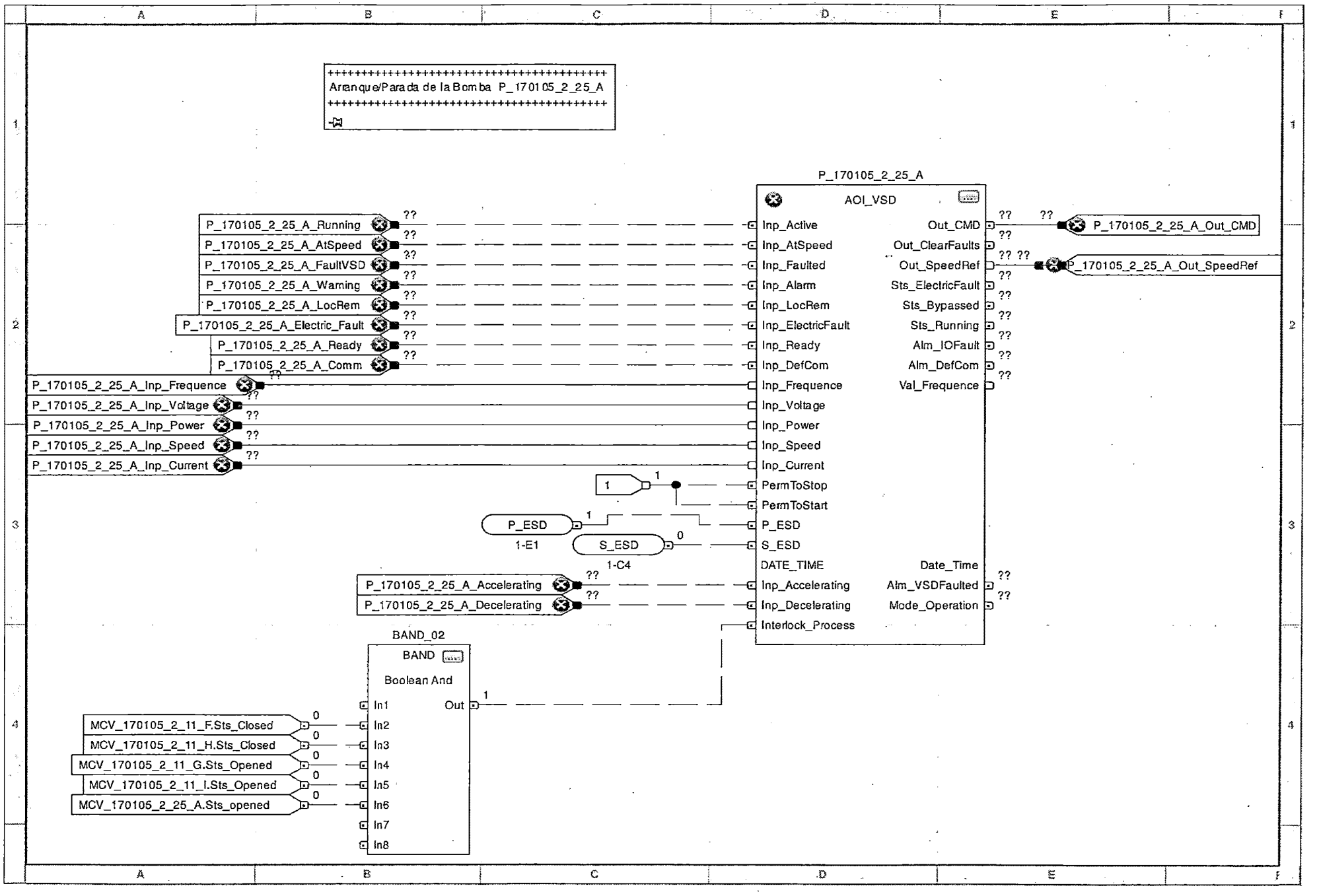

++++++++++++++++++++++++++++++++++++++
ESD del sistema
++++++++++++++++++++++++++++++++++++++
BOR_06
BOR
Boolean Or
In1
In2
In3
In4
In5
In6
In7
In8
Out
1
BOR_08
BOR
Boolean Or
In1
In2
In3
In4
In5
In6
In7
In8
Out
1
P_ESD
2-C3
PSD_170105_2_23_A
PSH_170105_2_23_B_Sts_InAlarm
PSHH_170105_2_23_A_Sts_InAlarm
PSLL_170105_2_23_A_Sts_InAlarm
PSLL_170105_2_11_A1_Sts_InAlarm
PSL_170105_2_18_A_Sts_InAlarm
PSLL_170105_2_16_E.Sts_InAlarm
LSH_170105_2_20_A.Sts_InAlarm
PI_170105_2_23_D.Alm_Lo
PI_170105_2_23_B.Alm_Hi
FI_170105_2_23_A.Alm_LoLo
??
++++++++++++++++++++++++++++++++++++++
PSD del sistema
++++++++++++++++++++++++++++++++++++++
BOR_05
BOR
Boolean Or
In1
In2
In3
In4
Out
0
S_ESD
2-D3
ESD_170105_2_18_A
ESD_170105_2_11_A
ESD_170105_2_02_A


++++++++++++++++++++++++++++++++
Arranque/Parada de la Bomba
P_170105_2_23_A
++++++++++++++++++++++++++++++++
P_170105_2_23_A
AOI_VSD
P_170105_2_23_A_Running
P_170105_2_23_A_AtSpeed
P_170105_2_23_A_FaultVSD
P_170105_2_23_A_Warning
P_170105_2_23_A_LocRem
P_170105_2_23_A_Electric_Fault
P_170105_2_23_A_Ready
P_170105_2_23_A_Comm
P_170105_2_23_A_Inp_Frequence
P_170105_2_23_A_Inp_Voltage
P_170105_2_23_A_Inp_Power
P_170105_2_23_A_Inp_Speed
P_170105_2_23_A_Inp_Current
Inp_Active
Inp_AtSpeed
Inp_Faulted
Inp_Alarm
Inp_LocRem
Inp_ElectricFault
Inp_Ready
Inp_DefCom
Inp_Frequence
Inp_Voltage
Inp_Power
Inp_Speed
Inp_Current
PermToStop
PermToStart
P_ESD
S_ESD
DATE_TIME
Inp_Accelerating
Inp_Decelerating
Interlock_Process
Out_CMD
Out_ClearFaults
Out_SpeedRef
Sts_ElectricFault
Sts_Bypassed
Sts_Running
Alm_IOFault
Alm_DefCom
Val_Frequence
Date_Time
Alm_VSDFaulted
Mode_Operation
P_170105_2_23_A_Out_CMD
P_170105_2_23_A_Out_SpeedRef
1-E1
1-C4
P_170105_2_23_A_Accelerating
P_170105_2_23_A_Decelerating
BAND_03
BAND
Boolean And
In1
In2
In3
In4
In5
In6
In7
In8
Out
MCV_170105_2_11_F.Sts_Closed
MCV_170105_2_11_H.Sts_Closed
MCV_170105_2_11_G.Sts_Opened
MCV_170105_2_11_I.Sts_Opened
MCV_170105_2_23_A.Sts_opened


ESD del sistema
BOR_01
BOR
Boolean Or
In1
In2
In3
In4
In5
In6
In7
In8
Out
1
BOR_03
BOR
Boolean Or
In1
In2
In3
In4
In5
In6
In7
In8
Out
1
P_ESD
2-C3
PSD_170105_2_24_A
PSH_170105_2_24_B_Sts_InAlarm
PSHH_170105_2_24_A_Sts_InAlarm
PSLL_170105_2_24_A_Sts_InAlarm
PSLL_170105_2_11_A1_Sts_InAlarm
PSL_170105_2_18_A_Sts_InAlarm
PSLL_170105_2_16_E.Sts_InAlarm
LSH_170105_2_20_A.Sts_InAlarm
PI_170105_2_24_D.Alm_Lo
PI_170105_2_24_B.Alm_Hi
FI_170105_2_24_A.Alm_LoLo
PSD del sistema
BOR_02
BOR
Boolean Or
In1
In2
In3
In4
Out
0
S_ESD
2-D3
ESD_170105_2_18_A
ESD_170105_2_11_A
ESD_170105_2_02_A


++
Arranque/Parada de la Bomba P_170105_2_24_A
++
P_170105_2_24_A
AOI_VSD
P_170105_2_24_A_Running
P_170105_2_24_A_AtSpeed
P_170105_2_24_A_FaultVSD
P_170105_2_24_A_Warning
P_170105_2_24_A_LocRem
P_170105_2_24_A_Electric_Fault
P_170105_2_24_A_Ready
P_170105_2_24_A_Comm
P_170105_2_24_A_Inp_Frequence
P_170105_2_24_A_Inp_Voltage
P_170105_2_24_A_Inp_Power
P_170105_2_24_A_Inp_Speed
P_170105_2_24_A_Inp_Current
P_ESD
1-E2
S_ESD
1-C4
P_170105_2_24_A_Accelerating
P_170105_2_24_A_Decelerating
Inp_Active
Inp_AtSpeed
Inp_Faulted
Inp_Alarm
Inp_LocRem
Inp_ElectricFault
Inp_Ready
Inp_DefCom
Inp_Frequence
Inp_Voltage
Inp_Power
Inp_Speed
Inp_Current
PermToStop
PermToStart
P_ESD
S_ESD
DATE_TIME
Inp_Accelerating
Inp_Decelerating
Interlock_Process
Out_CMD
Out_ClearFaults
Out_SpeedRef
Sts_ElectricFault
Sts_Bypassed
Sts_Running
Alm_IOFault
Alm_DefCom
Val_Frequence
Date_Time
Alm_VSDFaulted
Mode_Operation
P_170105_2_24_A_Out_CMD
P_170105_2_24_A_Out_SpeedRef
BAND_01
BAND
Boolean And
In1
In2
In3
In4
In5
In6
In7
In8
Out
MCV_170105_2_11_F.Sts_Closed
MCV_170105_2_11_H.Sts_Closed
MCV_170105_2_11_G.Sts_Opened
MCV_170105_2_11_I.Sts_Opened
MCV_170105_2_24_A.Sts_opened


ESD del sistema
BOR_04
BOR
Boolean Or
In1
In2
In3
In4
In5
In6
In7
In8
Out
BOR_09
BOR
Boolean Or
In1
In2
In3
In4
In5
In6
In7
In8
Out
P_ESD
2-C3
PSD_170105_2_25_A
PSH_170105_2_25_B_Sts_InAlarm
PSHH_170105_2_25_A_Sts_InAlarm
PSLL_170105_2_25_A_Sts_InAlarm
PSLL_170105_2_11_A1_Sts_InAlarm
PSL_170105_2_18_A_Sts_InAlarm
PSLL_170105_2_16_E.Sts_InAlarm
LSH_170105_2_20_A.Sts_InAlarm
PI_170105_2_25_D.Alm_Lo
PI_170105_2_25_B.Alm_Hi
FI_170105_2_25_A.Alm_LoLo
PSD del sistema
BOR_07
BOR
Boolean Or
In1
In2
In3
In4
Out
S_ESD
2-C3
ESD_170105_2_18_A
ESD_170105_2_11_A
ESD_170105_2_02_A


++
Arranque/Parada de la Bomba P_170105_2_25_A
++
P_170105_2_25_A
AOI_VSD
P_170105_2_25_A_Running
P_170105_2_25_A_AtSpeed
P_170105_2_25_A_FaultVSD
P_170105_2_25_A_Warning
P_170105_2_25_A_LocRem
P_170105_2_25_A_Electric_Fault
P_170105_2_25_A_Ready
P_170105_2_25_A_Comm
P_170105_2_25_A_Inp_Frequence
P_170105_2_25_A_Inp_Voltage
P_170105_2_25_A_Inp_Power
P_170105_2_25_A_Inp_Speed
P_170105_2_25_A_Inp_Current
Inp_Active
Inp_AtSpeed
Inp_Faulted
Inp_Alarm
Inp_LocRem
Inp_ElectricFault
Inp_Ready
Inp_DefCom
Inp_Frequence
Inp_Voltage
Inp_Power
Inp_Speed
Inp_Current
PermToStop
PermToStart
P_ESD
S_ESD
DATE_TIME
Inp_Accelerating
Inp_Decelerating
Interlock_Process
Out_CMD
Out_ClearFaults
Out_SpeedRef
Sts_ElectricFault
Sts_Bypassed
Sts_Running
Alm_IOFault
Alm_DefCom
Val_Frequence
Date_Time
Alm_VSDFaulted
Mode_Operation
P_170105_2_25_A_Out_CMD
P_170105_2_25_A_Out_SpeedRef
1-E1
1-C4
P_170105_2_25_A_Accelerating
P_170105_2_25_A_Decelerating
BAND_02
BAND
Boolean And
In1
In2
In3
In4
In5
In6
In7
In8
Out
MCV_170105_2_11_F.Sts_Closed
MCV_170105_2_11_H.Sts_Closed
MCV_170105_2_11_G.Sts_Opened
MCV_170105_2_11_I.Sts_Opened
MCV_170105_2_25_A.Sts_opened

ulacion_tesis_rev0
cess
equencer_23A
Sequence_Main
Sequential Function Chart 1
Speed_Line_Pump
Function Block Diagram 2
Speed_Recirc_Pump
Function Block Diagram 3
alv_SDV
PSM_170105_2_11_A
Function Block Diagram 4
PSM_170105_2_18_A
Function Block Diagram 5
alv_MCV
MCV_170105_2_11_F
Function Block Diagram 6
MCV_170105_2_11_G
Function Block Diagram 7
MCV_170105_2_11_H
Function Block Diagram 8
MCV_170105_2_11_I
Function Block Diagram 9
MCV_170105_2_13_A
Function Block Diagram 10
MCV_170105_2_13_B
Function Block Diagram 11
MCV_170105_2_14_A
Function Block Diagram 12
MCV_170105_2_14_B
Function Block Diagram 13
MCV_170105_2_15_A
Function Block Diagram 14
MCV_170105_2_15_B
Function Block Diagram 15
MCV_170105_2_23_A
Function Block Diagram 16
MCV_170105_2_23_B
Function Block Diagram 17
MCV_170105_2_24_A
Function Block Diagram 18
MCV_170105_2_24_B
Function Block Diagram 19
MCV_170105_2_25_A
Function Block Diagram 20
MCV_170105_2_25_B
Function Block Diagram 21
alv_FV_PV_PCV
FV_170105_2_23_A
Function Block Diagram 22
FV_170105_2_24_A
Function Block Diagram 23
FV_170105_2_25_A
Function Block Diagram 24
PCV_170105_2_13_A
Function Block Diagram 25
PCV_170105_2_14_A
Function Block Diagram 26
PCV_170105_2_15_A
Function Block Diagram 27
otor_VSD
P_170105_2_13_A
Function Block Diagram 28
P_170105_2_14_A

Function Block Diagram....30
P_170105_2_15_A
Function Block Diagram....32
P_170105_2_23_A
Function Block Diagram....34
P_170105_2_24_A
Function Block Diagram....36
P_170105_2_25_A
Function Block Diagram....38

10.2. Datasheets

10.2.1. Módulo de comunicación a red ControlNet: 1756-CN2R

ControlNet Network

The ControlNet network is an open, control network for real-time, high-throughput applications. The ControlNet network uses the Common Industrial Protocol (CIP) to combine the functionality of an I/O network and a peer-to-peer network providing high-speed performance for both functions. The ControlNet network gives you deterministic, repeatable transfers of all mission-critical control data in addition to supporting transfers of non-time-critical data. I/O updates and controller-to-controller interlocking always take precedence over program uploads and downloads, and messaging.

If your application requires	Select this interface
128 ControlNet connections per communication module	1756-CN2/B 1756-CN2R/B 1756-CN2RXT/B
Control in environments where temperatures range from -25…70 °C (-13…158 °F)	1756-CN2RXT
40…48 ControlNet connections per communication module	1756-CNB 1756-CNBR

Connect to Other Devices via a ControlNet Network

The Studio 5000 environment supports a generic ControlNet module that allows connections to ControlNet nodes for which there is no specific support currently available in the programming software. A module configured as a generic ControlNet module communicates with the controller in the form of input, output, status, and configuration tags.

For example, use the generic module configuration to set up communication between a ControlLogix controller and a 1203-CN1 ControlNet communication module. Then use the CIP generic MSG instruction type to send and receive messages from the 1203-CN1 module.

Table 7 - Technical Specifications - 1756 ControlNet Modules

Attribute	1756-CN2/B	1756-CN2R/B	1756-CNB/E	1756-CNBR/E
Configuration	Standard	Redundant	Standard	Redundant
ControlNet communication rate	5 Mbps			
Logix communication connections	128		40…48	
Connections supported, max	131[3]		64	
Number of nodes, max	99			
Current draw @ 5.1V DC	1100 mA	1300 mA	970 mA	
Current draw @ 24V DC	3 mA		1.7 mA	
Power dissipation	5.7 W	6.7 W	5.1 W	
Thermal dissipation	19.5 BTU/hr	22.9 BTU/hr	17.4 BTU/hr	
Isolation voltage	Standard: 30V (continuous), basic insulation type, ControlNet network to backplane Redundant: 30V (continuous), basic insulation type, ControlNet A/B to backplane, and ControlNet A to ControlNet B No isolation between MAP or USB and backplane Type tested at 500V AC for 60 s			

10.2.2. Módulo de comunicación a red Ethernet 1756-EN2T

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
OFICINA PROCESOS TECNICOS
BIBLIOTECA CENTRAL

EtherNet/IP Network

The Ethernet Industrial (EtherNet/IP) network protocol is an open industrial-networking standard that supports both real-time I/O messaging and message exchange. The EtherNet/IP network uses off-the-shelf Ethernet communication chips and physical media.

If you need to	Select this interface
• Control I/O modules and drives • Act as an adapter for I/O on remote EtherNet/IP links • Communicate with other EtherNet/IP devices (messages and HMI) • Bridge EtherNet/IP links to route messages to devices on other networks	1756-EN2F bridge 1756-EN2T bridge 1756-ENBT bridge
Support device level ring (DLR) and linear topologies	1756-EN2TR bridge 1756-EN3TR bridge
Provide control in environments where temperatures range from -25…70 °C (-13…158 °F)	1756-EN2TXT bridge 1756-EN2TRXT redundant bridge
Secure access to a control system from within the plant network	1756-EN2TSC bridge
• Use an Internet browser to remotely access tags in a ControlLogix controller • Communicate with other EtherNet/IP or generic Ethernet devices (messaging only; no I/O control) • Bridge EtherNet/IP links to route messages to devices on other networks	1756-EWEB web server